

Feststoffmanagement im Mühlviertel und im Bayerischen Wald

Endbericht

Studie im Auftrag

Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Wasserwirtschaftsamt
Deggendorf



mit finanzieller Unterstützung



gefördert durch



Projektleitung

Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Christoph Hauer

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Helmut Habersack

Projektkoordination

Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Christoph Hauer

Wien, Juli 2015



Bearbeitung durch:

*Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Konstruktiven Wasserbau,
Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt, Universität für Bodenkultur
Wien, Muthgasse 107, 1190 Wien, Österreich*



*Blattfisch - Technisches Büro für Gewässerökologie, DI Clemens Gumpinger,
Gabelsbergerstraße 7, 4600 Wels*



*Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, Department Wasser –
Atmosphäre - Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien, Max-Emanuelstrasse
17, 1180 Wien, Österreich*



Zitiervorschlag:

Hauer, C., Höfler, S., Dossi, F., Flödl, P., Graf, G., Graf, W., Gstöthenmayr, D., Gumpinger, C., Holzinger, J., Huber, T., Janecek, B., Kloibmüller, A., Leitner, P., Lichtneger, P., Mayer, T., Ottner, F., Riechl, D., Sporcka, F., Wagner, B., Habersack, H. (2015): Feststoffmanagement im Mühlviertel und im Bayerischen Wald. Endbericht. Studie im Auftrag des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung, gefördert durch das BMLFUW und das Interreg Programm Bayern – Österreich 2007 - 2013. Wien, 391 S.

Bearbeitung IWHW:

Bsc. Peter Flödl

Dipl.-Ing. Tobias Mayer

Bsc. Alexander Kloibmüller

Dipl.-Ingⁱⁿ. Beatrice Wagner

Bsc. Daniela Riechl

Bsc. Jacob Holzinger

Dr. Petr Lichtneger

Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Christoph Hauer

Bearbeitung Blattfisch:

Dipl.-Ingⁱⁿ. Sarah Höfler (Projektleitung Blattfisch)

MSc Daniela Gstöttenmayr

Dipl.-Ing. Clemens Gumpinger

Bearbeitung IHG:

Dipl.-Ing. Dr. Patrick Leitner

Ass. Prof. Dr. Wolfram Graf (Projektleitung IHG)

Dipl.-Ing. Thomas Huber

Dr. Berthold Janecek

Dr. Ferdinand Sporka

Dipl.-Ing. Florian Dossi

Gerald Graf

Bearbeitung IAG:

Ao. Univ.-Prof. Dr. Franz Ottner

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Problemstellung	1
3.	Zielsetzung	2
4.	Methodik (Kurzfassung)	3
4.1.	Sichtung und Aufbereitung bestehender Daten	3
4.2.	Identifikation und Kartierung der Erosions-, - Akkumulations- und Transportbereiche.	3
4.2.1.	Definition des Erhebungsstandards	3
4.2.2.	Begehung und Kartierung	3
4.2.3.	Umlandnutzung erfassen und darstellen	4
4.3.	Korngrößenanalysen	4
4.4.	Mineralogische Analysen	5
4.5.	Errichtung von 3 Feststofffallen bei Drainagen und Entwässerungsgräben	5
4.6.	Lebensraumqualität der Sohle (Bearbeitung IHG / BOKU Wien)	5
4.7.	Vorschläge für Grundsätze des Feststoffmanagements	6
4.8.	Auflistung und Charakterisierung von Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements	7
4.9.	Überprüfung der Übertragbarkeit der Aussagen zum Geschiebemanagements von der Aist auf sämtliche Projektsgewässer	7
4.10.	Physikalischer Modellversuch	8
4.11.	Aufstellen eines Feststofftransportmodells für die Aist	8
4.12.	Auswirkungen der Versandung auf die Flussperlmuschel-Lebensräume	8
5.	Umlandnutzung	10
5.1.	Methodik GIS-basierte Auswertungen	10
5.2.	Ergebnisse GIS-basierte Auswertungen	16
5.2.1.	Übersicht Projektgebiet	16
5.3.	Einzugsgebiete	20
5.4.	Siedlungsentwicklung	27
6.	Identifikation und Kartierung der Erosions-, Akkumulations- und Transportbereiche	30
6.1.	Methodik Gewässerkartierungen	30
6.1.1.	Definition des Erhebungsstandards	30
6.1.2.	Erhebung im Freiland	31
6.1.3.	Datenverarbeitung	32
6.2.	Ergebnisse der Kartierung	32
6.2.1.	Kurzcharakteristik der Einzugsgebiete	32
6.2.2.	Das Einzugsgebiets der Naarn	32

6.2.3.	Das Einzugsgebiet der Aist	35
6.2.4.	Das Einzugsgebiet der Gusen	43
6.2.5.	Das Einzugsgebiet der Rodl	47
6.2.6.	Das Einzugsgebiet Großen Mühl	49
6.2.7.	Das Einzugsgebiet der Kleinen Mühl	51
6.2.8.	Das Einzugsgebiet des Osterbaches	53
6.2.9.	Das Einzugsgebiet der Erlau	55
6.2.10.	Vergleich der Einzugsgebiete hinsichtlich verschiedener Parameter	57
6.3.	Statistische Auswertung hinsichtlich Versandung	61
6.3.1.	Grundsätzliche Korrelation	61
6.3.2.	Versandung in den unterschiedlichen Gewässersystemen	61
6.3.3.	Versandung im Zusammenhang mit der Gewässerdimension	62
6.3.4.	Versandung im Zusammenhang mit den Flusstypen und menschlicher Überprägung	63
6.3.5.	Versandung und Dynamik / potentielle ökologische Eignung	63
6.3.6.	Feinsediment	68
6.3.7.	Zusätzliche Information aus der Kartierung	69
6.3.8.	Querbauwerke	69
6.3.9.	Zuflüsse und Einleitungen	70
6.3.10.	Anteil der Ablagerungen an Gewässerbreite	70
7.	Korngrößenanalysen	72
7.1.	Methodik Volumetrische Sedimentprobenentnahme	72
7.2.	Methodik Charakterisierung des Sohlgefälles	73
7.3.	Ergebnisse Charakterisierung des Sohlgefälles	75
7.3.1.	Aist	75
7.3.2.	Gusen	77
7.3.3.	Große Mühl	79
7.3.4.	Kleine Mühl	80
7.3.5.	Naarn	81
7.3.6.	Rodl	83
7.3.7.	Osterbach	84
7.4.	Ergebnisse Korngrößenanalysen	86
7.4.1.	Korngrößenanalysen Rodl	86
7.4.2.	Korngrößenanalysen Große Mühl	92
7.4.3.	Korngrößenanalysen Kleine Mühl	98
7.4.4.	Korngrößenanalysen Gusen	104
7.4.5.	Korngrößenanalysen Osterbach	111
7.4.6.	Korngrößenanalysen Erlau	117
7.4.7.	Korngrößenanalysen Naarn	122
7.4.8.	Korngrößenanalysen Aist	128
8.	Mineralogische Analysen	135
8.1.	Methodik	135
8.1.1.	Korngrößenanalysen	135
8.1.2.	Gesamtmineralanalyse (GMA)	135
8.2.	Ergebnisse	137
8.2.1.	Korngrößenanalysen	137
8.2.2.	Gesamtmineralanalyse der einzelnen Kornfraktionen	139

9.	Feststofffallen im Einzugsgebiet der Aist	141
9.1.	Aufbau der Geschiebefallen	141
9.2.	Monitoring	141
9.3.	Beschreibung der einzelnen Standorte	142
9.4.	Ergebnisse Messungen 2015	143
9.5.	Unterscheidung Sand und Feinsediment	147
10.	Lebensraumqualität der Sohle	151
10.1.	Einleitung und Zielsetzung	151
10.2.	Methodik	152
10.3.	Untersuchungsstellen	152
10.3.1.	Große Mühl	152
10.3.2.	Große Rodl	162
10.3.3.	Gusen	166
10.3.4.	Kleine Mühl	170
10.3.5.	Osterbach	174
10.4.	Probennahme und -bearbeitung	178
10.4.1.	Multi-Habitat-Sampling	178
10.4.2.	Habitat-bezogene Einzelproben	179
10.4.3.	Probenumfang	180
10.4.4.	Probenaufbereitung und taxonomische Bestimmung	181
10.4.5.	Auswertung	181
10.5.	Bewertungsmethoden nach Wasserrahmenrichtlinie	182
10.5.1.	Detaillierte MZB-Methode	183
10.5.2.	Allgemeine biozönotische Parameter	185
10.6.	Ergebnisse	186
10.6.1.	MHS-Proben	186
10.6.2.	Habitat-spezifische Einzelproben	201
10.7.	Zusammenfassung	207
10.8.	Schlussfolgerungen	211
11.	Auflistung und Charakterisierung des Hochwassermanagements	212
11.1.	Methodik	212
11.1.1.	Hydrodynamisch-numerische Modellierung	212
11.1.2.	Hydrodynamische – numerische Modellierung schutzwasserwirtschaftlicher Gefährdungsbereiche	212
11.1.3.	Beschreibung der hydraulisch / hydrologischen Auswirkung der Versandung mit Bezug zum Hochwasser-Abfluss	214
11.1.4.	Regimebreite	216
11.2.	Ergebnisse Hydrodynamische – numerische Modellierung schutzwasserwirtschaftlicher Gefährdungsbereiche	217
11.2.1.	Freistadt (Feldaist)	219
11.2.2.	Pregarten (Feldaist)	219

11.2.3.	Schwertberg (Aist)	220
11.2.4.	Rottenegg (Große Rodl)	221
11.2.5.	St. Georgen (Gusen)	222
11.2.6.	Sandfang Perg (Tobrakanal)	223
11.2.7.	Gegenüberstellung der Modellergebnisse hinsichtlich schutzwasserwirtschaftlich charakteristischer Durchflüsse	224
11.2.8.	Regimebreite	226
12.	Überprüfung der Übertragung der Aussagen zum Geschiebemanagement	228
12.1.	Makroskalige hydrologische Analysen	228
12.1.1.	Methodik hydrologische Analysen	228
12.1.2.	Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge	228
12.1.3.	Trendanalysen der Anzahl an Starkregenereignissen	229
12.1.4.	Trendanalysen der Niederschlagsmenge bei Starkregenereignissen	230
12.1.5.	Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse	230
12.1.6.	Trendanalysen in Bezug auf transportwirksame Abflüsse	231
12.1.7.	Gegenüberstellung saisonaler Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse	232
12.2.	Ergebnisse hydrologische Analysen	233
12.2.1.	Einzugsgebiet Aist (Feld-, Waldaist, Aist)	233
12.2.2.	Große Mühl	236
12.2.3.	Einzugsgebiet Kleine Mühl	239
12.2.4.	Einzugsgebiet Kleine und Große Naarn, Klambach	241
12.2.5.	Einzugsgebiet Große und Kleine Gusen	244
12.2.6.	Einzugsgebiet der Rodl (Kleine und Große Rodl)	247
13.	Kleinskalige Untersuchungen zum Sedimenttransportverhalten	249
13.1.	Modellaufbau	249
13.2.	Versuchsreihen und Versuchsablauf	250
13.3.	Angewandte Messtechnik und Messverfahren	251
13.4.	Ergebnisse	253
13.4.1.	Anwendung der Laborversuche an Freilandstrecken	260
13.4.2.	Ausweisung transportwirksamer Abflüsse	260
14.	Hydrodynamische – numerische Modellierung des Feststofftransports an der Aist	263
14.1.	Bearbeitungsgebiet	263
14.2.	Datengrundlage	266
14.3.	Methodik	267
14.3.1.	Wasserläufe ermitteln	269
14.3.2.	Probleme und Unsicherheiten bei der Erstellung der Wasserläufe	271
14.4.	Hydrodynamisch-numerische Modellierung	273
14.4.1.	Rauigkeitsbelegung	276
14.4.2.	Berechnungsdurchflüsse und Randbedingungen	280
14.4.3.	Sensitivitätsanalyse	280
14.4.4.	Grenzscherbspannung	282
14.4.5.	Modellunsicherheiten	286

14.4.6.	Risikobereiche für potentielle Versandung	290
14.5.	Einzugsgebietsanalysen des Feststoffeintrags	296
14.5.1.	Klassifizierung nach Gefälle	299
14.5.2.	Klassifizierung nach Geologie	300
14.5.3.	Klassifizierung nach Nadelwald (Fichtenwald)	304
14.6.	Ergebnis der Einzugsgebietsanalysen	306
14.7.	Zusammenfassung und Ausblick	316
15.	Auswirkungen der Versandung auf die Flussperlmuschel-Lebensräume	317
15.1.	Kurzcharakteristik Flussperlmuschel (<i>Margaritifera margaritifera</i>)	319
15.2.	Methodik	320
15.3.	Zusammenfassende Bestandsanalyse	320
15.3.1.	Naarn-System	322
15.3.2.	Aist-System	322
15.3.3.	Gusen-System	323
15.3.4.	Rodl	325
15.3.5.	Große Mühl und Kleine Mühl	325
15.3.6.	Osterbach	327
15.3.7.	Erlau	327
15.3.8.	Andere Perlmuschel-Gewässer in Österreich	328
15.4.	Analyse hinsichtlich der Habitatansprüche	329
15.5.	Die Flussperlmuschel im Zusammenhang mit der Maßnahmenumsetzung	336
16.	Vorschläge für Grundsätze des Feststoffmanagement	337
16.1.	Zusammenfassung der Ursachen	337
16.1.1.	Auswirkungen der Globalen Erwärmung	337
16.1.2.	Geologie und Bodenaufbau	339
16.1.3.	Forstwirtschaftliche Nutzung	340
16.1.4.	Siedlungsentwicklung / Straßenbau	342
16.1.5.	Landwirtschaftliche Nutzung	343
16.1.6.	Sedimenttransportverhalten	345
16.1.7.	Defizite im Gewässer-Umland Gefüge	346
16.1.8.	Hydromorphologische Überprägung	346
16.1.9.	Zeitliche Zuordnungen der Ursachen	350
17.	Konzipierung von Maßnahmen zur Reduktion der Versandung	351
18.	Literatur	381

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versandeter Bereich an der Großen Mühl im Gewässerabschnitt zwischen Aigen i.M. und Ulrichsberg; deutlich ist der Verschluss des Lückenraums durch die Sandfraktionen zu erkennen bzw. der geringe Rundungsgrad des Deckschichtmaterials in der Mesolithal-Kornfraktion.	2
Abbildung 2: Vergleich zweier unterschiedlicher Probestellen zur Erhebung der MZB-Biomasse bzw. Abundanz an der Aist (a) morphologische Referenz, (b) versandeter Abschnitt (Fotos zur Verfügung gestellt von Dr. Graf).	2
Abbildung 3: Erstellung von Routen entlang der Fließgewässer mit der Toolbox „Lineare Referenzierung“ (ArcMap).	13
Abbildung 4: a: Lokalisierung von Features (geologische Klassen) entlang der Routen mit der Toolbox „Lineare Referenzierung“ b: Erstellen von Routenereignis-Layern mit der Toolbox „Lineare Referenzierung“ (ArcMap).	13
Abbildung 5: Überblick Methodik – GIS-basierte geologische Analysen.	14
Abbildung 6: Erstellen von Polygon-Features der Siedlungsflächen im Einzugsgebiet der Aist (ArcMap).	15
Abbildung 7: Einzugsgebiete, Probenahmestellen (AP03_Korngrößenanalysen) und Wasserkraftwerke im Projektgebiet. Datenbasis: DORIS (2014), HAÖ (2007).	16
Abbildung 8: Landnutzung im Projektgebiet – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000). Datenbasis: HAÖ (2007).	17
Abbildung 9: Bodenabtrag im Projektgebiet – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser. Datenbasis: HAÖ (2007).	18
Abbildung 10: Geologie im Projektgebiet – Lithologische Hauptgruppen. Datenbasis: HAÖ (2007), Land Oberösterreich (2014).	19
Abbildung 11: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Naarn. Datenbasis: HAÖ (2007).	20
Abbildung 12: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Naarn.	20
Abbildung 13: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Aist. Datenbasis: HAÖ (2007).	21
Abbildung 14: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Aist.	21
Abbildung 15: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Gusen. Datenbasis: HAÖ (2007).	22
Abbildung 16: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Gusen.	22
Abbildung 17: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Rodl. Datenbasis: HAÖ (2007).	23
Abbildung 18: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Rodl.	23
Abbildung 19: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Große Mühl. Datenbasis: HAÖ (2007).	24
Abbildung 20: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Große Mühl.	24
Abbildung 21: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Kleine Mühl. Datenbasis: HAÖ (2007).	25
Abbildung 22: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Kleine Mühl.	25
Abbildung 23: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Osterbach. Datenbasis: HAÖ (2007).	26
Abbildung 24: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Osterbach.	26
Abbildung 25: Digitalisierung der Siedlungsentwicklung – Detail 1: Schlag. Datenbasis Luftbilder: Land Oberösterreich.	27
Abbildung 26: Digitalisierung der Siedlungsentwicklung – Detail 2: Tragwein. Datenbasis Luftbilder: Land Oberösterreich.	28
Abbildung 27: Digitalisierung der Siedlungsentwicklung – Detail 3: Gutau. Zeitschritt 1 (1975): keine Luftbilder verfügbar. Datenbasis Luftbilder: Land Oberösterreich.	28
Abbildung 28: Analyse der Siedlungsentwicklung – Auswahl der Detailbereiche. Datenbasis Luftbilder: Land Oberösterreich.	29
Abbildung 29: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Naarn (bezogen auf die Streckenlänge).	33
Abbildung 30: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Naarn (bezogen auf die Streckenlänge).	33
Abbildung 31: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für das Naarn-System hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.	34
Abbildung 32: Situation im Bereich der Regulierungsstrecke in Kefermarkt.	36
Abbildung 33: Starke Versandung im Jaunitzbach, einem rechtsurfigen Zufluss der Feldaist bei Freistadt.	38
Abbildung 34: In der Feldaist überlagern sich stark Versandung, Feinsedimentbelastung und organische Belastung.	38
Abbildung 35: Regulierungsstrecke in Kefermarkt.	38
Abbildung 36: Einmündung der Flanit mit deutlichem Geschiebeeintrag in die Feldaist.	38
Abbildung 37: Versandungssituation in einem für die Flussperlmuschel interessanten Bereich der Waldaist.	39
Abbildung 38: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Aist (bezogen auf die Streckenlänge).	40
Abbildung 39: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Aist (bezogen auf die Streckenlänge).	40
Abbildung 40: Versandungssituation in den einzelnen Teilabschnitten des Aist-Systems.	41
Abbildung 41: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für das Aist-System hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.	42

Abbildung 42: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Gusen (bezogen auf die Streckenlänge).	45
Abbildung 43: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Gusen (bezogen auf die Streckenlänge).	45
Abbildung 44: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für das Gusen-System hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.	46
Abbildung 45: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Rodl (bezogen auf die Streckenlänge).	47
Abbildung 46: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Rodl (bezogen auf die Streckenlänge).	47
Abbildung 47: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für das Rodl-System hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.	48
Abbildung 48: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Gr. Mühl (bezogen auf die Streckenlänge).	49
Abbildung 49: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Gr. Mühl (bezogen auf die Streckenlänge).	49
Abbildung 50: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für die Gr. Mühl hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.	50
Abbildung 51: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Kl. Mühl (bezogen auf die Streckenlänge).	51
Abbildung 52: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Kl. Mühl (bezogen auf die Streckenlänge).	51
Abbildung 53: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für die Kl. Mühl hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.	52
Abbildung 54: Anteile der Versandungsklassen im EZG des Osterbaches (bezogen auf die Streckenlänge).	53
Abbildung 55: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG des Osterbaches (bezogen auf die Streckenlänge).	53
Abbildung 56: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für den Osterbach hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.	54
Abbildung 57: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Erlau (bezogen auf die Streckenlänge).	55
Abbildung 58: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Erlau (bezogen auf die Streckenlänge).	55
Abbildung 59: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für die Erlau hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.	56
Abbildung 60: Darstellung der Fließgewässertypen nach Längsverlauf in den untersuchten Fließgewässern.	58
Abbildung 61: Darstellung einer groben Einschätzung des Grades der menschlichen Überprägung in den untersuchten Fließgewässern.	58
Abbildung 62: Darstellung der Versandungsklassen in den untersuchten Fließgewässern.	59
Abbildung 63: Darstellung der Feinsedimentausdehnung in den untersuchten Fließgewässern.	59
Abbildung 64: Darstellung der Uferabbrüche in den untersuchten Fließgewässerabschnitten.	60
Abbildung 65: Darstellung des Potentials für Ufererosion in den untersuchten Fließgewässerabschnitten (Schwarze Aist: Parameter nicht erhoben).	60
Abbildung 66: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) in den untersuchten Gewässern.	61
Abbildung 67: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) in den untersuchten Einzugsgebieten.	61
Abbildung 68: Versandungsklassen in Zusammenhang mit der mittleren Gewässertiefe (alle Fälle).	62
Abbildung 69: Versandungsklassen in Zusammenhang mit der benetzten Breite (nur freie Fließstrecken).	62
Abbildung 70: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) je nach morphologischem Flusstyp (alle Fälle).	63
Abbildung 71: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) je nach energiewirtschaftlicher Überprägung (alle Fälle)(natürlicher Stau = flussauf von Biberbauten oder anderen Totholzansammlungen).	63
Abbildung 72: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) nach Uferdynamik laut Leitfaden (alle Fälle).	64
Abbildung 73: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) im Zusammenhang mit dem Vorhandensein von Uferabbrüchen (alle Fälle).	64
Abbildung 74: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) im Zusammenhang mit dem Erosionspotential Ufer (alle Fälle).	64
Abbildung 75: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) im Zusammenhang mit dem Vorhandensein eines Gehölz-Uferschutzstreifens (alle Fälle).	65
Abbildung 76: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) im Zusammenhang mit dem Vorhandensein von potentiellen Kieslaichplätzen (alle Fälle).	65
Abbildung 77: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) im Zusammenhang mit dem Vorhandensein von großen Steinblöcken (alle Fälle).	66
Abbildung 78: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) im Zusammenhang mit dem Vorhandensein von Totholz (alle Fälle).	66
Abbildung 79: Anteil der hydrologischen Überprägung an den Fischregionen an den untersuchten Gewässern (Epirhithral = Obere Forellenregion, Metarhithral = Untere Forellenregion, Hyporhithral = Äschenregion, Epipotamal = Barbenregion).	67
Abbildung 80: Anteil der Versandung an den Fischregionen an den untersuchten Gewässern (Epirhithral = Obere Forellenregion, Metarhithral = Untere Forellenregion, Hyporhithral = Äschenregion, Epipotamal = Barbenregion).	67
Abbildung 81: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) in den unterschiedlichen Fischregionen (alle Fälle) (Epirhithral = Obere Forellenregion, Metarhithral = Untere Forellenregion, Hyporhithral = Äschenregion, Epipotamal = Barbenregion).	68
Abbildung 82: Flächenanteil Mesolithal („Laichkies“) in den unterschiedlichen Fischregionen (alle Fälle) (Epirhithral = Obere Forellenregion, Metarhithral = Untere Forellenregion, Hyporhithral = Äschenregion, Epipotamal = Barbenregion).	68
Abbildung 83: Feinsedimentbelastung (8 stufige Klassifizierung) in den untersuchten Gewässern.	69
Abbildung 84: Anteilsmäßige Verteilung der Passierbarkeit der Querbauwerke in den einzelnen Einzugsgebieten.	70
Abbildung 85: Übersicht über die aufgenommenen Sandablagerungen.	71
Abbildung 86: Übersicht der untersuchten Gewässer (blaue Linien) und Entnahmestellen der Sedimentproben (rote Punkte).	72
Abbildung 87: Darstellung der Sedimententnahmestellen im Längsschnitt – Große Naarn.	73
Abbildung 88: Darstellung der Querbauwerke im Längsschnitt - Große Naarn.	74
Abbildung 89: Grundriss der Gewässerachse sowie koordinativ verortete Entnahmestellen der Sedimentproben (Ausschnitt der Großen Naarn).	74
Abbildung 90: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längsschnitt - Feldaist.	75
Abbildung 91: Querbauwerke im Längsschnitt - Feldaist.	75
Abbildung 92: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längsschnitt - Waldaist.	76

Abbildung 93: Querbauwerke im Längenschnitt - Waldaist.	76
Abbildung 94: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt - Aist.	77
Abbildung 95: Querbauwerke im Längenschnitt - Aist.	77
Abbildung 96: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Große Gusen.	78
Abbildung 97: Querbauwerke im Längenschnitt – Große Gusen.	78
Abbildung 98: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Kleine Gusen.	79
Abbildung 99: Querbauwerke im Längenschnitt – Kleine Gusen.	79
Abbildung 100: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Große Mühl.	80
Abbildung 101: Querbauwerke im Längenschnitt – Große Mühl.	80
Abbildung 102: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Kleine Mühl.	81
Abbildung 103: Querbauwerke im Längenschnitt – Kleine Mühl.	81
Abbildung 104: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Große Naarn.	82
Abbildung 105: Querbauwerke im Längenschnitt – Große Naarn.	82
Abbildung 106: Querbauwerke im Längenschnitt – Kleine Naarn.	83
Abbildung 107: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Große Rodl.	83
Abbildung 108: Querbauwerke im Längenschnitt – Große Rodl.	84
Abbildung 109: Querbauwerke im Längenschnitt – Kleine Rodl.	84
Abbildung 110: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Osterbach.	85
Abbildung 111: Querbauwerke im Längenschnitt – Osterbach.	85
Abbildung 112: Übersicht Untersuchungsgebiet: Rodl (Quelle: DORIS).	86
Abbildung 113: Probenentnahmestelle R25.	87
Abbildung 114: Korngrößenverteilung R25.	87
Abbildung 115: Profil R25.	87
Abbildung 116: Profil R14.	87
Abbildung 117: Probenentnahmestelle R14_L.	87
Abbildung 118: Korngrößenverteilung R14_L.	87
Abbildung 119: Sandtasche bei R9H3.	88
Abbildung 120: Sandtasche bei R9H3_R.	88
Abbildung 121: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	89
Abbildung 122: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	89
Abbildung 123: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	89
Abbildung 124: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	89
Abbildung 125: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	90
Abbildung 126: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	90
Abbildung 127: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	90
Abbildung 128: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	90
Abbildung 129: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	91
Abbildung 130: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	91
Abbildung 131: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	91
Abbildung 132: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	91
Abbildung 133: Übersicht Untersuchungsgebiet: Große Mühl (Quelle: DORIS).	92
Abbildung 134: Probenentnahmestelle GM22.	93
Abbildung 135: Korngrößenverteilung GM22.	93
Abbildung 136: Probenentnahmestelle GM8_R.	93
Abbildung 137: Korngrößenverteilung GM8_R.	93
Abbildung 138: Probenentnahmestelle GM3.	94
Abbildung 139: Stausee Neufelden.	94
Abbildung 140: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	95
Abbildung 141: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	95

Abbildung 142: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	95
Abbildung 143: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	95
Abbildung 144: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	96
Abbildung 145: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	96
Abbildung 146: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	96
Abbildung 147: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	96
Abbildung 148: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	97
Abbildung 149: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	97
Abbildung 150: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	97
Abbildung 151: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	97
Abbildung 152: Übersicht Untersuchungsgebiet: Kleine Mühl (Quelle: DORIS).	98
Abbildung 153: Probenentnahmestelle KM4_Kolk.	99
Abbildung 154: Korngrößenverteilung KM4_Kolk.	99
Abbildung 155: Riffelbildung (Kleine Mühl).	99
Abbildung 156: Schema Versandungsgrad (Furt-Kolk-Typ).	99
Abbildung 157: Probenentnahmestelle KM4_Furt.	100
Abbildung 158: Korngrößenverteilung KM4_Furt.	100
Abbildung 159: Verebnungsfläche vor Steilstufe.	100
Abbildung 160: Probenentnahmestelle KM16.	100
Abbildung 161: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	101
Abbildung 162: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	101
Abbildung 163: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	101
Abbildung 164: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	101
Abbildung 165: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	102
Abbildung 166: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	102
Abbildung 167: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	102
Abbildung 168: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	102
Abbildung 169: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	103
Abbildung 170: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	103
Abbildung 171: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	103
Abbildung 172: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	103
Abbildung 173: Übersicht Untersuchungsgebiet: Gusen (Quelle: DORIS).	104
Abbildung 174: Übersicht Versandungsgrad, Große Gusen und Kleine Gusen.	105
Abbildung 175: Probenentnahmestelle GU6.	105
Abbildung 176: Korngrößenverteilung GU6.	105
Abbildung 177: Probenentnahmestelle GU20.	106
Abbildung 178: Korngrößenverteilung GU20.	106
Abbildung 179: Probenentnahmestelle GU13_Furt.	106
Abbildung 180: Korngrößenverteilung GU13_Furt.	106
Abbildung 181: Probenentnahmestelle GU13_Kolk.	106
Abbildung 182: Korngrößenverteilung GU13_Kolk.	106

Abbildung 183: Probenentnahmestelle GU3.	107
Abbildung 184: Probenentnahmestelle GU16_I.	107
Abbildung 185: Probenentnahmestelle GU7_I.	107
Abbildung 186: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	108
Abbildung 187: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	108
Abbildung 188: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	108
Abbildung 189: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	108
Abbildung 190: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	109
Abbildung 191: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	109
Abbildung 192: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	109
Abbildung 193: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	109
Abbildung 194: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	110
Abbildung 195: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	110
Abbildung 196: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	110
Abbildung 197: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	110
Abbildung 198: Übersicht Untersuchungsgebiet: Osterbach (Quelle: DORIS).	111
Abbildung 199: Probenentnahmestelle O1.	112
Abbildung 200: Korngrößenverteilung O1.	112
Abbildung 201: Probenentnahmestelle O16.	112
Abbildung 202: Korngrößenverteilung O16.	112
Abbildung 203: Probenentnahmestelle O13.	113
Abbildung 204: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	114
Abbildung 205: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	114
Abbildung 206: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	114
Abbildung 207: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	114
Abbildung 208: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	115
Abbildung 209: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	115
Abbildung 210: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	115
Abbildung 211: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	115
Abbildung 212: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	116
Abbildung 213: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	116
Abbildung 214: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	116
Abbildung 215: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	116
Abbildung 216: Übersicht Untersuchungsgebiet: Erlau (Quelle: GoogleMaps).	117
Abbildung 217: Probenentnahmestelle E7_L.	118
Abbildung 218: Korngrößenverteilung E7_L.	118
Abbildung 219: Probenentnahmestelle E20.	118
Abbildung 220: Korngrößenverteilung E20.	118
Abbildung 221: Probenentnahmestelle E4.	119

Abbildung 222: Probenentnahmestelle E10.	119
Abbildung 223: Auswertung Siebanalyse (Erlau, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	120
Abbildung 224: Auswertung Siebanalyse (Erlau, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	120
Abbildung 225: Auswertung Siebanalyse (Erlau, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	120
Abbildung 226: Auswertung Siebanalyse (Erlau, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	120
Abbildung 227: Auswertung Siebanalyse (Erlau, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	121
Abbildung 228: Auswertung Siebanalyse (Erlau, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	121
Abbildung 229: Übersicht Untersuchungsgebiet: Naarn (Quelle: DORIS).	122
Abbildung 230: Probenentnahmestelle N12.	123
Abbildung 231: Korngrößenverteilung N12_R.	123
Abbildung 232: Probenentnahmestelle N18.	123
Abbildung 233: Korngrößenverteilung N18.	123
Abbildung 234: Probenentnahmestelle N5.	124
Abbildung 235: Probenentnahmestelle N7.	124
Abbildung 236: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	125
Abbildung 237: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	125
Abbildung 238: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	125
Abbildung 239: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	125
Abbildung 240: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	126
Abbildung 241: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	126
Abbildung 242: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	126
Abbildung 243: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	126
Abbildung 244: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	127
Abbildung 245: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	127
Abbildung 246: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	127
Abbildung 247: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	127
Abbildung 248: Übersicht Untersuchungsgebiet: Aist (Quelle: DORIS).	128
Abbildung 249: Probenentnahmestelle A10_L .	129
Abbildung 250: Korngrößenverteilung A10_L.	129
Abbildung 251: Probenentnahmestelle A17_Kolk.	129
Abbildung 252: Korngrößenverteilung A17_Kolk.	129
Abbildung 253: Probenentnahmestelle WA7_L.	130
Abbildung 254: Korngrößenverteilung WA7_L.	130
Abbildung 255: Probenentnahmestelle WA18_R.	130
Abbildung 256: Korngrößenverteilung WA18_R.	130
Abbildung 257: Probenentnahmestelle A23.	130
Abbildung 258: Korngrößenverteilung A23_R.	130
Abbildung 259: Probenentnahmestelle WA10.	131
Abbildung 260: Probenentnahmestelle WA12.	131
Abbildung 261: Auswertung Siebanalyse (Aist, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	132
Abbildung 262: Auswertung Siebanalyse (Aist, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	132
Abbildung 263: Auswertung Siebanalyse (Aist, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	132

Abbildung 264: Auswertung Siebanalyse (Aist, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	132
Abbildung 265: Auswertung Siebanalyse (Aist, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	133
Abbildung 266: Auswertung Siebanalyse (Aist, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	133
Abbildung 267: Auswertung Siebanalyse (Aist, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	133
Abbildung 268: Auswertung Siebanalyse (Aist, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	133
Abbildung 269: Auswertung Siebanalyse (Aist, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	134
Abbildung 270: Auswertung Siebanalyse (Aist, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	134
Abbildung 271: Auswertung Siebanalyse (Aist, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).	134
Abbildung 272: Auswertung Siebanalyse (Aist, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .	134
Abbildung 273: Summenkurven aller 10 untersuchten Flusssedimentproben	138
Abbildung 274: Röntgendiffraktogramme der sechs Fraktionen der Rodl: Oberstes Diffraktogramm ist Mittelkies, es folgt darunter Feinkies usw, der unterste Graph ist Schluff und Ton.	139
Abbildung 275: Vergleich der Sand und Kiesfraktionen der Rodl anhand der Reflexe von Quarz und Kalifeldspat.	140
Abbildung 276: Geschiebefallenordnung im Einzugsgebiet der Aist.	141
Abbildung 277: Feststoffe in der Geschiebefalle 1 am 16.01.2015	143
Abbildung 278: Feststoffe in der Geschiebefalle 2 am 16.01.2015	143
Abbildung 279: Feststoffe in der Geschiebefalle 3 am 16.01.2015	144
Abbildung 280: Feststoffe in der Geschiebefalle 4 am 16.01.2015	144
Abbildung 281: Feststoffe in der Geschiebefalle 5 am 16.01.2015	145
Abbildung 282: Feststoffe in der Geschiebefalle 6 am 16.01.2015	145
Abbildung 283: Grenzwert für die Erosion und Sedimentation von unterschiedlich großen Kornteilen (verändert nach HJULSTRÖM 1935, in AHNERT 1996).	147
Abbildung 284: Schematische Darstellung des Einflusses von Feinsediment und Sand auf die Gewässersohle.	149
Abbildung 285: Auswirkungen von Feinsediment auf die Gewässersohle.	149
Abbildung 286: Auswirkungen von Versandung auf die Gewässersohle.	149
Abbildung 287: Untersuchungsstellen; Amap.	153
Abbildung 288: Untersuchungsstelle Gr. Mühl Referenz (Furt/Kolk Typ).	153
Abbildung 289: Untersuchungsstelle Gr. Mühl Referenz (Flachbett Typ).	156
Abbildung 290: Untersuchungsstelle Gr. Mühl (Michelbach) Versandungsklasse 3-3+ (Furt/Kolk Typ)	158
Abbildung 291: Untersuchungsstelle Gr. Mühl, Versandungsklasse 2-3 (Flachbett Typ)	160
Abbildung 292: Untersuchungsstelle Gr. Rodl, Referenz (Furt/Kolk Typ)	162
Abbildung 293: Untersuchungsstelle Gr. Rodl, Versandungsklasse 2 (Plane-Bed Typ)	164
Abbildung 294: Untersuchungsstelle Gusen, Referenz (Flachbett Typ)	166
Abbildung 295: Untersuchungsstelle Gusen, Versandungsklasse 3+ (Flachbett Typ)	168
Abbildung 296: Untersuchungsstelle Kl. Mühl, Versandungsklasse 2 (Furt/Kolk Typ)	170
Abbildung 297: Untersuchungsstelle Kl. Mühl, Versandungsklasse 3 (Flachbett Typ)	172
Abbildung 298: Untersuchungsstelle Osterbach, Referenz (Furt/Kolk Typ)	174
Abbildung 299: Untersuchungsstelle Osterbach, Versandungsklasse 3 (Furt/Kolk Typ)	176
Abbildung 300: MHS-Probenahme, schematische Darstellung.	179
Abbildung 301: Einzelprobenahme, schematische Darstellung.	180
Abbildung 302: Substratverteilung pro Untersuchungsstelle.	186
Abbildung 303: Durchschnittliche Substratverteilung an Referenz- (links) und versandeten Stellen (rechts).	187
Abbildung 304: Anzahl der Gesamttaxa pro Großgruppe an Referenz- (links) und beeinträchtigten (rechts) Stellen.	188
Abbildung 305: Mittlere Gesamttaxazahlen in Referenz- und versandeten Abschnitten (links); Mittlere Gesamttaxazahlen in Referenz- und versandeten Abschnitten unterschiedlicher Versandungsklassen, zusammengefasst in Klassen <3 und ≥ 3 (rechts); Fehlerbalken (95% Konfidenzintervall).	188
Abbildung 306: Anzahl der Taxa pro Großgruppe an den Untersuchungsstellen.	189
Abbildung 307: Mittlere Individuenzahlen in Referenz- und versandeten Abschnitten (links) sowie in Referenz- und versandeten Abschnitten unterschiedlicher Versandungsklassen, zusammengefasst in Klassengruppen <3 und ≥ 3 (rechts); Fehlerbalken (95% Konfidenzintervall).	190
Abbildung 308: Individuenverteilung [$\text{Ind.}/\text{m}^2$] pro Großgruppe an den Untersuchungsstellen.	190
Abbildung 309: Längenzonale Verteilung (biozönotische Valenzen) der Referenzstellen.	191
Abbildung 310: Längenzonale Verteilung (biozönotische Valenzen) an den von Versandung betroffenen Stellen.	192
Abbildung 311: Zusammensetzung der Ernährungstypen der Referenzstellen.	193

Abbildung 312: Zusammensetzung der Ernährungstypen an den von Versandung betroffenen Stellen.	194
Abbildung 313: Saprobielle Valenzen der Referenzstellen.	195
Abbildung 314: Saprobielle Valenzen an den von Versandung betroffenen Stellen.	195
Abbildung 315: Mittlere Taxazahlen pro Substrattyp in Referenz- und versandeten Abschnitten; Fehlerbalken (95% Konfidenzintervall).	202
Abbildung 316: NMS-Scatterplot anhand der MZB-Zönosen der Einzelproben; Overlay: Substrattyp (links) und Versandungsklasse (rechts).	202
Abbildung 317: Mittlere Biomassen [g/m^2] pro Substrattyp in Referenz- und versandeten Abschnitten; Fehlerbalken (95% Konfidenzintervall).	203
Abbildung 318: Mittlere Biomassen [g/m^2] in Referenz- und versandeten Abschnitten; exkl. organische Habitate.	203
Abbildung 319: Mittlere Biomassen [g/m^2] in Referenz- und versandeten Abschnitten basierend auf einer hochgerechneten geschätzten Substratverteilung der unterschiedlichen Versandungsklassen.	204
Abbildung 320: Habitatnutzungskurven ausgewählter Taxa.	205
Abbildung 321: Reaktion der Scores (Anteil des Ist-Wertes am Bezugswert für den jeweiligen Gewässertyp) der Einzelmetrics zur Berechnung der Multimetricen Indices; die farbig markierten Flächen kennzeichnen die ökologische Zustandsklasse; blau= sehr gut, grün=gut, gelb=mäßig, orange=unbefriedigend, rot=schlecht.	208
Abbildung 322: Gesamttaxazahl an Referenz- und versandeten Stellen in Abhängigkeit vom saprobiellen Grundzustand (links); Individuendichte an Referenz- und versandeten Stellen in Abhängigkeit vom Flusstyp, FK=Furt/Kolk, PB=Flachbett (rechts).	209
Abbildung 323: NMS-Scatterplot anhand der MZB-Zönosen der Einzelproben; Overlay: Substrattyp (links) und Versandungsklasse (rechts); Vektoren indizieren die Korrelation mit den Einzelmetrics (Biplot, „Cut off value“ $r^2=0,25$).	210
Abbildung 324: Gewässertyp/Ufervegetation/Strukturen an Kl. Mühl (links) und Gusen (rechts).	211
Abbildung 325: Kalibrierungsergebnis für den Gewässerabschnitt St.Georgen (Gusen), bei einem gegebenen Durchfluss von $Q=0,53 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. (Gewählter Rauigkeitsbeiwert Sohle: $k=18 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$; Sohlrampe: $k=14 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$; Mittlere Fehlerabweichung: 2 cm).	213
Abbildung 326: Beispiel einer Analyse zur Auswirkungen der Versandung mit Bezug zum Hochwasser-Abfluss (Rottenegg/Walding, Gr.Rodl). Dargestellt sind ein Profil des untersuchten Abschnittes und Charakteristische Abflüsse: mittleres jährliches Niederwasser (M_N), Mittelwasser (MQ), mittleres jährliches Hochwasser (MJHQ), 10-jährliches Hochwasser (HQ_{10}).	214
Abbildung 327: Beispiel der Anlandungsszenarien Analyse (Schwertberg, Aist). Dargestellt ist ein Querprofil (schwarz), Sohlhebung (strichliert, Bereich +5 cm bis +50 cm), Wasserspiegellage bei HQ_{30} ohne Anlandung (hellblau) und mit 50 cm Anlandung (dunkelblau).	215
Abbildung 328: Anlandungsszenarien Analyse. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse).	215
Abbildung 329: Anlandungsszenarien Analyse. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m^2 (X-Achse).	215
Abbildung 330: Gewässerabschnitt Freistadt (Feldaist). Legende: Gewässerachse (blau); vermessene Querprofile (rot).	217
Abbildung 331: Gewässerabschnitt Pregarten (Feldaist). Legende: Gewässerachse (blau); vermessene Querprofile (rot).	217
Abbildung 332: Gewässerabschnitt Schwertberg (Aist). Legende: Gewässerachse (blau); vermessene Querprofile (rot).	218
Abbildung 333: Gewässerabschnitt Rottenegg (Gr. Rodl). Legende: Gewässerachse (blau); vermessene Querprofile (rot).	218
Abbildung 334: Gewässerabschnitt St. Georgen (Gusen). Legende: Gewässerachse (blau); vermessene Querprofile (rot).	218
Abbildung 335: Gewässerabschnitt Perg (Tobrakanal). Legende: Gewässerachse (blau); vermessene Querprofile (rot).	218
Abbildung 336: Anlandungsszenarien Analyse Freistadt (Feldaist). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse).	219
Abbildung 337: Anlandungsszenarien Analyse Freistadt (Feldaist). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m^2 (X-Achse).	219
Abbildung 338: Anlandungsszenarien Analyse Pregarten (Feldaist). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse).	220
Abbildung 339: Anlandungsszenarien Analyse Pregarten (Feldaist). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m^2 (X-Achse).	220
Abbildung 340: Anlandungsszenarien Analyse Schwertberg (Aist). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse).	221
Abbildung 341: Anlandungsszenarien Analyse Schwerberg (Aist). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m^2 (X-Achse).	221
Abbildung 342: Anlandungsszenarien Analyse Rottenegg (Gr. Rodl). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse).	222
Abbildung 343: Anlandungsszenarien Analyse Rottenegg (Gr. Rodl). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m^2 (X-Achse).	222
Abbildung 344: Anlandungsszenarien Analyse St. Georgen (Gusen). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse).	223
Abbildung 345: Anlandungsszenarien Analyse St. Georgen (Gusen). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m^2 (X-Achse).	223
Abbildung 346: Vergleich der Anlandungsszenarien Analyse bei jeweiligen HQ_{10} Abfluss. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse). Legende: Freistadt (blau), Pregarten (rot), Rottenegg (grün), Schwertberg (Violett) und St.Georgen (schwarz).	224
Abbildung 347: Vergleich der Anlandungsszenarien Analyse bei jeweiligen HQ_{10} Abfluss. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m^2 (X-Achse). Legende: Freistadt (blau), Pregarten (rot), Rottenegg (grün), Schwertberg (Violett) und St.Georgen (schwarz).	224

- Abbildung 348: Vergleich der Anlandungsszenarien Analyse bei jeweiligen HQ_{30} Abfluss. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse). Legende: Freistadt (blau), Pregarten (rot), Rottenegg (grün), Schwertberg (Violett) und St.Georgen (schwarz). 225
- Abbildung 349: Vergleich der Anlandungsszenarien Analyse bei jeweiligen HQ_{30} Abfluss. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m^2 (X-Achse). Legende: Freistadt (blau), Pregarten (rot), Rottenegg (grün), Schwertberg (Violett) und St.Georgen (schwarz). 225
- Abbildung 350: Vergleich der Anlandungsszenarien Analyse bei jeweiligen HQ_{100} Abfluss. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse). Legende: Freistadt (blau), Pregarten (rot), Schwertberg (Violett) und St.Georgen (schwarz). 225
- Abbildung 351: Vergleich der Anlandungsszenarien Analyse bei jeweiligen HQ_{100} Abfluss. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m^2 (X-Achse). Legende: Freistadt (blau), Pregarten (rot), Schwertberg (Violett) und St.Georgen (schwarz). 225
- Abbildung 352: Untersuchung einer möglichen Korrelation zwischen Mittelwasserabfluss und Gewässerbreite. Dargestellt ist auf der X-Achse die hydrodynamisch-numerisch modellierte Gewässerbreite (Median) der Untersuchungsgebiete sowie der Mittelwasserabfluss (Y-Achse). Desweiteren sind ein möglicher linearer bzw. exponentieller Zusammenhang eingetragen. 227
- Abbildung 353: Untersuchung einer möglichen Korrelation zwischen Sohlgefälle und Gewässerbreite. Dargestellt ist auf der X-Achse die hydrodynamisch-numerisch modellierte Gewässerbreite (Median) der Untersuchungsgebiete sowie das Sohlgefälle in jenen Bereichen (Y-Achse). 227
- Abbildung 354: Beispiel für die Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge – Gusen. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 229
- Abbildung 355: Beispiel der Starkregenermittlung mittels Niederschlagsdauerlinie für die Messstation Schlägl (HZBNR: 104604). 229
- Abbildung 356: Beispiel der Entwicklung der Anzahl an Starkregenereignissen – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 230
- Abbildung 357: Beispiel der Entwicklung der Starkregenereignisse – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 230
- Abbildung 358: Beispiel der Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Naarn. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 231
- Abbildung 359: Beispiel der Entwicklung der geschiebetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr – Feldaist (Freistadt). Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 232
- Abbildung 360: Beispiel einer Gegenüberstellung saisonaler Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse am Pegel 206037 (Sturmmühle, Naarn). Legende: mittlerer täglicher Abfluss der Zeitreihe 1961-1990 (blau); Zeitreihe 1990-2011 (rot); mittleres jährliches Niederwasser (MJNQT, strichliert); Mittelwasser (MQ, graue Linie). 232
- Abbildung 361: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge - Aist. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 233
- Abbildung 362: Entwicklung der Anzahl an Starkregenereignissen - Aist. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 234
- Abbildung 363: Entwicklung der Starkregenereignisse – Aist. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 234
- Abbildung 364: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Aist. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 235
- Abbildung 365: Entwicklung der geschiebetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr – Aist. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 236
- Abbildung 366: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 237
- Abbildung 367: Entwicklung der Anzahl an Starkregenereignissen – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 237
- Abbildung 368: Entwicklung der Starkregenereignisse – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 238
- Abbildung 369: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 238
- Abbildung 370: Entwicklung der geschiebetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün). 239

Abbildung 371: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge – Kleine Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	240
Abbildung 372: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Kleine Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	240
Abbildung 373: Entwicklung der geschiebetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr – Kleine Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	241
Abbildung 374: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge - Naarn. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	242
Abbildung 375: Entwicklung der Anzahl an Starkregenereignissen - Klambach. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	242
Abbildung 376: Entwicklung der Starkregenereignisse – Klambach. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	243
Abbildung 377: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Naarn. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	243
Abbildung 378: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Klambach. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	243
Abbildung 379: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge - Gusen. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	244
Abbildung 380: Entwicklung der Anzahl an Starkregenereignissen – Großer Haselbach. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	245
Abbildung 381: Entwicklung der Starkregenereignisse – Großer Haselbach. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	245
Abbildung 382: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Gusen. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	246
Abbildung 383: Entwicklung der geschiebetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr – Gusen. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	246
Abbildung 384: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge - Rodl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	247
Abbildung 385: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Rodl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	248
Abbildung 386: Entwicklung der geschiebetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr – Rodl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).	248
Abbildung 387: Schema des Modellaufbaus.	249
Abbildung 388: Messlotrechte 1 im Bereich A4	251
Abbildung 389: Schema der Profilaufnahme des Modells LPS 36	252
Abbildung 390: Sohlmorphologie der Sohle vor-als auch nach der Zugabe des Versandungsmaterials in den jeweiligen Bereichen in Abschnitten zu je 1 m. Die Farbskala stellt die absolute Sohlhöhe [mm] über Referenz dar.	252
Abbildung 391: Kumulative Verteilung der Z-Ordinate des jeweiligen Sohlbereichs der rauen Sohle, versandeten Sohle und des Endzustands (definiert in Tabelle 23).	254
Abbildung 392: Visualisierung der Versandung unter Sedimentzugabe (ds = 2 mm)	256
Abbildung 393: Fortsetzung Visualisierung der Versandung unter Sedimentzugabe (ds = 2 mm)	257
Abbildung 394: Mittleres Geschwindigkeitsprofil (Vm) mit entsprechender Verteilung der Turbulenzintensität (Tu) und des Variationskoeffizienten (VK), (Versuchsreihe VR-I).	258
Abbildung 395: Mittleres Geschwindigkeitsprofil (Vm) mit entsprechender Verteilung der Turbulenzintensität (Tu) und des Variationskoeffizienten (VK), (Versuchsreihe VR-II).	259
Abbildung 396: Anzahl der Tage mit Q größer MQ am Pegel Pfahlmühle; Zeitreihe 1976-2011	261
Abbildung 397: Veränderung der Transportlängen von Versandungsohlformen in Abhängigkeit der Sohlrauigkeit; (a) dm = 140 mm, (b) dm = 70 mm und (c) dm = 30 mm.	262
Abbildung 398: Haupteinzugsgebiete Feldaist, Waldaist und Aist	264
Abbildung 399: Detailsinzugsgebiete des Bearbeitungsgebietes	265

Abbildung 400: Detailgewässernetz Land OÖ und erhaltenes Gewässernetz BMLFUW.	268
Abbildung 401: Abbildung aus der ArcGIS Hilfe zum Thema Senken füllen.	269
Abbildung 402: Laserscandaten Detail-EZ 126	270
Abbildung 403: geschummerte Rasterdaten für Detail-EZ 126	270
Abbildung 404: Fließrichtung des Oberflächenabflusses für das Detail-EZ 126. Darstellung der Himmelsrichtungen des Oberflächenabflusses	270
Abbildung 405: unbearbeitete Wasserabläufermittlung für das Detail-EZ 126. Dargestellt sind die generierten Wasserläufe für kleiner und größer 50.000 Zellen.	270
Abbildung 406: Schematische Darstellung wie ein Damm auf eine Füllung der Senken wirkt.	271
Abbildung 407: Ausschnitt Jaunitzbach EZ 322. Darstellung der unbearbeiteten Wasserläufe und entstehende Wasseraufstauung.	272
Abbildung 408: Ausschnitt Jaunitzbach EZ 322. Darstellung der nachbearbeiteten Wasserläufe.	272
Abbildung 409: Gewässer für 1D Modellierung und Bereich Geländemodell der 2D Abflussuntersuchung	275
Abbildung 410: Rauheitsklassen aus überarbeiteter Landschaftserhebungskarte und Bereich der Rauigkeiten aus 2D Modell	278
Abbildung 411: Rauigkeiten aus 2D Abflussmodell – Bereich Kefermarkt	279
Abbildung 412: Sensitivitätsanalyse- Histogramm Range Sohl Schubspannungen	281
Abbildung 413: Sedimentproben	283
Abbildung 414: Vergleich ALS Befliegung mit Pegelständen	288
Abbildung 415: Auswirkung Sohlfehler bei $Q= 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ auf den WSP und auf die Schubspannungen für die Sohlbreiten 1,0 m, 2,0 m und 3,0 m	289
Abbildung 416: Auswirkung Sohlfehler bei $Q= 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ auf den WSP und auf die Schubspannungen für die Sohlbreiten 1,0 m, 2,0 m und 3,0 m	289
Abbildung 417: Verlauf WSP für die Sohlfehler von 0,5 m, 1,0 m und 1,5 m	290
Abbildung 418: Darstellung der Pegel mit MQ, berechneten MQ-Werte und gewählten Durchfluss ($Q_{>75\%$) für Risikobereichsdefinition	293
Abbildung 419: Darstellung der Risikobereiche für eine potentielle Versandungsgefahr	295
Abbildung 420: Erstellte Einzugsgebiete für die EZG Analysen	298
Abbildung 421: Klassifizierung Gefälle für das Einzugsgebiet Flanitzbach (EZ 1.14)	300
Abbildung 422: Einteilung Geologieklassen	302
Abbildung 423: Geologie 1:20.000 - oberflächlich z.T. vergrusste Flächen	303
Abbildung 424: Darstellung der Waldflächen (Nadel-, Laub- und Mischwald) und der holzreichen Flächen (gehölzreiche Strukturelemente, Streuobstanlagen und Aufforstungsflächen) für das Bearbeitungsgebiet	305
Abbildung 425: Einzugsgebietsanalyse Felldaist – Ranking Geologie laut Tabelle 43.	308
Abbildung 426: Einzugsgebietsanalyse Felddaist – Ranking Nadelwald laut Tabelle 43.	309
Abbildung 427: Einzugsgebietsanalyse Felddaist – Ranking Geologie laut Tabelle 44.	311
Abbildung 428: Einzugsgebietsanalyse Felddaist – Ranking Nadelwald laut Tabelle 44.	312
Abbildung 429: Einzugsgebietsanalyse Felddaist – Ranking Geologie laut Tabelle 45.	314
Abbildung 430: Einzugsgebietsanalyse Felddaist – Ranking Nadelwald laut Tabelle 45.	315
Abbildung 431: Flussperlmuschel-Populationen in Europa (grüne Kreise = Populationen mit > 20% juvenile Muscheln (< 20Jahre), weiße Kreise = Populationen mit keinem ausreichenden Anteil von Jungmuscheln, blaue Dreiecke = Populationen von <i>M. auricularia</i> , schwarze Linie = südliche Verbreitungsgrenze von <i>M. margaritifera</i>) (Quelle: GEIST, 2010).	318
Abbildung 432: Juvenile Flussperlmuschel aus dem Naarn Einzugsgebiet aus eigener Nachzucht (Alter: 2,5 Jahre).	318
Abbildung 433: Übersicht über die Muscheldaten aus diversen Literaturquellen und Projekten 1900 bis 2015.	321
Abbildung 434: Im Zuge der Kartierung getroffene Experteneinschätzung hinsichtlich der Habitateignung für die Flussperlmuschel im Aist-Einzugsgebiet.	323
Abbildung 435: Im Zuge der Kartierung getroffene Experteneinschätzung hinsichtlich der Habitateignung für die Flussperlmuschel im Gusen-Einzugsgebiet.	324
Abbildung 436: Populationsdichte von Flussperlmuscheln im Längsverlauf der Kleinen und Großen Mühl innerhalb der Schutzgebietsgrenzen (Referenzdaten sowie Nummerierung der Probestrecken nach HANNESSCHLÄGER 2001; Kartengrundlage: Land Oberösterreich; große Kreise: Referenz; kleine Kreise: aktuell) (Quelle: Csar & Gumpinger, 2009).	326
Abbildung 437: Bestandsänderung in den Referenzstrecken in Prozent (hellgraue Balken: Große Mühl; dunkelgraue Balken: Kleine Mühl)(Quelle: Csar & Gumpinger, 2009).	327
Abbildung 438: Detaillierter hinsichtlich der aktuellen Situation betrachtete Abschnitte.	330
Abbildung 439: Mobile Sandfronten drohen adulte Flussperlmuschel zu überdecken.	331
Abbildung 440: Feinsedimentablagerungen bedrohen neben den Adulttieren (siehe Bild) vor allem juvenile Flussperlmuscheln.	331
Abbildung 441: Vergleich der Sedimentzusammensetzung in den eingehender betrachteten Abschnitten.	332
Abbildung 442: Situation in der Erlau hinsichtlich feinen Sedimentfraktionen (oben) und der Flussperlmuschelnachweise seit dem Jahr 2000 (unten: rote Punkte...Suche aber keine Nachweise, grüne Punkte...Nachweise der Flussperlmuschel in Individuen pro Laufmeter Fließgewässer).	333
Abbildung 443: Situation in der Großen Mühl hinsichtlich feinen Sedimentfraktionen (oben) und der Flussperlmuschelnachweise seit dem Jahr 2000 (unten: rote Punkte...Suche aber keine Nachweise, grüne Punkte...Nachweise der Flussperlmuschel in Individuen pro Laufmeter Fließgewässer).	333
Abbildung 444: Situation in der Kleinen Mühl hinsichtlich feinen Sedimentfraktionen (oben) und der Flussperlmuschelnachweise seit dem Jahr 2000 (unten: rote Punkte...Suche aber keine Nachweise, grüne Punkte...Nachweise der Flussperlmuschel in Individuen pro Laufmeter Fließgewässer).	334

Abbildung 445: Situation in der Waldaist hinsichtlich feinen Sedimentfraktionen (oben) und der Flussperlmuschelnachweise seit dem Jahr 2000 (unten: rote Punkte...Suche aber keine Nachweise, grüne Punkte...Nachweise der Flussperlmuschel in Individuen pro Laufmeter Fließgewässer)(negative Werte X-Achse durch eine Probestelle unterhalb des Zusammenflusses mit der Feldaist).	334
Abbildung 446: (a) Kumulative Abweichung vom Mittelwert für die Entwicklung der Jahresmittel im Untersuchungsgebiet (Station Kollerschlag / EZG Kl. Mühl).	338
Abbildung 447: (a) Kumulative Abweichung vom Mittelwert für Starkniederschläge im Einzugsgebiet der Aist, (b) Kumulative Abweichung vom Mittelwert für die transportwirksamen Abflüsse im Einzugsgebiet der Aist.	338
Abbildung 448: Ausweisung von Flächen mit Grobkorngranit und -gneis im österreichischen Projektsgebiet.	340
Abbildung 449: Ursachen im Bereich Forstwirtschaft: (a) Fichtenforste mit fehlendem Unterwuchs, (b) Fichtenforste bis an den Gewässerrand und damit einhergehende übermäßige Ufererosion, (c und d) ausgerissene Erosionsgräben.	341
Abbildung 450: Entwicklung der Siedlungsstruktur in Einzugsgebiet der Aist im Zeitraum 1950 – 1990, (a) 1950, (b) 1970 und (c) 1990.	342
Abbildung 451: Frische Straßenanschnitte mit Erosionsneigung und guten Gewässerverbindungen durch Entwässerungssysteme im (a) Kettenbach Einzugsgebiet und (b) Waldaist-Tal.	343
Abbildung 452: (a) Landwirtschaftliche Flächen mit hoher Neigung (größtenteils Ackerflächen) im Einzugsgebiet der Naarn flussab Königswiesen, (b) begradigter Verlauf eines Zubringers.	344
Abbildung 453: (a), (b) Entwässerungsgräben im Einzugsgebiet der Kl. Mühl (Bereich Julbach) welche als punktuelle Quellen für die Erosion und Abtransport von Grobsand und Feinkies ausgewiesen wurden; (c) Sohle eines Entwässerungsgrabens im Einzugsgebiet der Kl. Mühl mit Verwitterungsprodukten des Festgesteins.	344
Abbildung 454: (a) Variabilität der Turbulenz über unterschiedlich rauen Sohlen, (b) Schubgeschwindigkeiten des Versandungsmaterials in Abhängigkeit unterschiedlicher Sohlrauheiten.	345
Abbildung 455: Anteile der Gewässerabschnitte die durch eine energiewirtschaftliche Nutzung überprägt sind.	347
Abbildung 456: Anteil an der Höhendifferenz der Gewässer / Kartierabschnitte, die über Querbauwerke abgebaut wird.	348
Abbildung 457: Ausprägung der Versandung bei (a) Strukturmangel und (b) bei naturnaher Substratzusammensetzung mit ausreichendem Grobkornanteil.	348
Abbildung 458: „Räumungsarbeiten“ nach dem Hochwasser 2002: Alle großen Blöcke wurden aus der Waldaist entfernt, auch in nur land- und forstwirtschaftlich genutzten Bereichen (Foto: Peter Anderwald).	349
Abbildung 459: Nach dem Hochwasser 2002 wurden die entstandenen Verwerfungen an der Aist zur Gänze wieder in einen Regulierungszustand rückgeführt (Foto: Peter Anderwald).	349
Abbildung 460: Zuordnung der Ursachen für die Versandung auf einer Zeitachse für den Zeitraum 1950 – 2015. Zuordnung erfolgt meist auf Grund der fachlichen Ergebnisse des Forschungsprojekts aber auch unter Miteinbeziehung von Informationen aus der lokalen Bevölkerung (Interviews).	350
Abbildung 461: Unterschiedliche Maßnahmen für eine Reduktion der Versandungsproblematik in den Fließgewässern der Böhmisches Masse.	352
Abbildung 462: Längenschnitt des Wasserspiegelgefälles der Kl. Mühl; bedeutende Querbauwerke sind in der Abbildung eingetragen.	355
Abbildung 463: Schematische Darstellung einer Vorlandabsenkung zur Förderung des eigendynamischen Geschiebeaustrags (Granitgrus) in die Fläche; NQ = Niederwasserabfluss; MQ = Mittelwasserabfluss.	356
Abbildung 464: Modellierung der zweidimensionalen-tiefengemittelten Fließgeschwindigkeiten im Bereich einer künstlichen Vorlandabsenkung an der Feldaist; (a) $Q = 1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; (b) $Q = 28.1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (HQ ₁) im Bereich Kefermarkt.	356
Abbildung 465: Hochwasserschutz Leopoldschlag an der Maltsch: (a) großflächig frisch abgelagerter Sand; (b) der Sand wird durch die Vegetation abgebremst und lagert sich ab.	358
Abbildung 466: Konzipierung und Umsetzung einer leitbildkonformen Restrukturierung an der Gr. Mühl (a) Details zur Einbringung der Granitblöcke (2-3 Tonnen), (b) Umsetzung der Maßnahme in Zusammenarbeit mit dem Gewässerbezirk Grieskirchen.	362
Abbildung 467: (a) Digitales Höhenmodell eines Detailbereichs der Gr. Mühl in dem 2 Granitblöcke (2-3 Tonnen) eingebracht wurden. Das Höhenmodell zeigt die eigendynamische Entwicklung nach einem Jahr; schwarze Pfeile zeigen die Fließrichtung; A = Akal ($d_m = 2 \text{ mm} - 2 \text{ cm}$), Mi = Mikrolithal ($d_m = 2 \text{ cm} - 6.3 \text{ cm}$), Me = Mesolithal ($d_m = 6.3 \text{ cm} - 20 \text{ cm}$), (b) subadulte Aalrutte gefangen im Nahbereich der Granitblöcke mittels Elektrofischung.	363
Abbildung 468: (a), (b) Totholz als Anpassungsmaßnahme um die eigendynamische Entwicklung lokaler Tiefstellen bzw. eine Substratheterogenisierung zu fördern.	364
Abbildung 469: Schematische Darstellung von Zubringern (a) in der Hochebene der Böhmisches Masse und (b) in den Durchbruchsstrecken.	366
Abbildung 470: Vergleich und theoretische Beschreibung unterschiedlicher Rahmenbedingungen für die Transportkapazität in einem regulierten und einem naturnahem Gerinne.	367
Abbildung 471: (a) Foto vom Juni-Hochwasser 2013 im Einzugsgebiet der Gr. Mühl, (b), (c), (d) Ablagerungen (Granitgrus) im und entlang eines rechtsufrigen Zubringers der Gr. Mühl.	368
Abbildung 472: (a), (b), (c) Kleinräumige strukturelle Maßnahmen für die Ausleitung von transportierten Feststoffen in angrenzende Flächen, (d) schematisches Funktionsprinzip einer kleinräumigen Sedimentausleitung.	371
Abbildung 473: Mechanische Bearbeitung versandeter (kolmatierter) Kieslaichplätze an der Gr. Mühl mit dem Ziel eine Lockerung des Kieses bzw. eine Reduktion der Feinanteile herbeizuführen, (c) und (d) adulte Äsche (<i>Thymallus thymallus</i>), männlich an einem durch mechanische Bearbeitung aufgelockerten Kieslaichplatz (Standort Berdmühle, Gr. Mühl); Fotos (a) und (b) Bernd Keplinger.	379

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifizierung Geologie.	12
Tabelle 2: Klassifizierung Versandungsneigung (IAG, Prof. Ottner).	12
Tabelle 3: Klassen Versandungsgrade.	15
Tabelle 4: Einteilung der Versandungsklassen je nach hydromorphologischem Flusstyp.	30
Tabelle 5: Unterteilung der Feinsedimentbelastung.	31
Tabelle 6: Untersuchte Sedimentproben aus dem Mühlviertel in Oberösterreich.	135
Tabelle 7: Zusammenfassung der Korngrößenverteilung der untersuchten Sedimentproben aus Oberösterreich (Angaben in Masse %).	137
Tabelle 8: Zusammenfassung der Geschiebefallenmessungen für den Zeitraum 2015.	146
Tabelle 9: Korngrößenklassen (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM, 2003: ÖNORM EN ISO 14688-1:2003 02 01; eigene Darstellung).	148
Tabelle 10: Minerogene Choriotoptypen in Fließgewässern (nach Moog et al. 1999).	178
Tabelle 11: Organische Choriotoptypen in Fließgewässern (nach Moog et al. 1999).	178
Tabelle 12: Probenentnahmedesign – Anzahl der Einzelproben bzw. Kompartimente pro Habitat und Probenstelle (Anzahl der ausgewerteten Proben gegebenenfalls in Klammern).	180
Tabelle 13: Einzugsgebietsgrößen in km ² (EZG), Seehöhen (SH) und die entsprechenden saprobiellen Grundzustände (SGZ) sowie Innere Differenzierung (Einzugsgebietsklassen) pro Untersuchungsstelle.	183
Tabelle 14: Umlegung des Saprobienindex in saprobielle Zustandsklassen in Abhängigkeit vom saprobiellen Grundzustand (SGZ).	184
Tabelle 15: Umlegung der MMI-Werte in eine ökologische Zustandsklasse gemäß Modul „Allgemeine Degradation“.	184
Tabelle 16: Korrelation zwischen ausgewählten Metrics und dem Parameter Versandung (linke Spalte) bzw. den Versandungsklassen; grau hinterlegte Zellen charakterisieren den jeweils höheren Wert pro Metric.	197
Tabelle 17: Indicator Species Analysis; MHS; Indikatortaxa für Referenzstellen auf dem Level <0,05 signifikant, Indikatortaxa für versandete Stellen nicht signifikant (n.s.).	198
Tabelle 18: Ökologische Zustandsklassen nach det. MZB-Methode (Ofenböck et al. 2010) inkl. Saprobienindex (SI) und Multimetriche Indices (MMI 1 und MMI 2); Freilandschätzung der prozentuellen Feinsedimentanteile im Rahmen der MHS-Methode; versandete Stellen nach Versandungsklasse sortiert; Ausprägungstyp: FK=Furt/Kolk, PB=Flachbett (Plane-Bed).	201
Tabelle 19: Indicator Species Analysis; Einzelproben; Indikatortaxa für Substrattypen auf dem Level <0,05 signifikant	205
Tabelle 20: Ergebnisse der Regimebreite bei MJHQ nach Simons & Albertson (1963) und Überprüfung mittels hydrodynamisch-numerischen Modells.	226
Tabelle 21: Teilergebnisse der hydrodynamisch-numerischen Modellierung zur Ermittlung der natürlichen Regimebreite.	227
Tabelle 22: Eingangsgrößen der beiden Versuchsreihen.	250
Tabelle 23: Definition der jeweiligen Zustände vor-, während und nach kontinuierlicher Zugabe des Versandungsmaterials.	251
Tabelle 24: Festgestellte Volumen des Sediments (l/m ²) in Abhängigkeit von der Rauigkeit (Bereich A, B und C) und Versuchsreihe, bzw. Korngröße (ds).	253
Tabelle 25: Schubgeschwindigkeit der Versandungsfront in Metern pro Stunde, bzw. pro Tag in Abhängigkeit von der Rauigkeit (Bereich A, B, C und glatte Sohle).	255
Tabelle 26: Auszug der Messtellen Schwertberg, Pfahnmühle und Kefermarkt aus dem hydrografischen Jahrbuch 2011.	260
Tabelle 27: Maximale Versandungsstrecken an den Pegeln Schwertberg, Pfahnmühle und Kefermarkt für Granitgrus 2mm/4mm.	261
Tabelle 28: Auflistung der Gewässer für 1D Abflussmodellierung	274
Tabelle 29: Rauigkeiten aus Modell der 2D Abflussuntersuchung an der Feldaist	276
Tabelle 30: Rauigkeiten Vorland aus überarbeiteter Landschaftserhebungskarte	277
Tabelle 31: k _{ST} für Gerinne	277
Tabelle 32: Sensitivitätsanalyse - Rauigkeitskombinationen	280
Tabelle 33: Sensitivitätsanalyse- Klasseneinteilung der maximalen Abweichungen der Sohlschubspannungen je Profil	281
Tabelle 34: Grenzsohlschubspannungen Feldaist	284
Tabelle 35: Grenzschubspannungen Waldaist	285
Tabelle 36: Grenzschubspannungen Aist	286
Tabelle 37: Grenzschubspannungen Weiße Aist	286
Tabelle 38: Rück- bzw. Hochrechnung von MQ-Werten aus gegebenen Pegeldata und Angabe der daraus abgeleiteten Q _{>75%} Werte	292
Tabelle 39: Auswertung Längen der Risikobereiche	294
Tabelle 40: Einzugsgebiete für EZG Analysen	297
Tabelle 41: Einteilung in Geologieklassen	301
Tabelle 42: Einteilung nach Versandungsneigung	301
Tabelle 43: Einzugsgebietsanalyse Feldaist	307
Tabelle 44: Einzugsgebietsanalyse Waldaist.	310
Tabelle 45: Einzugsgebietsanalyse Aist.	313
Tabelle 46: Klassifizierung der lithologischen Hauptgruppen in 5 Klassen hinsichtlich ihrer Versandungsneigung (Zersatz- / Erosionsanfälligkeit).	339

1. Einleitung

Das nördlich der Donau gelegene Mühlviertel bzw. auch weite Teile des Bayerischen Waldes zeigen auf Grund der geomorphologischen Rahmenbedingungen (Kristallin der Böhmisches Masse) einige flussmorphologische Besonderheiten bzw. spezielle Probleme im Vergleich zu alpinen Fließgewässern. Weite Strecken der Flüsse entsprechen dem sogenannten „Flachbettflusstyp“ ohne nennenswerte Strukturierung im Längsverlauf (z.B. Furt-Kolk Sequenzen) bzw. besitzen keine Kiesbankstrukturen entlang der Ufer. Der typische Aufbau der Deckschicht der Flusssohle erfolgt durch Kornverteilungen des Meso- (dm = 6 cm – 20 cm) aber auch des Makrolithals (dm = 20 cm – 40 cm) mit nur geringem Rundungsgrad der Sedimente. Die tlw. geringe bordvolle Abflusskapazität ermöglicht selbst bei außergewöhnlichen Hochwasserereignissen (z.B. HQ100) in vielen Bereichen kaum ein Aufreißen der Deckschicht durch zu geringe Sohlschubspannungen auf Grund von Austauschprozessen (Energieverlusten) mit dem überfluteten Vorland. Weiters ist geeigneter Laichkies (dm = 2 cm – 5 cm) limitiert und großteils in der Unterschicht nicht für die Reproduktion von Salmoniden (*Salmo trutta*, *Thymallus thymallus*) verfügbar.

2. Problemstellung

Spezifische Probleme in Zusammenhang mit dem Feststoffhaushalt entstehen in der Region Mühlviertel / Bayerischer Wald vor allem durch den zunehmenden Eintrag von „Granitgrus“ (Psammal und Akal-Fraktionen) aus den Zubringerbächen in die Fließgewässersysteme von z.B. Großer Mühl, Aist und Naarn. Durch Verringerung der notwendigen Abfuhrkapazität des Fließgewässers durch Anlandungen (reduzierte Transportkapazitäten durch geringes Gefälle) besteht in diesen Bereichen ein zusätzliches Gefährdungs- und Schadenspotenzial im Falle von Hochwasserereignissen. Vor allem in den Übergangsbereichen (vom Hochland hin zu den Überflutungsflächen der Donau) kommt es zu starken Verlandungstendenzen. Durch die infolge von Anlandungen bedingte Verringerung der Abfuhrkapazität / des Gerinnequerschnittes besteht an manchen Standorten eine unmittelbare Gefährdung des Hochwasserschutzziels, die dadurch notwendigen Materialräumungen in sehr kurzen Zeitabständen sind in einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung als nicht nachhaltig für das gesamte Untersuchungsgebiet anzusehen. In weiten Teilen des Mühlviertels muss abgelagertes Material (Sand- und Feinkiesfraktionen) geräumt werden, um den entsprechenden Abflussquerschnitt freizuhalten, womit sich auch aus diesem Aspekt die Notwendigkeit ableitet den Materialeintrag flussauf nachhaltig zu reduzieren bzw. Möglichkeiten zu diskutieren sind das Geschiebe gezielt zu entnehmen. Jedoch war zum bisherigen Zeitpunkt noch zu wenig Wissen über die Geschiebequellen und den Grund für die zunehmende Versandung der Fließgewässer in den letzten Jahren vorhanden und Grundlagenforschungen für ein zukünftiges Management wurden als notwendig erachtet. Vor allem in einer überregionalen und grenzüberschreitenden Betrachtung.

Aus ökologischer Sicht kommt es durch das Verschließen des Schotterlückenraums (Kolmation) zu einer kontinuierlichen und nachhaltigen Degradation der Gewässersohle (in jenen Bereichen die stabil bleiben bei außergewöhnlichen HW-Ereignissen) und der damit verbundenen Lebensraumeigenschaften (Abbildung 1). Beispielsweise konnte an der Aist in vergleichenden Untersuchungen festgehalten werden, dass in versandeten Bereichen (vollständig von Granitgrus bedeckt) eine Reduktion der Benthos-Biomasse von > 80% im Vergleich zu morphologischen Referenzstellen nachzuweisen war (Abbildung 2). Neben den ökologischen Problemstellungen gibt es auch schutzwasserwirtschaftliche Fragestellungen, die sich vor allem in den Übergangsbereichen vom Hochland zu den flachen Bereichen des Machlands bzw. Ottensheimer Beckens ergeben.

Auf Grund dieser schutzwasserwirtschaftlichen und gewässerökologischen Probleme wurde von Seiten des Landes Oberösterreich in Zusammenarbeit mit dem Lebensministerium, dem Wasserwirtschaftsamt Deggendorf und dem Bayerischen Landesamt für Umwelt mit finanzieller Unterstützung durch das Interreg-Programm „Bayern – Österreich“ die Studie „Feststoffmanagement im Mühlviertel und im Bayerischen Wald“ zur wissenschaftlichen Bearbeitung ausgeschrieben. Den Zuschlag erhielt bei dieser europaweiten Ausschreibung das Konsortium Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau (Projektleitung, BOKU Wien), das gewässerökologische Büro Blattfisch (TB Gumpinger) und das Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (BOKU Wien).



Abbildung 1: Versandeter Bereich an der Großen Mühle im Gewässerabschnitt zwischen Aigen i.M. und Ulrichsberg; deutlich ist der Verschluss des Lückenraums durch die Sandfraktionen zu erkennen bzw. der geringe Rundungsgrad des Deckschichtmaterials in der Mesolithal-Kornfraktion.



(a)

(b)

Abbildung 2: Vergleich zweier unterschiedlicher Probestellen zur Erhebung der MZB-Biomasse bzw. Abundanz an der Aist (a) morphologische Referenz, (b) versandeter Abschnitt (Fotos zur Verfügung gestellt von Dr. Graf).

3. Zielsetzung

Ziel des Forschungsprojektes „Feststoffmanagement im Mühlviertel und im Bayerischen Wald“ war es, in insgesamt 11 Arbeitspaketen diese überregionale Betrachtung hinsichtlich Geschiebemanagement durchzuführen. Neun der 11 Arbeitspakete besitzen einen Schwerpunkt in Bezug auf Grundlagenerhebungen und Prozessanalysen. Aus diesen umfangreichen Untersuchungen sollten in der Folge zielgerichtete Maßnahmen abgeleitet werden, welche ein nachhaltiges Management des Versandungsproblems der Fließgewässer im Mühlviertel und im Bayerischen Wald ermöglichen soll. Ziel war es vor allem die Thematik interdisziplinär zu bearbeiten um Synergieeffekte in der Grundlagenerhebung zu erreichen (z.B. Sedimentprobennahme und Makrozoobenthos-Untersuchungen) bzw. auch die Managementmaßnahmen interdisziplinär abzustimmen (z.B. Hochwasserschutz und

Ökologie). Dies wird beispielsweise auch explizit in der europäischen Hochwasserrichtlinie gefordert (keine Verschlechterung bei HW-Maßnahmen im Sinne der WRRL). Weiters war es das Ziel in einem Arbeitspaket der Öffentlichkeitsbeteiligung in 3 eintägigen Workshops und 3 zweitägigen Tagungen vom Projektteam gemeinsam mit den Auftraggebern und interessierten Fachleuten die gewonnenen Erkenntnisse vorzustellen bzw. gemeinsam zu diskutieren.

4. Methodik (Kurzfassung)

In Summe wurden 11 Arbeitspakete (AP) im Projekt bearbeitet, wobei in der Folge nur auf die wesentlichen inhaltlichen Aspekte der unterschiedlichen APs eingegangen wird.

4.1. Sichtung und Aufbereitung bestehender Daten

Im Vorfeld der Projektsauschreibung wurde die Problematik der Versandung bereits aus fachlicher Sicht thematisiert und eingehend diskutiert. Im Zuge der Bearbeitung wurden sämtliche vorhandene Grundlagen gesichtet (z.B. Hochwasserschutzprojekte, geologische Karten, Befischungsergebnisse, etc.), wobei vor allem die integrative Analyse und Bewertung bestehender Studien und Forschungsarbeiten in diesem Fachgebiet in der ersten Projektphase von besonderer Bedeutung war.

4.2. Identifikation und Kartierung der Erosions-, - Akkumulations- und Transportbereiche.

4.2.1. Definition des Erhebungsstandards

Die Definition des Erhebungsstandards wurde im Zeitraum Dezember 2013 – Juli 2014 umgesetzt. Als Datengrundlage für diesen Arbeitsschritt wurden die Höheninformationen der aktuellen Laserscan-Befliegung (Oberösterreichisches Landesgebiet) verwendet um a) die betroffenen Fließgewässernetze zu identifizieren und morphologisch zu beschreiben (z.B. Entwicklung des Längsgefälles und somit der Transportkapazität in Abhängigkeit der Fließgewässerslänge; Breitenentwicklung, etc.) und b) Ähnlichkeiten der zu untersuchenden Gewässer herauszuarbeiten (Beilage B). – Wissenschaftliche Hypothese zur Definition des Erhebungsstandards: "Fließgewässer mit ähnlicher Einzugsgebietsgröße, einer ähnlichen Landnutzung und einer ähnlichen Sedimenttransportkapazität müssen ähnliche Formen der Versandung zeigen". Diese Auswertungen bilden die Grundlage für die Ausweisung von Detailabschnitten mit ähnlicher hydro-morphologischer Charakteristik; - dies waren Basisinformationen für die Begehung und Kartierung von Detailabschnitten im Herbst 2014 / Winter 2015.

4.2.2. Begehung und Kartierung

Bei den durchgeführten Begehungen bzw. Kartierungen wurden die vorab in Detailabschnitte unterteilten Fließgewässer mit ähnlichen hydrologisch-morphologischen Charakteristiken untersucht. Es wurde im AP 2.2 versucht eine Validierung der Forschungshypothese 1 durchzuführen. Generell wurden alle Arbeiten im Felde auf GIS – basierten Karten durchgeführt, die in digitaler Form sowohl als Ergebnis bzw. als auch als Basisinformationen für weitere Bearbeitungsschritte im Projekt verwendet wurden. Zusätzlich wurden in diesem Arbeitspaket die Wehrkataster der Flüsse Aist und Naarn aktualisiert und verwendet bzw. wurde eine Art von Wehrkataster in ähnlicher Form für weitere zu untersuchenden Fließgewässer nachgeführt. Die Begründung bzw. Notwendigkeit für diese Erhebungen liegt in der Abschätzung der Volumina (Wasser / Sediment) in den Stauräumen, da vor allem die Rückstaubereiche von Kleinwasserkraftwerken als (temporäre) Verlandungs- (Versandungs)-bereiche gelten. Ihre Lage in den Untersuchungsgebieten bzw.

auch die möglichen theoretischen Sedimentationsvolumina waren und sind vor allem für die Erstellung eines Sedimentmanagementplans als Grundlage anzusehen.

4.2.3. Umlandnutzung erfassen und darstellen

Eine erste Bewertung der Umlandnutzung erfolgt im Zeitraum März 2014 – Dezember 2014 auf Basis von Luftbildern. Es wurden dabei die unterschiedlichen Landnutzungen hinsichtlich ihrer Lage und Exposition zum Fließgewässer evaluiert; - z.B. ufernahe Fichtenmonokultur in steilem Hanggelände vs. Grünlandnutzung in Tallagen. Die Ausweisungen und Unterteilungen in unterschiedliche Klassen von Gefährdungen des überhöhten Sandeintrags wurden ebenfalls im Zuge der Begehung (AP 2.2) überprüft. Während der Freilandarbeiten am Gewässer sollten mögliche 'hot spots' des Sedimenteintrages, z.B. neu errichtete Forststraßen in der Nähe des Fließgewässers im Detail dokumentiert bzw. bewertet werden. Alle Darstellungen der Kartierung und Auswertungen der Umlandnutzung erfolgten auf GIS-Basis bzw. sind als Ergebnis in Form von GIS-Karten (Projektion Gauß-Krüger) verfügbar.

4.3. Korngrößenanalysen

Abgeschlossene Studien im Einzugsgebiet der Böhmisches Masse (z.B. Hauer et al., 2011; Hauer et al., 2013) zeigten bereits, dass „vergrustes“ Sediment des Urgesteins, welches die Versandungsproblematik bedingt, eine ähnliche Kornzusammensetzung in unterschiedlichen Fließgewässersystemen zeigt (z.B. Große Mühl vs. Naarn). Aus diesem Grund wurde ein Schwerpunkt der umfangreichen und detaillierten Korngrößenanalysen (in enger Zusammenarbeit mit den ökologischen Projektpartnern) darauf gelegt, ob in den gewählten Detailabschnitten (Gruppierung gemäß hydro-morphologische Eigenschaften) auch in Bezug auf die Kornzusammensetzung eine Ähnlichkeit der Abschnitte (unabhängig vom Flusseinzugsgebiet) besteht. Mit dieser methodischen Vorgehensweise sollen wesentliche Erweiterungen zum Prozessverständnis der Versandungsproblematik ermöglicht werden bzw. könnte somit auch eine ev. Übertragbarkeit der Ergebnisse evaluiert werden. In Ergänzung dazu werden an potenziellen Kieslaichplätzen und Flussperlmuschellebensräumen weitere volumetrische Proben gewonnen bzw. Korngrößenanalysen durchgeführt, um den Versandungsgrad dieser sensiblen Lebensräume zu bestimmen.

Mit Bezug auf jene Korngrößen, welche die Problemstellung des Forschungsprojekts betreffen (Sandfraktionen), wurden ein Großteil der Proben (Deckschicht / Unterschicht) mittels Trockensiebungen analysiert und weiterführend statistisch bearbeitet. Feinmaterial < 0.125 µm wurde für mögliche weiterführende Analysen mittels Nasssiebung für die Dauer des Projektes (+ 6 Monate nach Abgabe des Endberichts) aufbewahrt. In Bereichen der Steilstufen wurden die Korngrößen mittels semiquantitativer Analyse bestimmt. Durch das tlw. grobblockige Material war hier eine volumetrische Entnahme nicht möglich. Es wurden hier mittels Schublehre jene Bereiche des Grobmaterials hinsichtlich Kornverteilung quantitativ bestimmt und der Feinanteil (auch Versandungsmaterial) hinsichtlich des volumetrischen Anteils abgeschätzt.

4.4. Mineralogische Analysen

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Angewandte Geologie der BOKU Wien (Prof. Ottner) wurden mineralogische Analysen ausgewählter Sedimentproben durchgeführt. Ziel war es in diesem Teilarbeitspaket zu überprüfen, ob besonders stark versandete Fließgewässerabschnitte, spezielle mineralogische Eigenschaften zeigen bzw. stark versandeten Bereiche bestimmten geologischen Einheiten in den Teileinzugsgebieten zugeordnet werden können (Grobkorn vs. Feinkorngranit). Weiters werden in Ergänzung zu den mineralogischen Analysen im Projekt, Untersuchungen hinsichtlich der Auswirkung von unterschiedlichen Versauerungsgraden auf die Textur magmatischer und metamorpher-magmatischer Gesteine in weiterführenden Untersuchungen durchgeführt. Somit soll einerseits eine Verbindung (GIS – Analyse) zu unterschiedlichen Formen der Vegetation in den Einzugsgebieten (z.B. Fichtenmonokultur) geschaffen bzw. andererseits auch Bereiche mit natürlicher (z.B. Moore in EZG) und anthropogen verursachter Versauerung (z.B. saurer Regen der 1980er Jahre) mitbewertet werden. Weiters sollten die Detailanalysen der Geologie unter Berücksichtigung bereits publizierter Studien auch Interpretationen der Langzeitentwicklungen (z.B. Beschreibung einer möglichen Tiefenverwitterung des Granit / Gneisstocks im Tertiär) ermöglichen.

4.5. Errichtung von 3 Feststofffallen bei Drainagen und Entwässerungsgräben

Für die Errichtung von drei Feststofffallen bei Drainagen bedurfte es in Anbetracht der zu bearbeitenden Fläche und Komplexität der Prozesse einer detaillierten Voruntersuchung. Ziel war es (a) quantitative Informationen über den Sedimenteintrag über den Projektzeitraum zu gewinnen, (b) Rückschlüsse auf naturräumliche Variabilitäten und die Feststoffproduktion durchführen zu können und (c) Ergebnisse zu erzielen, welche eine Übertragung der z.B. Gefährdungsgrade der Versandung auf alle weiteren zu untersuchenden Einzugsgebiete ermöglichen sollte.

Die großflächige Nutzung von Entwässerungsgräben und Drainagen zur Trockenlegung bzw. optimierten landwirtschaftlichen Nutzung erfolgte vor allem in Verebnungsflächen des Mühlviertler Hochlandes. Im Falle der Errichtung von Feststofffallen in Zubringerbächen wurden einzugsgebietsbezogen Unterschiede (Flächenanteil Waldflächen vs. Ackerland) berücksichtigt und bearbeitet. Da Erosion und Transport von Feststoffen stark von Niederschlägen und den damit verbundenen Abflüssen abhängt, war eine Niederschlagsmessstation in den zu bearbeitenden Teileinzugsgebieten eine Grundvoraussetzung für das geplante Forschungsprojekt. Auf Grund der Priorisierung des Aist Einzugsgebiets (z.B. durch den Aufbau eines Feststofftransportmodells) wurden Standorte für Feststofffallen an Zubringern der Aist konzipiert.

4.6. Lebensraumqualität der Sohle (Bearbeitung IHG / BOKU Wien)

Die Überlagerung der Fließgewässersohle mit Feinsedimenten allochthonen Ursprungs wird vor allem in Flachländern zunehmend als Stressor erkannt (Naden *et al.*, 2003). Versandungsphänomene führen zu Reduktionen der Abundanz und Biomasse von benthischen Organismen v.a. durch eine Homogenisierung der Habitatstrukturen sowie durch Kolmationseffekte im hyporheischen Interstitial wobei Sauerstoffmangel im Lückensystem der Bachsohle eine weitere Folge sein kann (z.B.; Ofenböck *et al.*, 2008). Dies betrifft v.a. auch Korngrößen < 2mm (Feinsand, Ton-/ Schlufffraktionen). Dies wurde auch im Projekt durch spezielle Auswertung der Feianteile berücksichtigt. Davon betroffen sind vor allem filtrierende Organismen, Arten der stabilen Hartsubstrate wie z.B. Weidegänger und Arten des Interstitials. Aufgrund der Langsamkeit der Prozesse werden die ökologischen Folgen erst spät erkannt. Oftmals werden heute sekundär versandete Bäche typologisch als „Sandbäche“ klassifiziert. Dies führt dazu, dass die Wasserrahmenrichtlinien-gemäße Bewertung (Abweichung von einer gewässertypspezifischen Referenzstelle) zu hinterfragen ist.

Die Arbeitsgruppe Benthosökologie an der Universität für Bodenkultur, Institut Hydrobiologie und Gewässermanagement bearbeitet seit dem Jahr 2005 die Auswirkung des Stressors „Versandung“ auf das MZB, wobei Freilandaufnahmen vor allem an der Waldaist durchgeführt wurden. Bisherige Forschungsarbeiten der AG Benthosökologie zu diesem Thema zeigten, dass die detaillierte MZB Methode zur Ermittlung des ökologischen Zustandes, trotz großer Abundanz- und Biomasseunterschiede zwischen versandeten und unversandeten Untersuchungsstellen, nur geringfügig auf den Stressor Versandung reagiert.

Dies ist mit ein Grund warum das biologische Qualitätselement Makrozoobenthos im Zuge des Forschungsprojektes mit unterschiedlichen Methoden befundet. Zum einen wird eine Wasserrahmenrichtlinien- konforme Untersuchung an den ausgewählten Fließgewässern durchgeführt, zum anderen wird ein Schwerpunkt auf die Erhebung der Habitatpräferenzen des MZB sowie der Biomasse gelegt. Zur Ermittlung der ökologischen Zustandsklasse (MZB) zu ermitteln, wird pro Fluss je eine Multi-Habitat – Probe (MHS) an einer Referenzstelle und einer versandeten Stelle entnommen. Die Bearbeitung aller Untersuchungsschritte erfolgt gemäß dem Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente, Teil A2 – Makrozoobenthos (Ofenböck *et al.* 2010). Ziel dieser Erhebung ist der Test inwiefern die nationale Methode zur Beurteilung der ökologischen Zustandsklasse geeignet ist, den Stressor „Versandung“ abzubilden.

Ein wesentlicher Schwerpunkt der Untersuchungen liegt im Rahmen des Projektes auf Habitatpräferenzen unterschiedlicher MZB-Elemente sowie auf einer Biomasseerhebung und -bilanzierung. Beide Fragestellungen werden mit der nationalen wasserrahmenrichtlinien-konformen Methode nicht im der nötigen Detaillierungsgrad erfasst. Daher werden zusätzlich pro vorhandenem (Mikro-)Habitat je vier quantitative Proben mittel Surber sampler (Typ Kastensampler) bzw. Äquivalente entnommen. Es wird von fünf unterschiedlichen Habitattypen an einer Referenzstelle und vier Habitattypen an einer versandeten Stelle ausgegangen. Um hydraulische Milieufaktoren des beprobten Habitattypes zu erfassen werden jeweils Wassertiefe und Strömungsgeschwindigkeit (v_{40} und bodennahe Fließgeschwindigkeit mittels Flow Mate) dokumentiert. Ziel dieser detaillierten Aufnahme ist eine Verschneidung hydromorphologischer und biologischer Parameter als Basis für Modellierungen im Rahmen von Managementvorschlägen. Die Untersuchungsstellen der MZB-Beprobung werden in Absprache mit den anderen Untersuchungsmodulen und oberösterreichischen Gewässerexperten ausgewählt.

4.7. Vorschläge für Grundsätze des Feststoffmanagements

Die Umsetzung des Feststoffmanagements der Mühlviertler und der Bayerischen Gewässer wurde hinsichtlich der Möglichkeiten eines zweistufigen Verfahrens untersucht:

- 1) In einem ersten Schritt soll die Sanierung der Gewässer durch aktive Maßnahmen und unter Miteinbeziehung von Querbauwerken erfolgen. An ausgewählten Standorten sollte zum Beispiel die Möglichkeit von aktiver Entnahme der für die Gewässerökologie problematischen Korngrößen untersucht werden. Wobei die Arbeitspakete 2 – 5 dafür die fachliche Grundlage liefern werden.
- 2) In einem zweiten Schritt wird eine längerfristige und nachhaltige Sanierung jener Teileinzugsgebiete angestrebt, welche auf Grund der geomorphologischen bzw. auch anthropogen bedingten Veränderung einen vergleichsmäßig hohen Versandungsgrad zeigen. Als Beispiel sei hier der Rückbau von begradigten Bachmündungen bzw. auch Möglichkeiten der Änderungen der Landnutzung zu nennen.

4.8. Auflistung und Charakterisierung von Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements

Grundlage für die Charakterisierung von möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen im Zuge des Feststoffprojektes Mühlviertel bildet der sogenannte Risikokreislauf (Habersack *et al.*, 2004), welcher sowohl präventive Formen des HW-Schutzes als auch aktive und passive Möglichkeiten beschreibt und bewertet. Die Problemstellung der Versandung der Mühlviertler Gewässer betrifft vor allem die hydraulische Komponente (Verringerungen des Gewässerquerschnitts) des Hochwasserwellenablaufs in Bereichen mit reduzierter Transportkapazität. Diese im Verhältnis verringerten Transportkapazitäten befinden sich vor allem in den Übergangsbereichen vom Mühlviertler Hochland zu den Beckenlandschaften entlang der Donau (z.B. Rodl / Eferdinger Becken). Aus diesem Grund wird ein Schwerpunkt der schutzwasserwirtschaftlichen Untersuchungen auf diese Flussabschnitte gelegt werden. Weiters wurden hydrologische Aspekte der Versandung wie beispielsweise die möglichen Veränderungen im Retentionsverhalten durch eine verringerte bordvolle Abflusskapazität analysiert und bewertet. Wobei eine integrative Bearbeitung (schutzwassertechnisch / ökologisch) als Ziel, auch im Sinne der Harmonisierung von Hochwasserschutz- und Wasserrahmen-Richtlinie, definiert wird.

In der Umsetzung dieses Arbeitspakets (AP 6) wurden Sensitivitätsanalysen mittels numerischer Modellierung durchgeführt. Mögliche Gefährdungsbereiche bzw. schutzwassertechnisch sensible Flussabschnitte (z.B. Gemeindegebiet Rottenegg / Gr. Rodl) wurden im Zuge der Flussbegehungen erhoben bzw. gemeinsam mit den Gewässerbezirken ausgewiesen und anschließend im Detail terrestrisch vermessen (Querprofilaufnahme als Grundlage für die Modellierung). Unter Berücksichtigung von bereits umgesetzten Hochwasserschutzprojekten (Rottenegg) und den darin definierten Schutzziele (z.B. HQ₁₀₀ Abfluss Große Rodl) wurden maßgebliche Hochwasserquerschnitte dahingehend in den hydrodynamisch-numerischen Modellen „künstlich“ verändert (Annahme verschiedene Grade der Verlandung), um gezielt Grenzwerte für ein dreistufiges Bewertungsverfahren zu definieren: (1) „keine Gefährdung“ – Räumung nicht notwendig, (2) „geringe Gefährdung“ – Räumung sollte geplant werden (deutliche Verlandung erkennbar; weitere Verlandungen würden den Ausbaugrad reduzieren) (3) „große Gefährdung“ – unverzügliche Räumung (Ausbaugrad bereits deutlich reduziert, mittlerer bis hoher Vegetationsbewuchs in den Anlandungsbereichen). Schwerpunkt der Untersuchungen wurde auf den Raum Schwertberg (Aist) gelegt werden.

4.9. Überprüfung der Übertragbarkeit der Aussagen zum Geschiebemanagements von der Aist auf sämtliche Projektgewässer

Aufbauend auf den umfangreichen Freilandarbeiten (Kartierungen; Korngrößenanalysen) und naturräumlichen Charakterisierungen (z.B. Auswertungen Laserscan; hydrologische Analysen) sollte es im Zuge der Bearbeitung ermöglicht werden, die Modellergebnisse aus dem Einzugsgebiet der Aist auf die übrigen Flusssysteme zu übertragen. Diese Übertragbarkeit bzw. die Annahme von ähnlicher Feststoffdynamik sollte dabei auf einem makroskaligen Bereich erfolgen bzw. wird nur für diese Betrachtungsebene aus wissenschaftlicher Sicht empfohlen. Makroskalige Größen bzw. Einheiten sind für das geplante Forschungsprojekt; (a) Zubringer in ihrer gesamten Längserstreckung (z.B. Zubringer mit tlw. großem Einzugsgebiet im abgeflachten Hügelland vs. steile kurze Zubringer in den tief eingeschnittenen Flusstälern), (b) Fließgewässerabschnitte zwischen markanten Änderungen des Sohlgefälles bzw. zwischen zwei Querbauwerken (meist Kleinwasserkraftwerke) bzw. (c) Fließgewässerabschnitte zwischen zwei Zubringerbächen. Um diesen Makroskaligen Ansatz zu überprüfen soll in 10% der Fließgewässer eine

Validierung mittels detaillierter Untersuchungen / hydrodynamisch-numerischen Modellierungen erfolgen (z.B. Berechnung der Sedimenttransportkapazitäten am Krennbach; Zubringer Gr. Mühl).

4.10. Physikalischer Modellversuch

Um ein detailliertes Prozessverständnis in Bezug auf die Versandung zu erlangen wurde ein physikalischer Modellversuch im Zuge der inhaltlichen Bearbeitung durchgeführt. Im Wasserbaulabor des IWHW (Glasrinne) wurden dabei unterschiedliche Versandungsgrade im Detail untersucht werden, um (a) mögliche infiltrierende Prozesse (Kolmation) zu dokumentieren, (b) die Geschwindigkeiten des Sedimenttransports (Sohlformen des Versandungsmaterials) zu bestimmen (beide Fragestellungen in Abhängigkeit des Sedimenteintrages in $\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-1}$). Es wurden dabei drei unterschiedliche Varianten des Sohlaufbaus untersucht. Grundlage bildet für diese Untersuchung der Flachbett-Flusstyp (Montgomery & Buffington, 1997), der in den untersuchten Flussgebieten dominiert.

4.11. Aufstellen eines Feststofftransportmodells für die Aist

Im Untersuchungsgebiet der Aist wurde ein, das gesamte Einzugsgebiet umfassendes, Feststofftransportmodell erstellt. Der Ansatz verfolgt ein modulares Prinzip, dem ein eindimensionales bzw. auch zweidimensionales hydrodynamisch-numerisches Modell (ZT Lohberger, Thürridl & Mayr) für alle Zubringer der Aist bzw. dem Fluss selbst zugrunde liegt. Erstellt wurde dieses komplexe Modellierungsnetz tlw. mittels HECGeo-RAS basierend auf den DGM-Informationen der aktuellen Laserscan-Daten des Landes Oberösterreich. Auf Grund der Kartierungen im Einzugsgebiet der Aist wurden die Modellrechnungen dahingehend validiert, um jene Bereiche der Akkumulation, Erosion und Transport korrekt abzubilden. Hinsichtlich der anzustrebenden Managementinhalte (2-stufiges Verfahren) galt es vor allem jene Fließgewässerabschnitte auszuweisen, welche (a) für eine aktive Entnahme des Geschiebes in Frage kommen bzw. auch jene Mündungsbereiche von Zubringern zu identifizieren, welche hohe Transportkapazitäten zeigen und Potenzial für einen Rückbau besitzen. Gemäß dem modularen Aufbau des Konzepts der Feststofftransportmodellierungen wurden hier Berechnungen mit hoher räumlicher Auflösung durchgeführt (z.B. Konzipierung von Aussandungsbereichen).

4.12. Auswirkungen der Versandung auf die Flussperlmuschel-Lebensräume

In den zu bearbeitenden Bächen des Granit- und Gneissmassives der Böhmisches Masse, stellt die Flussperlmuschel eine der ökologischen Schlüsselarten dar. Speziell hinsichtlich des Geschiebe- und Schwebstoffhaushaltes verfügt sie durch ihre Lebens- und Reproduktionsweise über eine hohe Indikatorfunktion (u.a. Geist, 2010; Geist & Auerswald, 2007). Besonderen Stellenwert haben naturgemäß die forst- und landwirtschaftliche Bewirtschaftung des Einzugsgebietes sowie die direkte Umlandnutzung entlang der Gewässer generell, die wesentlich die Lebensbedingungen und vor allem auch die Nahrungsgrundlage der Flussperlmuschel beeinflussen.

Der Aspekt der Anforderungen der Flussperlmuschel an ihren Lebensraum erweitert das Projekt neben dem Makrozoobenthos um eine weitere wesentliche biologische Komponente, die unmittelbar die Gewässersohle als Lebensraum nutzt und äußerst sensibel auf Beeinträchtigungen im Feststoffhaushalt reagiert. Aus diesem Grund ist die Analyse der Lebensraumqualität – basierend auch auf den geplanten Makrozoobenthosuntersuchungen und eventuellen REDOX-Potential-Messungen, eines der wichtigsten Arbeitspakete bei der Definition der ökologisch begründeten Anforderungen an die Gewässersohle. Die vorkommende MZB-Fauna lässt auch Rückschlüsse auf die Eignung als Muschellebensraum zu (Ofenböck, 1997). Aus den oben beschriebenen Gründen der sehr komplexen und gleichzeitig sehr fragilen Ökologie

der Flussperlmuschel ist die Art und Weise, wie das Feststoffmanagement in einem Gewässer betrieben wird, von eminenter Wichtigkeit für das Überleben dieser Art.

Da die Gewässer Mitteleuropas aktuell neben einem mehrfach bereits wissenschaftlich nachgewiesenen, erhöhten Feinsedimentanteil in der Sohle und teils unnatürlich hohen Schwebstofffrachten auch mit zahlreichen anderen anthropogen begründeten, den Feststoffhaushalt verändernden Aspekten, etwa Rückstauräumen von Querbauwerken, Problemen konfrontiert sind, gibt es für die Frage des Feststoffmanagements auch aus dem Bereich der Gewässerökologie bereits Lösungsvorschläge. Allerdings handelt es sich generell noch um ein recht junges Problemfeld, in dem noch viel Forschungsbedarf besteht. Deshalb soll dieses Projekt dazu genutzt werden bestehende Konzepte auf konkrete Situationen auch im Sinne des Flussperlmuschelschutzes umzulegen und weiterzuentwickeln sowie auch neue Lösungswege anzudenken.

Zusammenfassend definierte das Technische Büro für Gewässerökologie (Umsetzung des APs 11) seine Aufgabe darin sich in die unterschiedlichen Arbeitspakete von der Methodenentwicklung für die Freilandarbeiten über die Konzeptionierung von Maßnahmen bis hin zur Bewertung konkreter Umsetzungsstrategien mit dem bestehenden Wissen zur Flussperlmuschel einzubringen.

5. Umlandnutzung

Die Bearbeitung des AP_02 erfolgte großteils auf GIS-Basis wobei neben bestehenden Datensätzen (Geologie / Landnutzung) auch die im Projekt erhobenen Informationen mitbewertet wurden. Die Karten bilden die Grundlage sowohl die Grundlage für die Untersuchung von Wirkungszusammenhängen als auch die Basis für ein zukünftiges Feststoffmanagement der Fließgewässer im Mühlviertel und im Bayerischen Wald.

5.1. Methodik GIS-basierte Auswertungen

Alle GIS-basierten Auswertungen wurden mit dem Programm ArcGIS® (ArcMap 10.2 und ArcCatalog 10.2) durchgeführt. Im Detail erfolgten folgende Analysen:

- Bestandsaufnahme und Digitalisierung der Wasserkraftwerke
- Digitalisierung der Probenahmestellen (Korngrößenanalyse)
- Geologische Klassifizierung
- Klassifizierung der Versandungsneigung
- Digitalisierung des Versandungsgrades der Fließgewässer
- Digitalisierung und Analyse der Siedlungsentwicklung

Grundlagenkarten und Luftbilder:

Folgendes Karten- bzw. Bildmaterial stand für die GIS-basierte Analyse zur Verfügung:

- Geologische Karte mit lithologischen Hauptgruppen 1:20.000 (Land Oberösterreich)
- Luftbilder (Orthofotos und historische, nicht referenzierte Aufnahmen) aus den Jahren 1970, 1975, 1975-79, 1992, 1993, 1994, 2001, 2002, 2006, 2007, 2010/11 vom Einzugsgebiet Aist (Land Oberösterreich)
- Geodatendienst Geoimage Austria: Orthofoto WMS Dienst (GEOIMAGE AUSTRIA, 2015)
- Karten des Hydrologischen Atlas Österreichs (HAÖ, 2007)

Koordinatensystem und Erstellung der Shape-Files:

Allen Shape-Files liegt das österreichische Bundesmeldenetz (BMN) zugrunde, welches auf dem MGI-Referenzsystem (Ellipsoid Bessel) beruht. Das gesamte Gebiet des Bundeslandes Oberösterreich wird in Bezug auf den Meridian M31 abgebildet. Um eine, über das Projektgebiet einheitliche Datenbasis zu schaffen, wurden die Koordinaten der bayerischen Wasserkraftwerke mittels TRANSDAT Coordinate Transformations vom verwendeten geodätischen Referenzsystem WGS 84 (World Geodetic System 1984) in das Koordinatensystem MGI M31 transformiert.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden neue Shape-Files (inkl. Metadaten) erstellt sowie zu Darstellungszwecken auf bestehende Shape-Files zurückgegriffen.

Folgende Shape-Files wurden neu erstellt:

- **Projektgebiet** (Polygon Shape-File)
- **Gewässerachsen der Fließgewässer** Große Naarn, Kleine Naarn, Aist, Waldaist, Feldaist, Große Gusen, Kleine Gusen, Große Rodl, Kleine Rodl, Große Mühl, Kleine Mühl, Osterbach; auf Basis des Digitalen Geländemodells (Linien Shape-Files)

- **Routen und Routenverschnitt** entlang der Gewässer (Linien Shape-Files)
- **Einzugsgebiete** (detailliert); auf Basis des Digitalen Geländemodells (Polygon Shape-Files)
- **Probenahmestellen**; auf Basis der Kartierungen (Punkt Shape-Files)
- **Wasserkraftwerke**; auf Basis des digitalen Wasserbuchs im DORIS (Punkt Shape-Files)
- **Querbauwerke**; auf Basis der Kartierungen (Punkt Shape-Files)
- **Einleitungen**; auf Basis der Kartierungen (Punkt Shape-Files)
- **Zuflüsse**; auf Basis der Kartierungen (Punkt Shape-Files)
- **Versandungsgrade der Fließgewässer**; auf Basis der Kartierungen (Linien Shape-Files)
 - beinhaltet Akkumulation – Erosion - Transportstrecken
- **Geologische Klassen**; auf Basis der geologischen Grundlagenkarte (Polygon Shape-Files)
- **Versandungsklassen der Gesteine**; auf Basis der geologischen Grundlagenkarte (Polygon Shape-Files)
- **Siedlungsentwicklung** an der Aist in 3 Zeitschritten; auf Basis der Luftbilder (Polygon Shape-Files)

Folgende bestehende Shape-Files wurden verwendet:

- Bundesland- und Landesgrenzen (HAÖ, 2007)
- Gewässerachse der Erlau (HAÖ, 2007)
- Einzugsgebiete (HAÖ, 2007)
- Landnutzung – Corine Landcover 2000 (HAÖ, 2007; Stand der Daten: März 2003)
- Bodenabtrag (HAÖ, 2007; Stand der Daten: März 2007)
- Lithologische Hauptgruppen (Land Oberösterreich)

Bestandsaufnahme und Digitalisierung der Wasserkraftwerke:

Die Wasserkraftwerke im österreichischen Projektgebiet wurden auf Basis des Digitalen Oberösterreichischen Raum-Information-Systems – DORIS (<https://doris.ooe.gv.at/>) an folgenden Tagen erhoben und digitalisiert:

- Einzugsgebiet Naarn: 7.8.2014
- Einzugsgebiet Aist: 6.8.2014
- Einzugsgebiet Gusen: 8.8.2014
- Einzugsgebiet Rodl: 7.8.2014
- Einzugsgebiet Große Mühl: 8.8.2014
- Einzugsgebiet Kleine Mühl: 6.8.2014

Die Wasserkraftwerke an den Gewässern Osterbach und Erlau im bayerischen Projektgebiet wurden auf Basis des Energie-Atlas Bayern (<http://www.energieatlas.bayern.de/>) erhoben und digitalisiert.

Digitalisierung der Probenahmestellen:

Die Digitalisierung der Probenahmestellen (Korngrößenanalyse) erfolgte einzugsgebietsbezogen basierend auf den Feldbegehungen. Nähere Informationen zu den Probenahmestellen finden sich in Kapitel 5.2.1.

GIS-basierte geologische Analysen:

Basierend auf der geologischen Karte (1:20.000) vom Land Oberösterreich wurden zunächst alle Gesteine der lithologischen Hauptgruppe (insg. 53 Gesteine) den 6 geologischen Klassen *Feinkorngranit (1)*, *Grobkorngranit und -gneis (2)*, *Sonstige Magmatite (3)*, *Metamorphite (4)*, *Sedimente (5)* und der Klasse *kA (6)* zugeordnet (Tabelle 1). Ebenso wurden die Gesteine in Abhängigkeit der Versandungsneigung in *gering (1)*, *hoch (2)* und *sehr hoch (3)* klassifiziert (Tabelle 2). Details zu dieser Klassenzuteilung finden sich im Kapitel „Feststofftransportmodell Aist“. Methodisch erfolgte dieser Schritt über die Toolbox „Data Management Tools“, das Toolset „Generalisieren“ und das Feature „Zusammenführen“ (Dissolve).

Tabelle 1: Klassifizierung Geologie.

Klasse	Klasse Name	Unterklasse	Lithologische Hauptgruppe (laut Geologie 1:20.000)
1	Feinkorngranit		Feinkorngranit, Granit, Gangquarz, Granitoid
2	Grobkorngranit und -gneis		Granit-Grobkorngneis, Grobkorngneis, Grobkorngranit=Weinsbergergranit, Grobkorngneis-Perlgneis, Gneisgranit, Granit, Granitgänge
3	Sonstige Magmatite	sonstige Plutonite	Granodiorit, Diorit, Zweiglimmergranit, Quarzdiorit-Diorit, Titanfleckendiorit
		Vulkanite	Porphyrit, Nadel-Porphyrit
		Ganggesteine	Aplit, Kersantit, Pegmatit
		Kristallingrus	Kristallingrus
4	Metamorphite		Kinzigit, Migmatit, Mylonit, Perlgneis, Perlgneis-Schiefergneis, Schiefergneis, Amphibolit, Bänder-Hartschiefer, Gneis, Granat-Cordierit-Sillimanitgneis, Granit-Schiefergneis, Marmor, Mylonit-Diaphtorit, Mylonit-Phyllonit, Perlgneis/Migmatit-Schiefergneis, Talkschiefer, Schiefergneis-Intrusivbrekzie
5	Sedimente		Lehm, Schluff, Ton, Tonmergel, (Löß)lehm, Quarz-Kiessand, Kiessand, Quarzsand, Sand, Schutt
6	kA		kA

Tabelle 2: Klassifizierung Versandungsneigung (IAG, Prof. Ottner).

Klasse	Versandungsneigung	Lithologische Hauptgruppe (laut Geologie 1:20.000)
1	gering	Feinkorngranit, Granit, Gangquarz, Granitoid, Granodiorit, Diorit, Zweiglimmergranit, Quarzdiorit-Diorit, Titanfleckendiorit, Porphyrit, Nadel-Porphyrit, Aplit, Kersantit, Kinzigit, Migmatit, Mylonit, Perlgneis, Perlgneis-Schiefergneis, Schiefergneis, Amphibolit, Bänder-Hartschiefer, Gneis, Granat-Cordierit-Sillimanitgneis, Granit-Schiefergneis, Marmor, Mylonit-Diaphtorit, Mylonit-Phyllonit, Perlgneis/Migmatit-Schiefergneis, Talkschiefer, Schiefergneis-Intrusivbrekzie, Lehm, Schluff, Ton, Tonmergel, (Löß)lehm
2	hoch	Granit-Grobkorngneis, Grobkorngneis, Grobkorngranit=Weinsbergergranit, Grobkorngneis-Perlgneis, Gneisgranit, Granit, Granitgänge, Pegmatit, Quarz-Kiessand, Kiessand, Quarzsand, Sand, Schutt
3	sehr hoch	Kristallingrus
4	kA	kA

Um eine einzugsgebietsbezogene Analyse zu ermöglichen, wurde das Projektgebiet in 8 Einzugsgebiete (Naarn, Aist, Gusen, Rodl, Große Mühl, Kleine Mühl, Osterbach, Erlau) aufgliedert. Im nächsten Schritt wurden mit Hilfe der Toolbox „Analysis Tools“ (Toolset: Overlay, Feature: Intersect) die Einzugsgebiete mit den geologischen Grundlagenkarten (geologische Klassen, Klassen der Versandungsneigung) verschnitten. Zur Ermittlung geologischer Attribute entlang der Gewässer, wurden in weiterer Folge Routen entlang der Fließgewässer erstellt (Abbildung 3). Darauf aufbauend konnten im nächsten Schritt Features (geologische Klassen und Versandungsneigung) entlang der Routen lokalisiert (Abbildung 4a) und mit Hilfe eines Routenereignis-Layers (Abbildung 4b) dargestellt werden. Im letzten Schritt wurden die erstellten Routenereignis-Layer in Form von XLS-Tabellen exportiert. Einen Überblick über alle Arbeitsschritte der geologischen Analyse verschafft Abbildung 5.

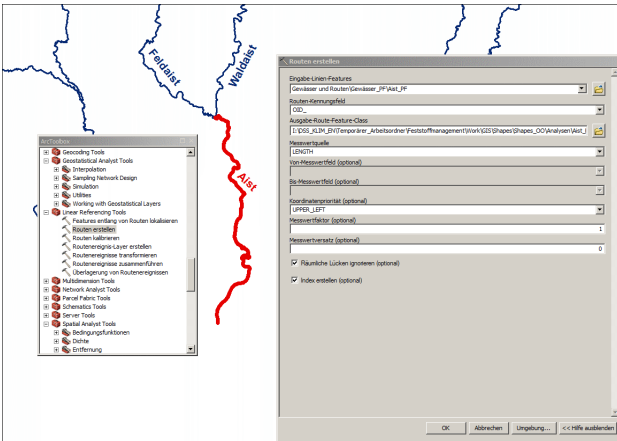


Abbildung 3: Erstellung von Routen entlang der Fließgewässer mit der Toolbox „Lineare Referenzierung“ (ArcMap).

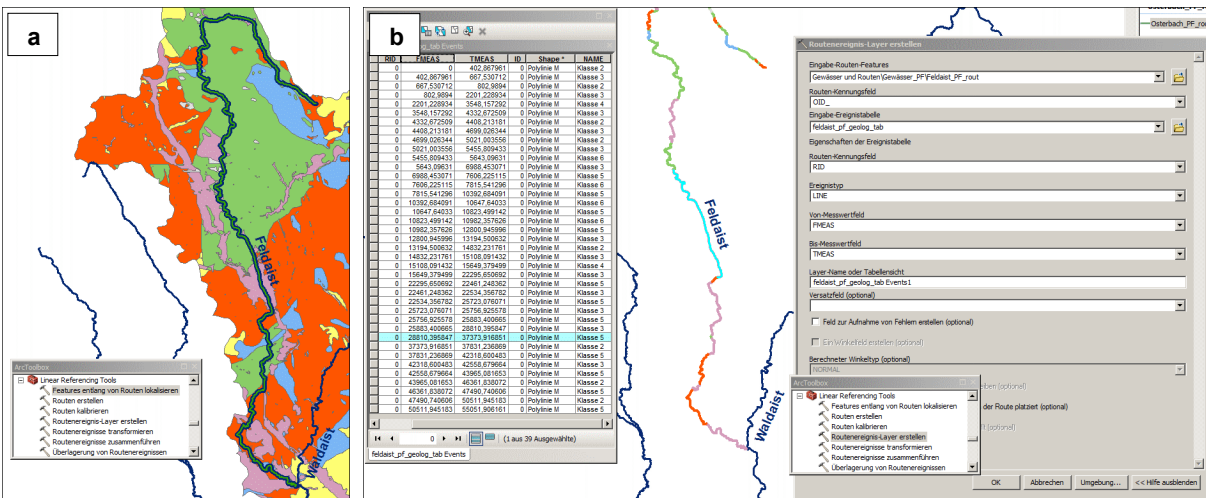


Abbildung 4: a: Lokalisierung von Features (geologische Klassen) entlang der Routen mit der Toolbox „Lineare Referenzierung“ b: Erstellen von Routenereignis-Layern mit der Toolbox „Lineare Referenzierung“ (ArcMap).

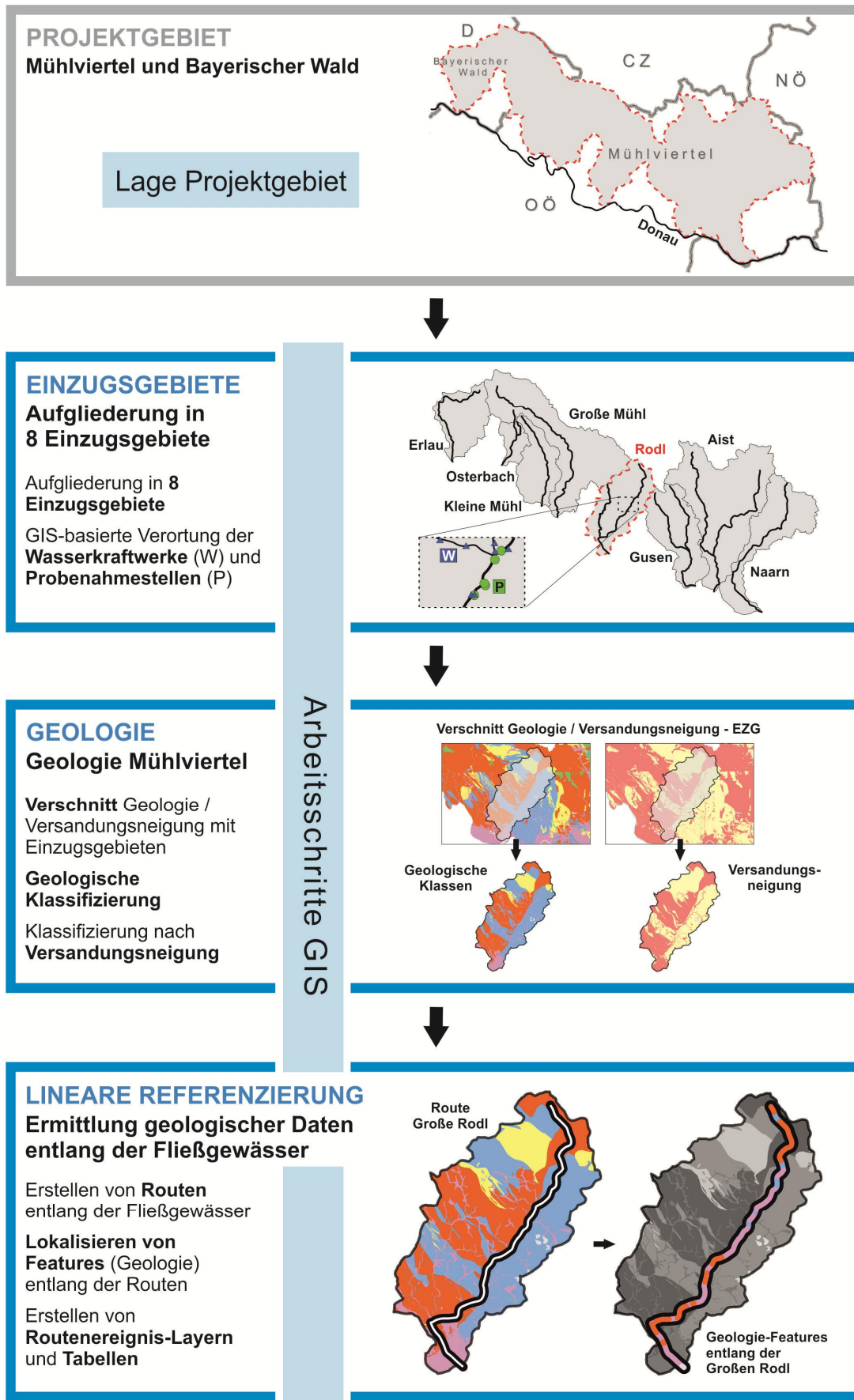


Abbildung 5: Überblick Methodik – GIS-basierte geologische Analysen.

Digitalisierung der Versandungsgrade der Fließgewässer:

Die Digitalisierung der Versandungsgrade der Fließgewässer auf Basis der Kartierungen erfolgte entlang der Gewässerachsen jeweils auf Einzugsgebietsebene. Als Grundlage wurden die Versandungsklassen gemäß Tabelle 3 festgelegt.

Tabelle 3: Klassen Versandungsgrade.

Klasse	Versandungsgrad
0	
1	
2	
3	
3+	

Digitalisierung und Analyse der Siedlungsentwicklung:

Zur Veranschaulichung der Entwicklung der Siedlungsflächen im Projektgebiet, wurden am Beispiel der Aist alle Siedlungsflächen im Einzugsgebiet im Maßstab von 1:10.000 digitalisiert (Abbildung 6). Die Digitalisierung erfolgte auf Basis von 3 Zeitschritten (ca. im Abstand von 20 Jahren):

- Zeitschritt 1: 1975
- Zeitschritt 2: 1992/93/94
- Zeitschritt 3: 2010/11

Als Grundlage für die Auswertung dienten Orthofotos des Einzugsgebietes, welche vom Land Oberösterreich zur Verfügung gestellt wurden.

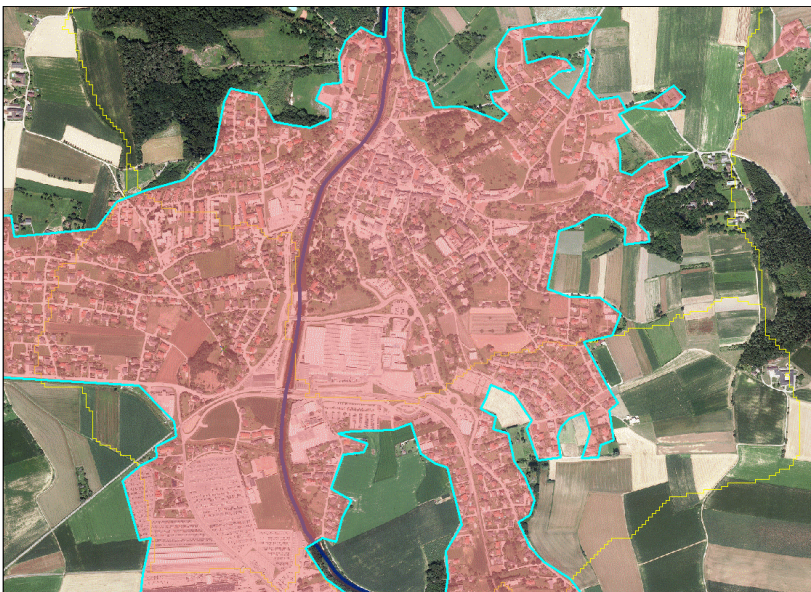


Abbildung 6: Erstellen von Polygon-Features der Siedlungsflächen im Einzugsgebiet der Aist (ArcMap).

5.2. Ergebnisse GIS-basierte Auswertungen

5.2.1. Übersicht Projektgebiet

Das Projektgebiet umfasst das Mühlviertel nördlich der Donau und den Bayerischen Wald westlich der österreichisch-deutschen Landesgrenze in Niederbayern. Im Norden grenzt das Projektgebiet an Südböhmen (Tschechien) und im Osten und Südosten an Niederösterreich. Folgende Einzugsgebiete liegen im Projektgebiet:

- Einzugsgebiet Naarn: 343 km²; Fließgewässer Große Naarn, Kleine Naarn, Klammleitenbach
- Einzugsgebiet Aist: 645 km²; Fließgewässer Aist, Waldaist und Feldaist
- Einzugsgebiet Gusen: 294 km²; Fließgewässer Große Gusen und Kleine Gusen
- Einzugsgebiet Rodl: 268 km²; Fließgewässer Große Rodl und Kleine Rodl
- Einzugsgebiet Große Mühl: 559 km²; Fließgewässer Große Mühl
- Einzugsgebiet Kleine Mühl: 202 km²; Fließgewässer Kleine Mühl
- Einzugsgebiet Osterbach (D): 81 km²; Fließgewässer Osterbach, Pfeilbach
- Einzugsgebiet Erlau (D): 218 km²; Fließgewässer Erlau

Einen Überblick über die Lage der Einzugsgebiete, Fließgewässer, Probenahmestellen (Korngrößenanalyse) und Wasserkraftwerke im Projektgebiet verschafft Abbildung 7.

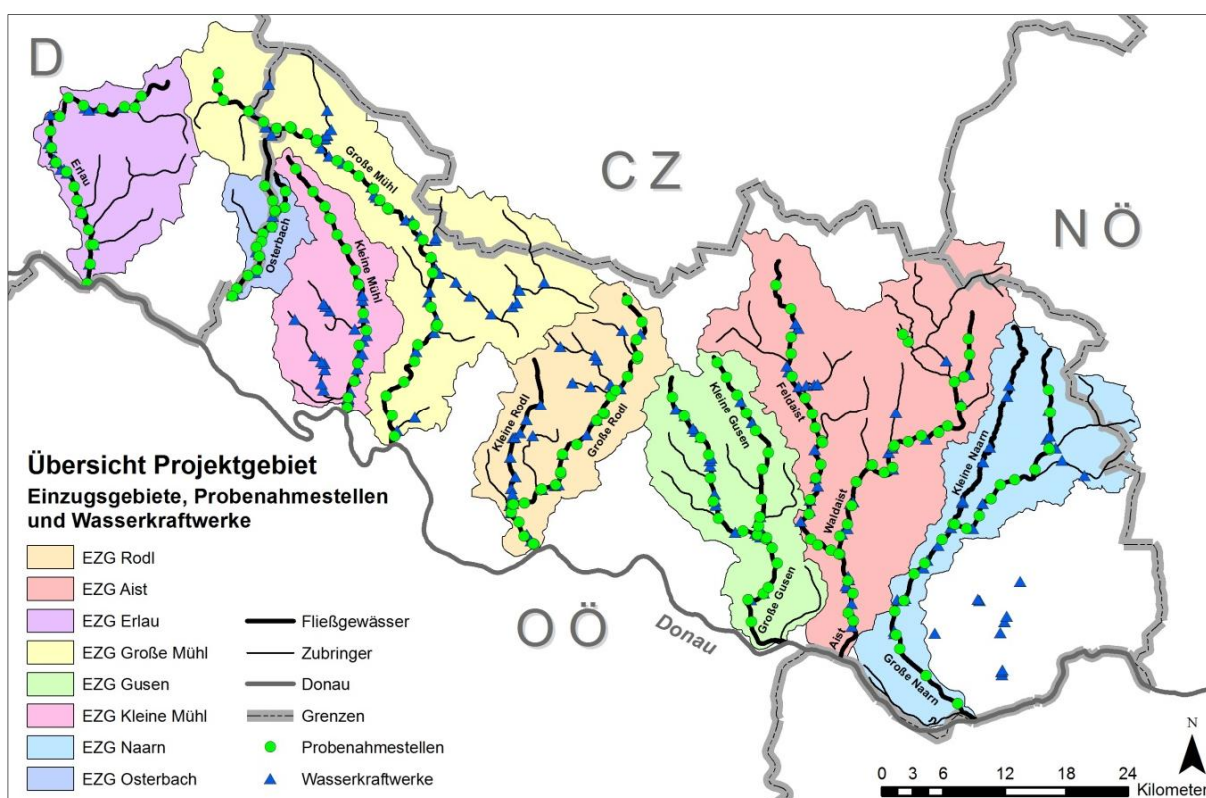


Abbildung 7: Einzugsgebiete, Probenahmestellen (AP03_Korngrößenanalysen) und Wasserkraftwerke im Projektgebiet. Datenbasis: DORIS (2014), HAÖ (2007).

Die Landnutzung im Mühlviertel nördlich der Donau kennzeichnet sich durch eine enge Verzahnung von landwirtschaftlichen Flächen und Flächen zur forstwirtschaftlichen Nutzung (Land Oberösterreich, 2007). Wie in Abbildung 8 ersichtlich, sind die anteilmäßig überwiegenden Kategorien Grünland, Ackerland, Laub- und Mischwälder sowie Nadelwälder. Die charakteristischen Kuppen- und Tallandschaften im Projektgebiet

spiegeln sich auch in den unterschiedlichen Landnutzungen wider. Häufig werden Kuppen zum Ackerbau genutzt, steile Abhänge von Dauergrünland eingenommen und Täler und Schluchten als Wälder genutzt. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass der Waldanteil nach Norden und Osten und der Anteil der Ackerflächen nach Süden hin zunimmt. Dies kann auf das stufige Ansteigen des Kuppenlandes und die daraus resultierenden klimatischen Veränderungen zurückgeführt werden. Im Projektgebiet finden sich zahlreiche kleinere und mittlere Orte, im Allgemeinen ist die Besiedelung verhältnismäßig gleichmäßig (Land Oberösterreich, 2007).

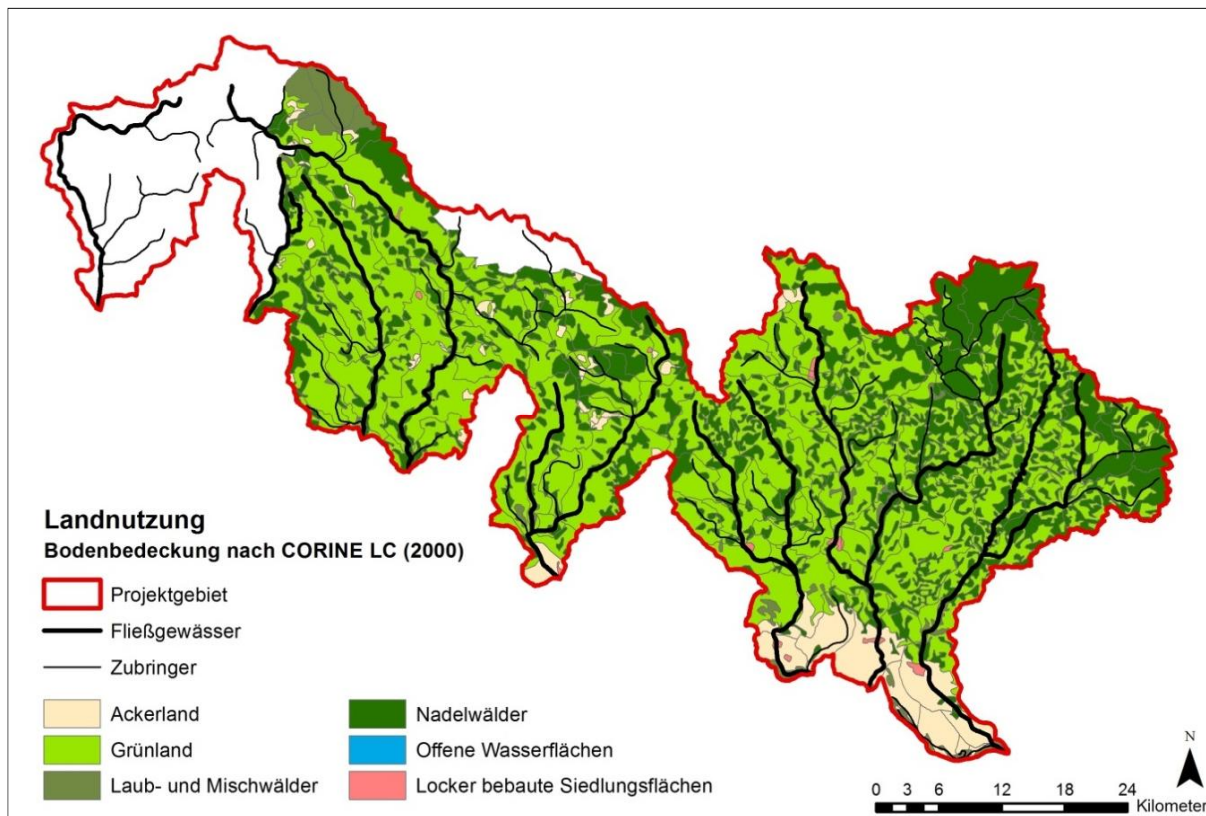


Abbildung 8: Landnutzung im Projektgebiet – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000). Datenbasis: HAÖ (2007).

Bei Betrachtung des flächenhaften Bodenabtrags durch Wasser (mittlerer langjähriger flächenhafte Bodenabtrag durch Wasser landwirtschaftlicher Flächen; geschätzt mit allgemeiner Bodenabtragsgleichung; HAÖ, 2007) zeigt sich, dass der Bodenabtrag im österreichischen Teil des Projektgebietes tendenziell in den Beckenlandschaften entlang der Donau zunimmt (Abbildung 9). Während Flächen mit hohem Waldanteil im Norden und Nordosten generell einen geringen Bodenabtrag ermöglichen, finden sich deutlich höhere Bodenabtragsraten auf Ackerland und Grünland. Hohe Bodenabtragsraten gibt es beispielsweise in den jeweiligen Mündungsbereich der Fließgewässer Große Naarn, Aist, Große Gusen und Große Rodl in die Donau.

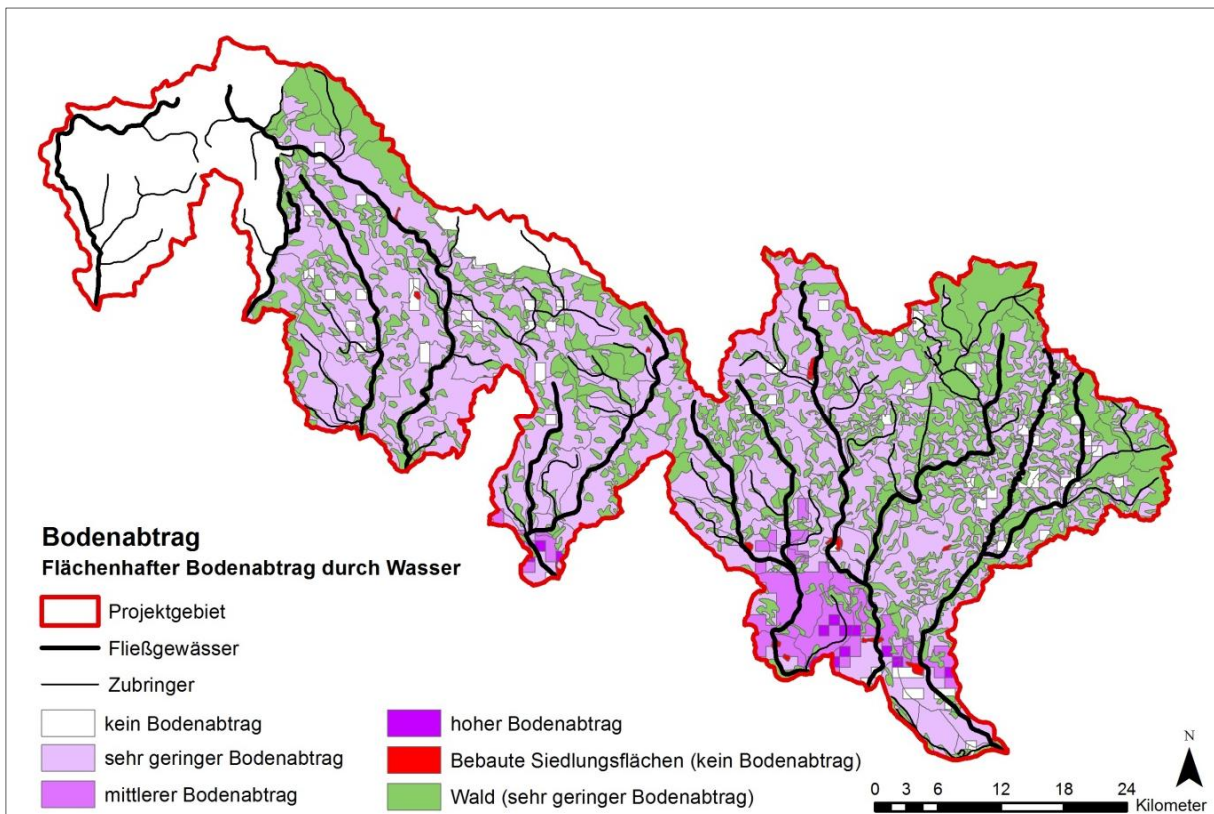


Abbildung 9: Bodenabtrag im Projektgebiet – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser. Datenbasis: HAÖ (2007).

Die Geologie im österreichischen Teil des Projektgebietes ist geprägt von der Großlandschaft Granit- und Gneishochland. Zu den häufig vorkommenden Gesteinen zählen der Weinsberger Granit (ein grobkörniger Granit, der den Landschaftscharakter der Kuppen und Senken bedeutend prägt), der Mauthausener Granit (ein fein- bis mittelkörniger Granit; Varianten davon sind Granodiorit und Zweiglimmergranit), der Schiefergneis (zerfällt bei Verwitterung in Plättchen und resultiert in sanften Landschaftsformen) und die Gesteine Diorit und Mylonit, welche sich entlang von Störungszonen finden (Land Oberösterreich, 2007). Einen Überblick über alle lithologischen Hauptgruppen im österreichischen Teil des Projektgebietes gibt Abbildung 10.

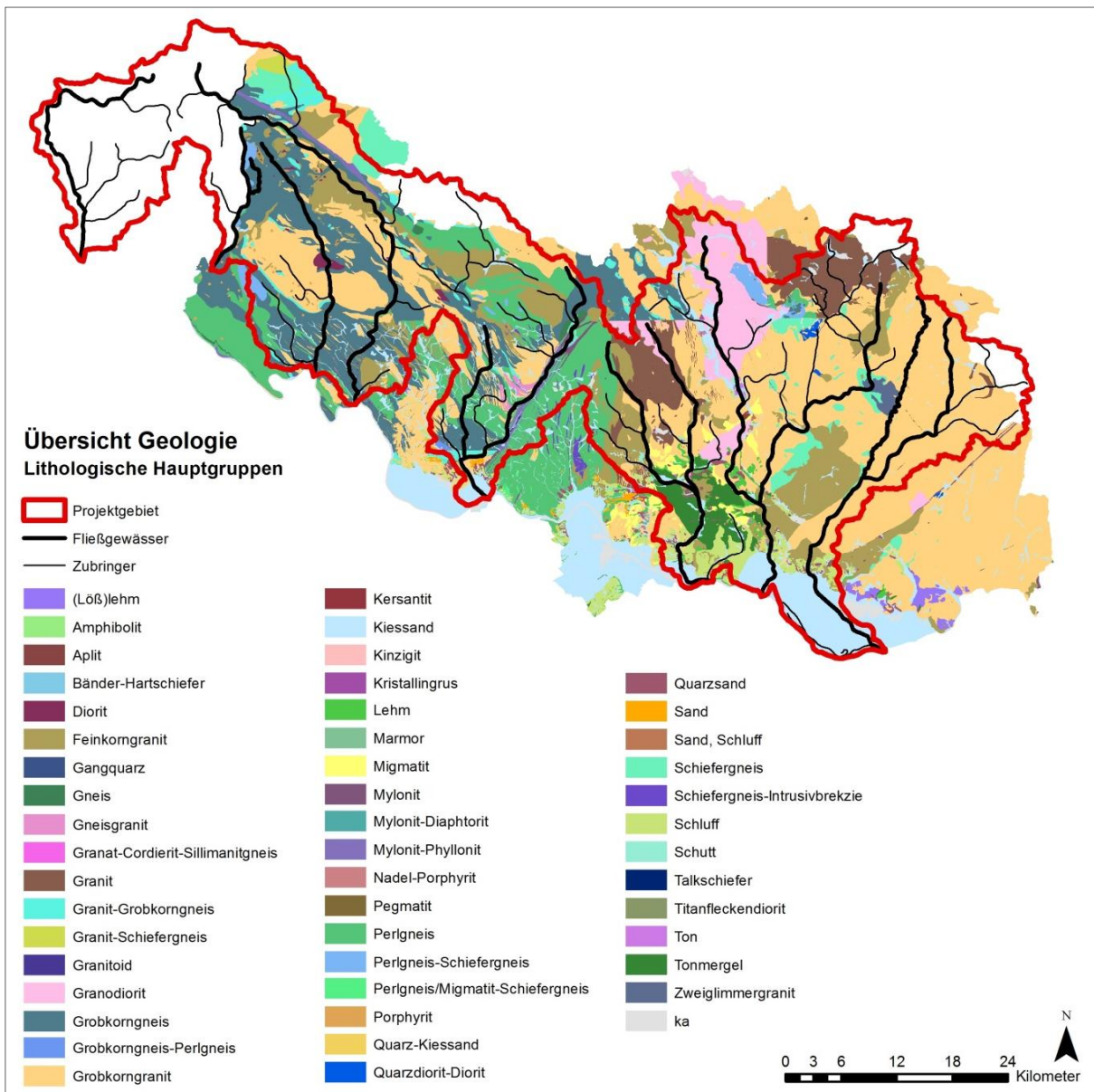


Abbildung 10: Geologie im Projektgebiet – Lithologische Hauptgruppen. Datenbasis: HAÖ (2007), Land Oberösterreich (2014).

Eine detaillierte Darstellung der Landnutzung, des Bodenabtrags und der Geologie auf Einzugsgebietsebene folgt in den Abbildung 11 bis Abbildung 24. Zudem werden im Anhang für jedes Einzugsgebiet die Wasserkraftwerke (inkl. zusätzlicher Informationen wie z.B. Wasserbuch-ID, Name des Kraftwerks, Kraftwerkstyp) bzw. Probenahmestellen (AP03_Korngrößenanalysen) in Bezug auf deren Lage in der jeweiligen geologischen Klasse bzw. Versandungsneigungs-Klasse aufgelistet.

5.3. Einzugsgebiete

5.3.1. Einzugsgebiet Naarn:

In den Abbildung 11 und Abbildung 12 sind die für das Einzugsgebiet der Naarn Landnutzung, Bodenabtrag, Geologie und Versandungsneigung dargestellt.

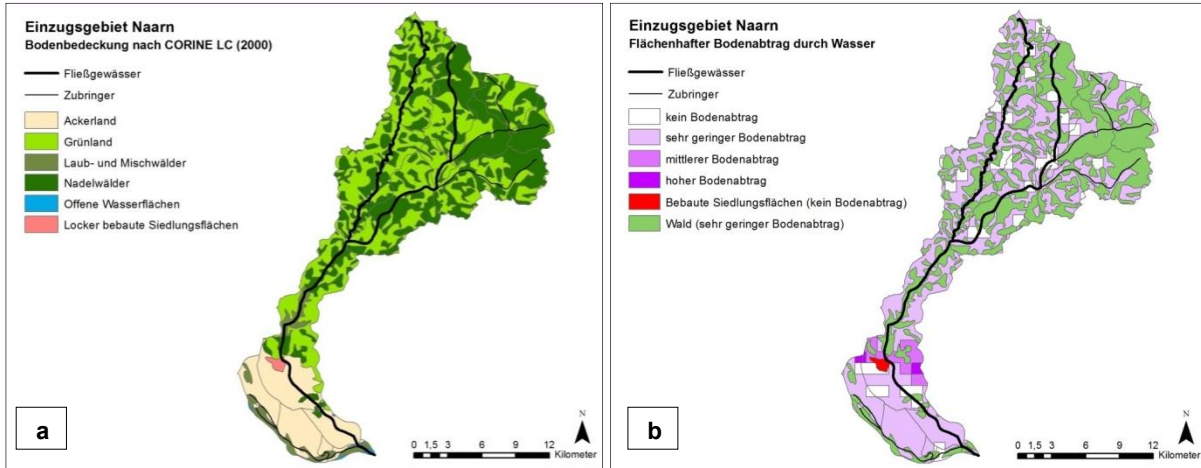


Abbildung 11: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Naarn. Datenbasis: HAÖ (2007).

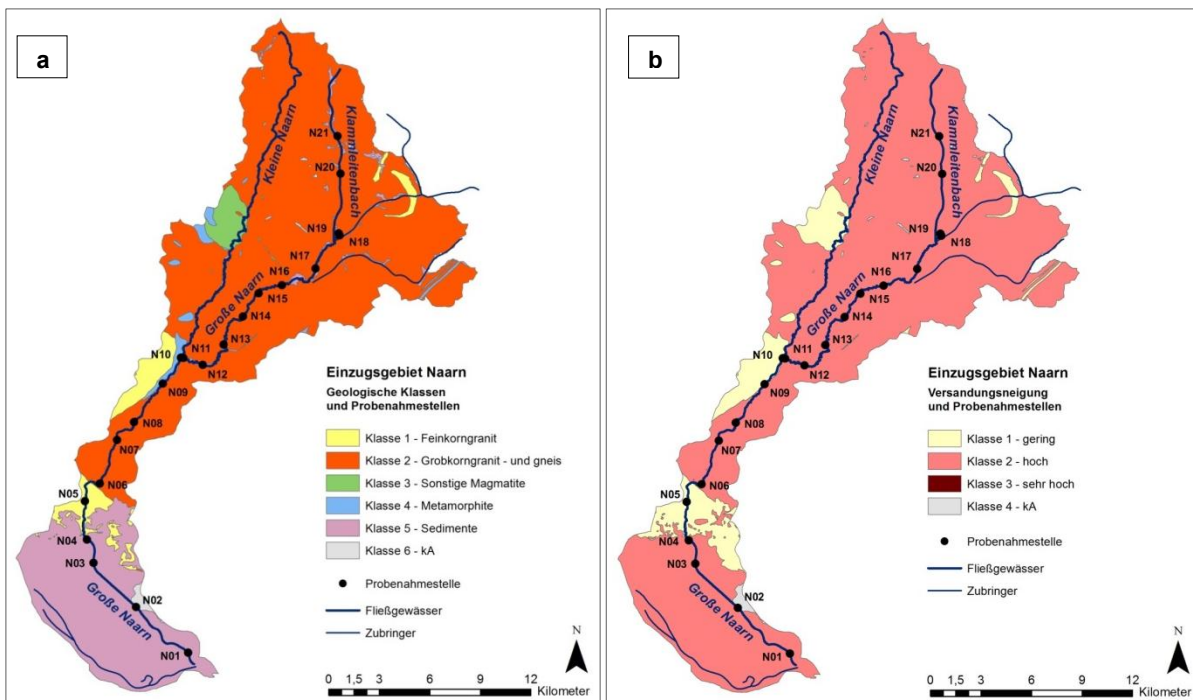


Abbildung 12: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Naarn.

5.3.2. Einzugsgebiet Aist:

In den Abbildung 13 und Abbildung 14 sind die für das Einzugsgebiet der Aist Landnutzung, Bodenabtrag, Geologie und Versandungsneigung dargestellt.

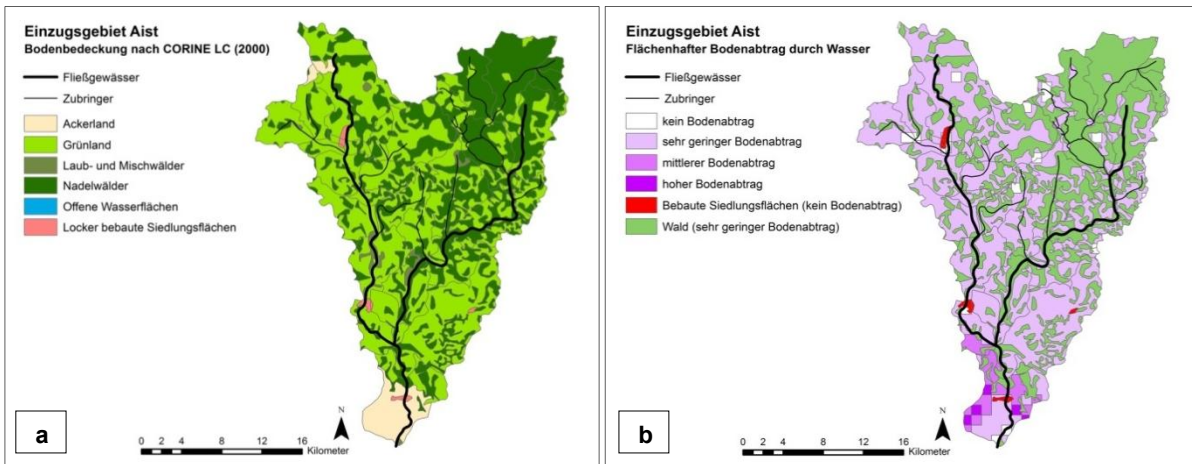


Abbildung 13: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Aist. Datenbasis: HAÖ (2007).

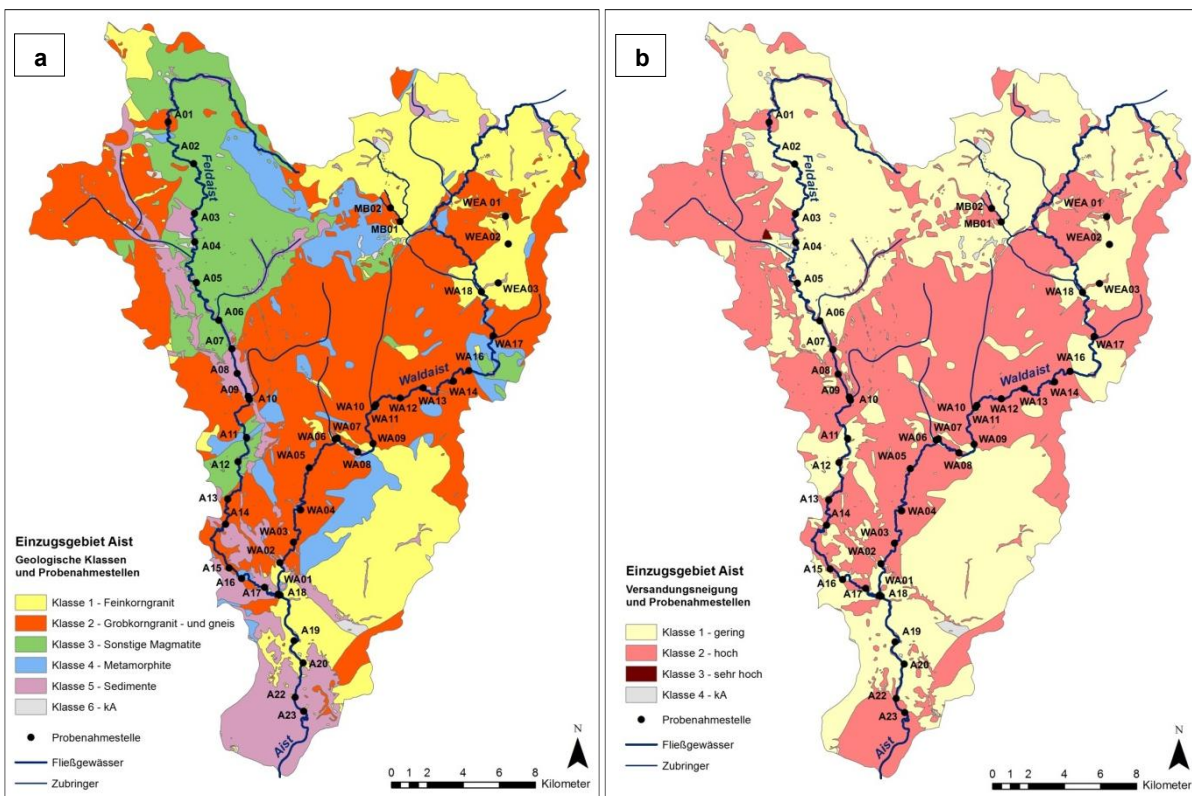


Abbildung 14: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Aist.

5.3.3. Einzugsgebiet Gusen:

In den Abbildung 15 und Abbildung 16 sind die für das Einzugsgebiet der Gusen Landnutzung, Bodenabtrag, Geologie und Versandungsneigung dargestellt.

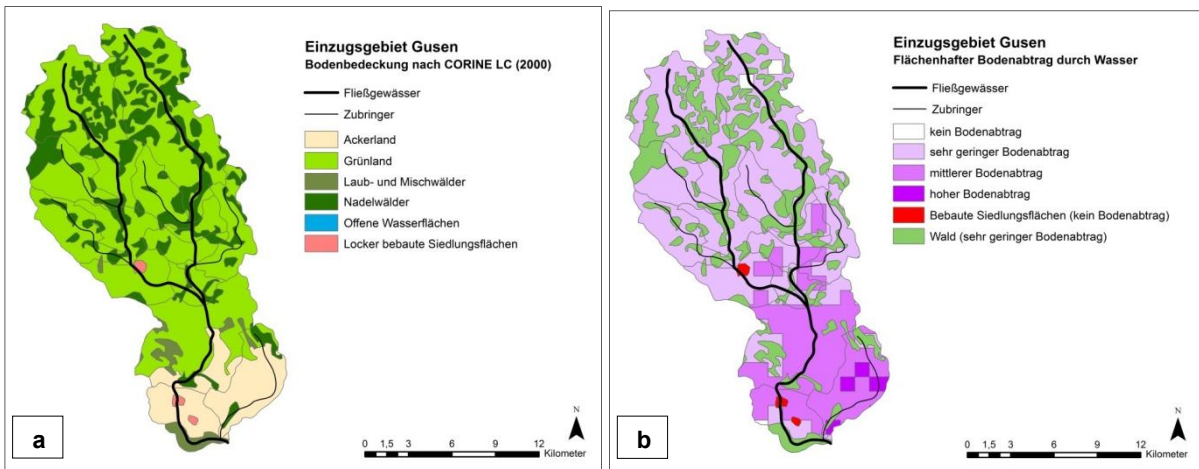


Abbildung 15: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Gusen. Datenbasis: HAÖ (2007).

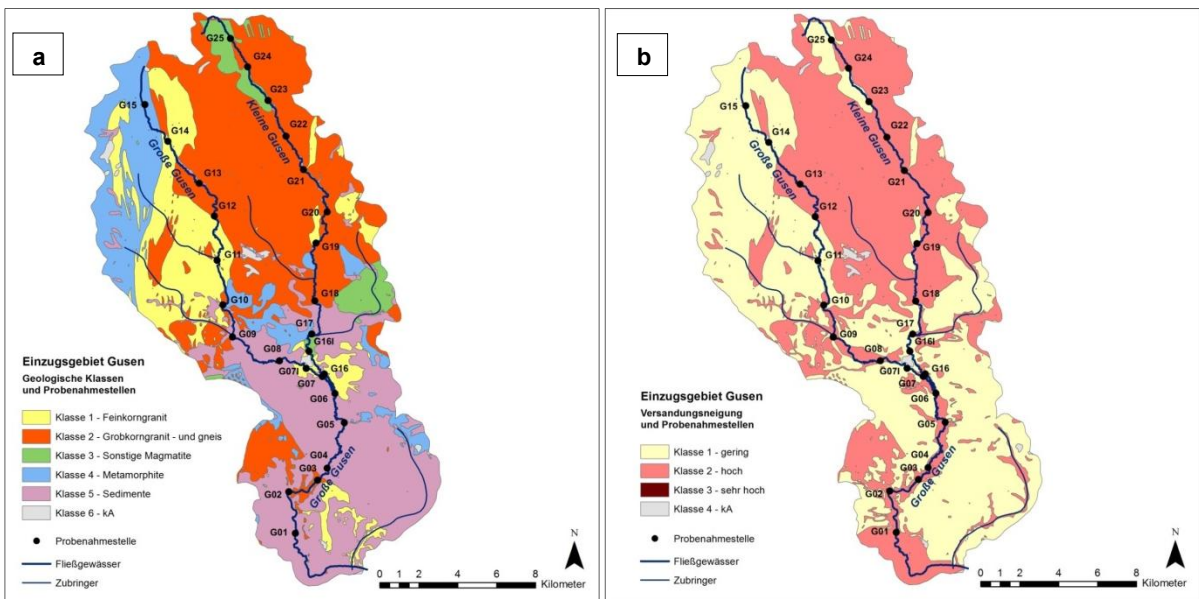


Abbildung 16: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Gusen.

5.3.4. Einzugsgebiet Rodl:

In den Abbildung 17 und Abbildung 18 sind die für das Einzugsgebiet der Rodl Landnutzung, Bodenabtrag, Geologie und Versandungsneigung dargestellt.

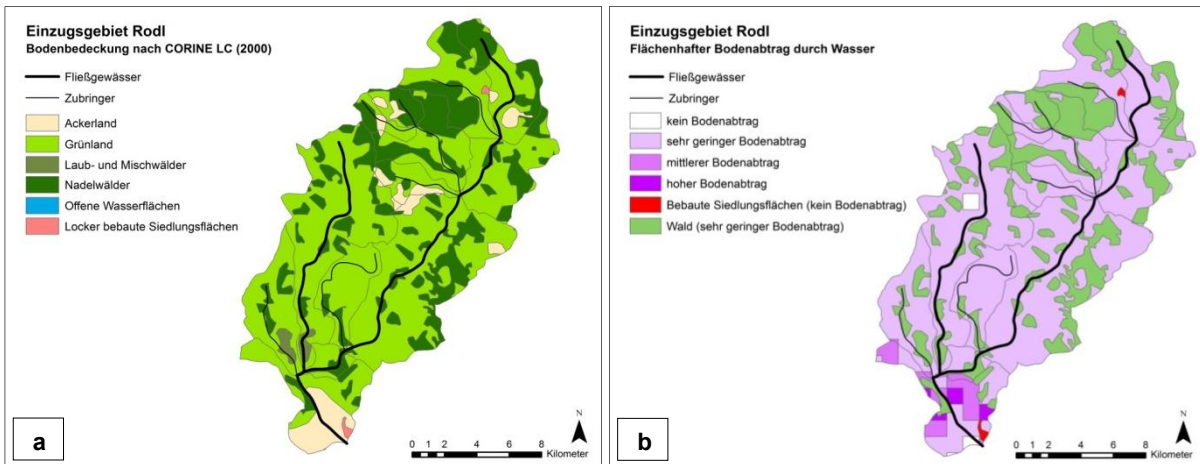


Abbildung 17: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Rodl. Datenbasis: HAÖ (2007).

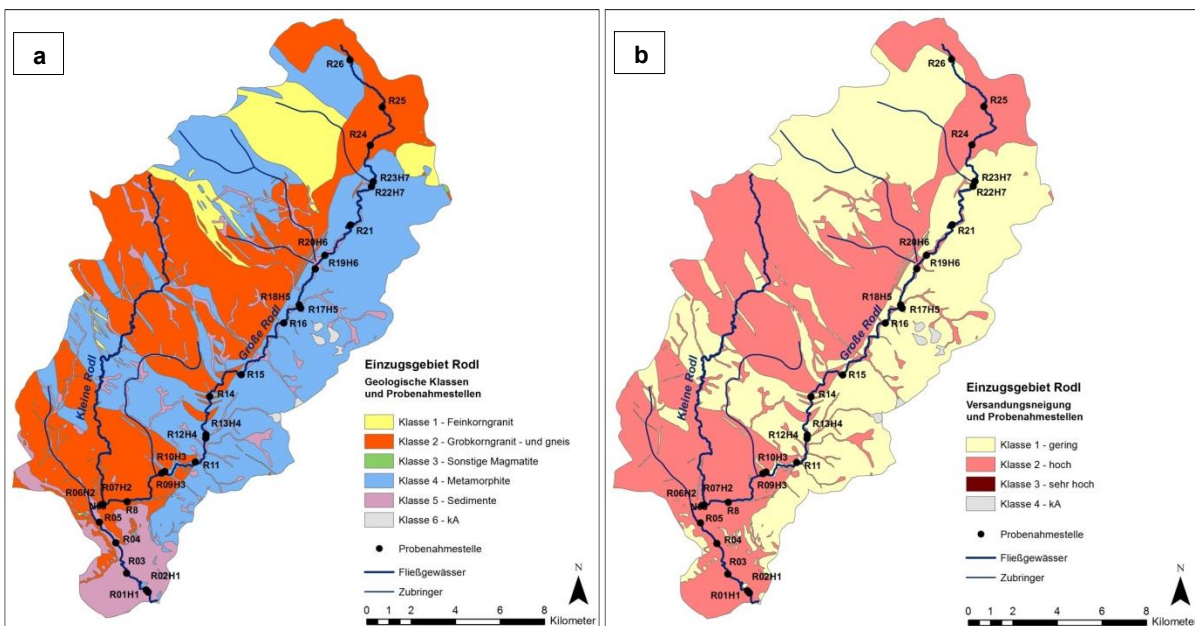


Abbildung 18: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Rodl.

5.3.5. Einzugsgebiet Große Mühl:

In den Abbildung 19 und Abbildung 20 sind die für das Einzugsgebiet der Gr. Mühl Landnutzung, Bodenabtrag, Geologie und Versandungsneigung dargestellt.

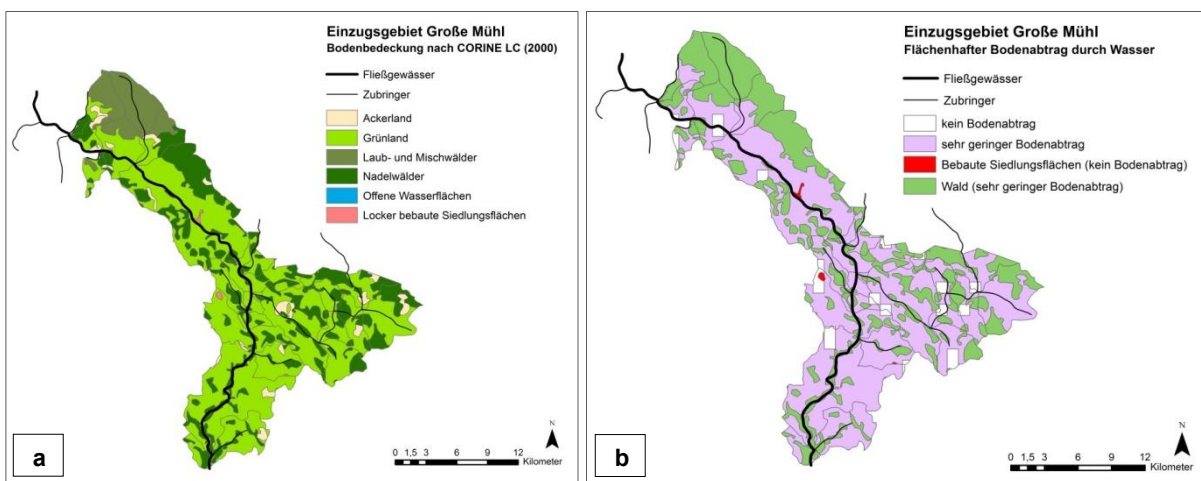


Abbildung 19: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Große Mühl. Datenbasis: HAÖ (2007).

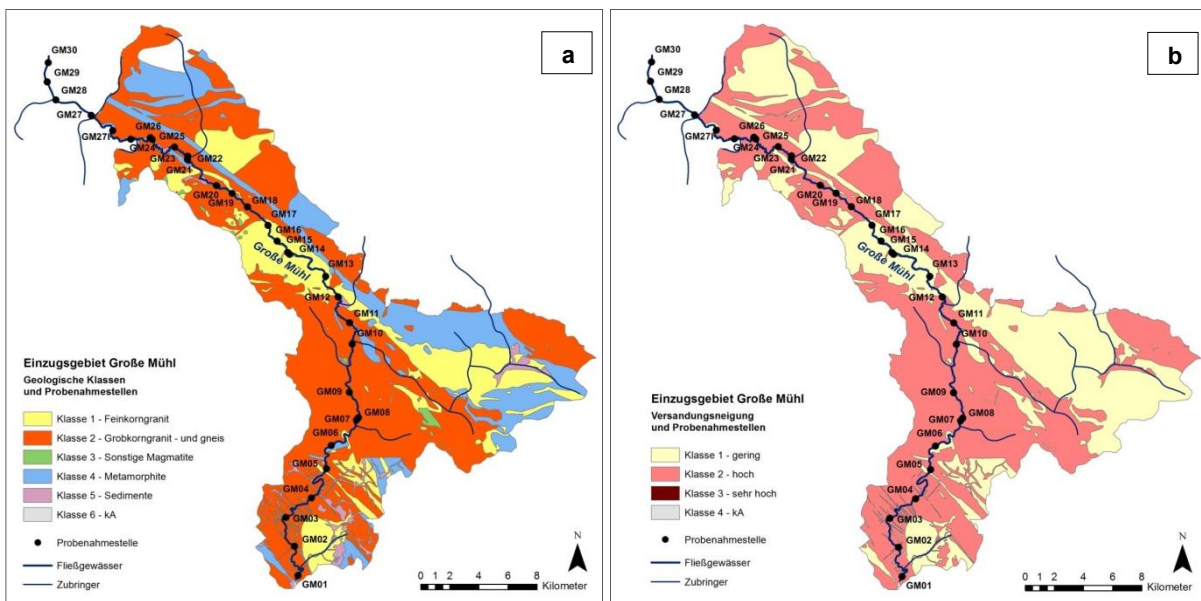


Abbildung 20: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Große Mühl.

5.3.6. Einzugsgebiet Kleine Mühl:

In den Abbildung 21 und Abbildung 22 sind die für das Einzugsgebiet der Kl. Mühl Landnutzung, Bodenabtrag, Geologie und Versandungsneigung dargestellt.

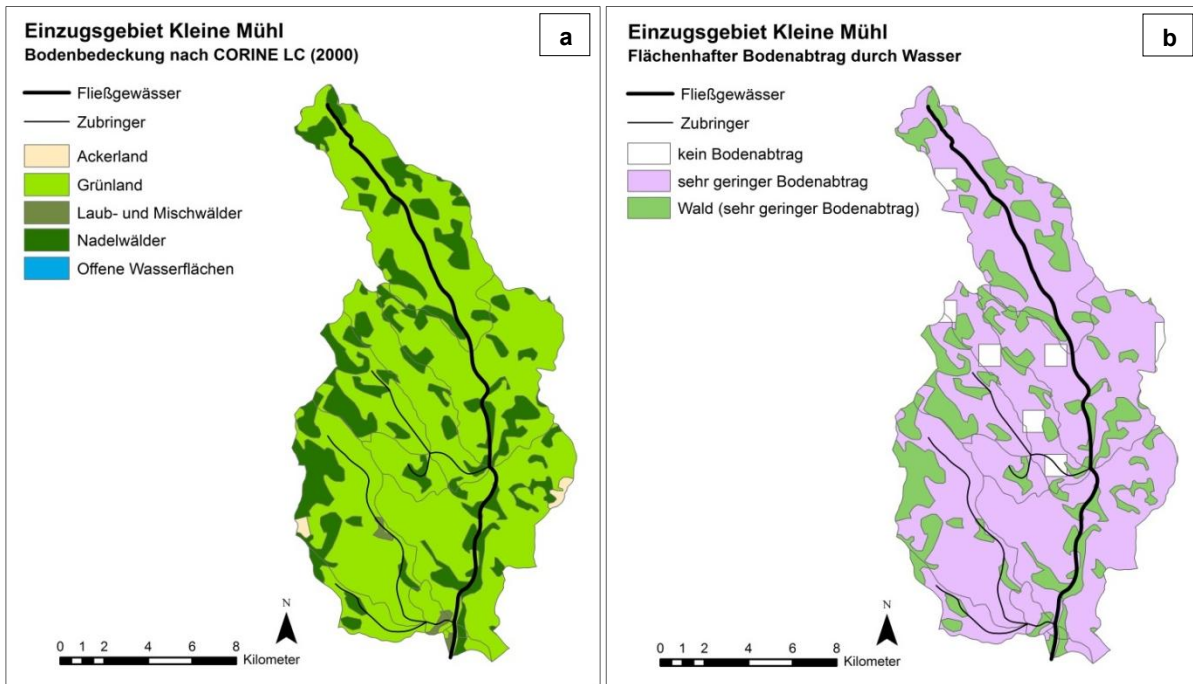


Abbildung 21: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Kleine Mühl. Datenbasis: HAÖ (2007).

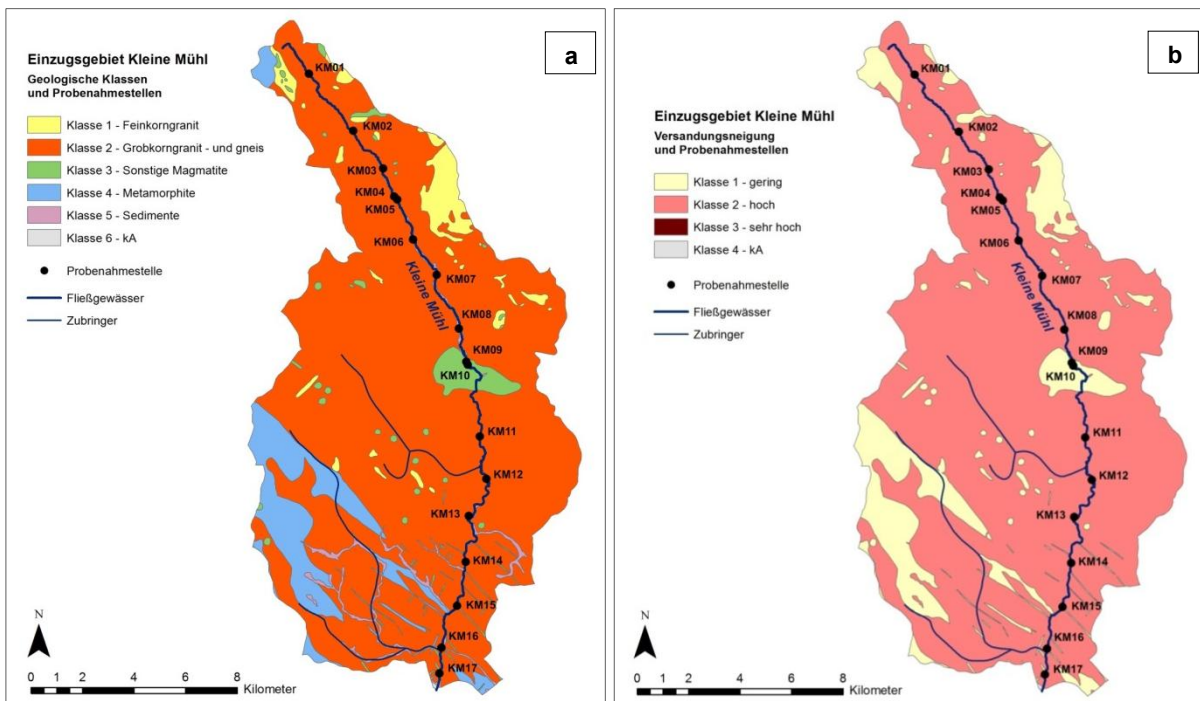


Abbildung 22: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Kleine Mühl.

5.3.7. Einzugsgebiet Osterbach:

In den Abbildung 23 und Abbildung 24 sind die für das Einzugsgebiet des Osterbachs Landnutzung, Bodenabtrag, Geologie und Versandungsneigung dargestellt.

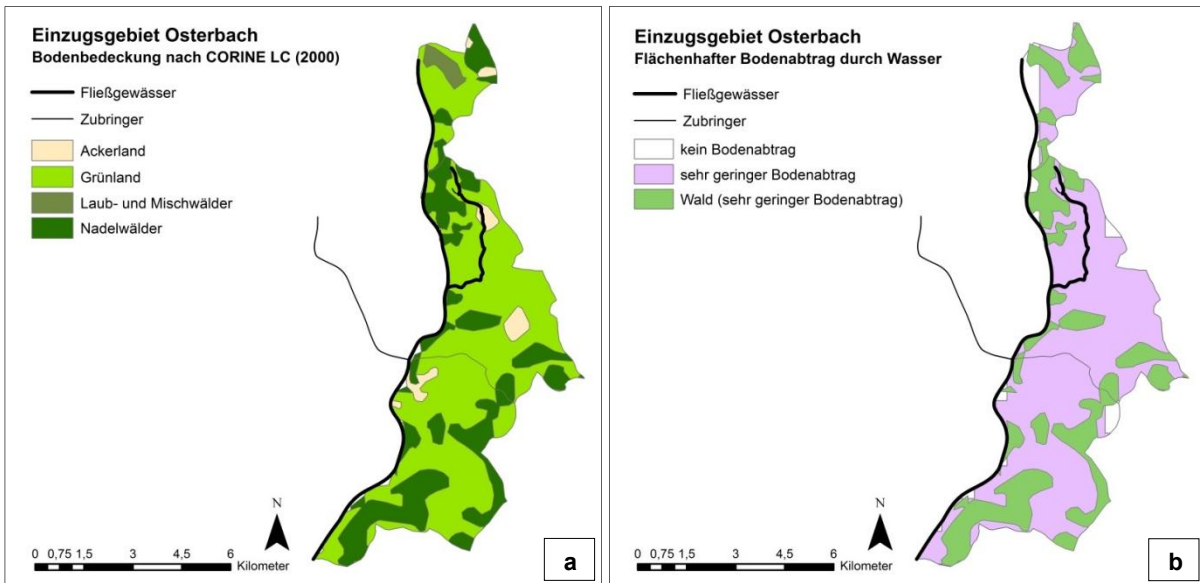


Abbildung 23: a: Landnutzung – Darstellung der Bodenbedeckung nach CORINE LC (2000), b: Bodenabtrag – Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser im Einzugsgebiet Osterbach. Datenbasis: HAÖ (2007).

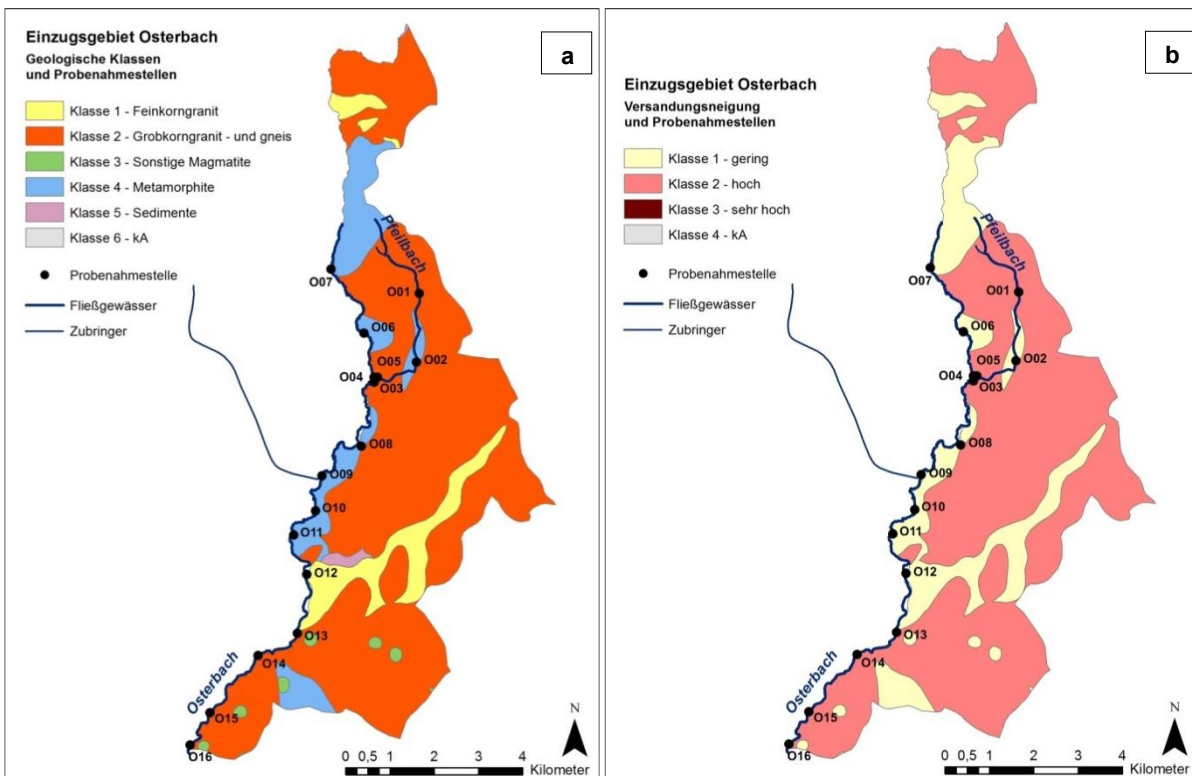


Abbildung 24: a: Geologische Klassen und Probenahmestellen (AP03_KGV), b: Versandungsneigung und Probenahmestellen im Einzugsgebiet Osterbach.

Anm.: Für das Einzugsgebiet des Osterbachs auf bayerischem Staatsgebiet sowie das Einzugsgebiet der Erlau konnten aufgrund der fehlenden Karten- bzw. GIS-Grundlagen keine Darstellungen der Landnutzung, des Bodenabtrags, der geologischen Klassen und der Versandungsneigung durchgeführt werden.

5.4. Siedlungsentwicklung

Eine Analyse der Landnutzung im Einzugsgebiet der Aist zeigt, dass im Laufe der Zeit große Bereiche ehemaligen Grünlands (insbesondere auch in direkter Nähe zu den Fließgewässern) durch höherwertige Nutzungen wie Siedlungs-, Industrie und Gewerbe und Verkehrsflächen ersetzt worden sind. Da Änderungen der Landnutzung auch zu Änderungen der hydraulischen Rauigkeiten, möglicher Abflussbeschleunigung und dem Verlust natürlicher Retentionsräume führen können, kann der fortschreitende Flächenverbrauch in diesen Gebieten als erhöhtes Risikopotenzial angesehen werden (Habersack et al., 2014). Dieses erhöhte Risiko ist im Falle der Untersuchungen Aist hinsichtlich Konzentrierung und Erhöhung der Abflussmenge durch Versiegelung des Bodens gegeben. Dies kann in der Folge in offenen Entwässerungsgräben zu verstärkter Erosion und Materialeintrag in die Vorfluter führen. Dennoch ist bei der Analyse der Siedlungsentwicklungen an Fließgewässern eine differenzierte Betrachtung erforderlich.

Im Folgenden wird die Entwicklung des Zuwachses an Siedlungsfläche im Einzugsgebiet der Aist anhand von 3 Beispielen auf Basis von 2 bzw. 3 Zeitschritten (im Abstand von ca. 20 Jahren) dargestellt. Detail 1 (Abbildung 25) zeigt die Ortschaft Schlag nordöstlich von Freistadt. Detail 2 (Abbildung 26) illustriert die Entwicklung des Zuwachses an Siedlungsfläche am Beispiel der Marktgemeinde Tragwein und Detail 3 (Abbildung 27) zeigt die Siedlungsentwicklung der Marktgemeinde Gutau. Die jeweilige Lage der Details wird in Abbildung 28 dargestellt. In allen 3 Beispielen kann eine Zunahme der Siedlungsfläche verzeichnet werden. Ein besonders starker Zuwachs an Siedlungsfläche kann im Detail 2 (Tragwein; Abbildung 26) zwischen 1975 und 1992/93/94 festgestellt werden.

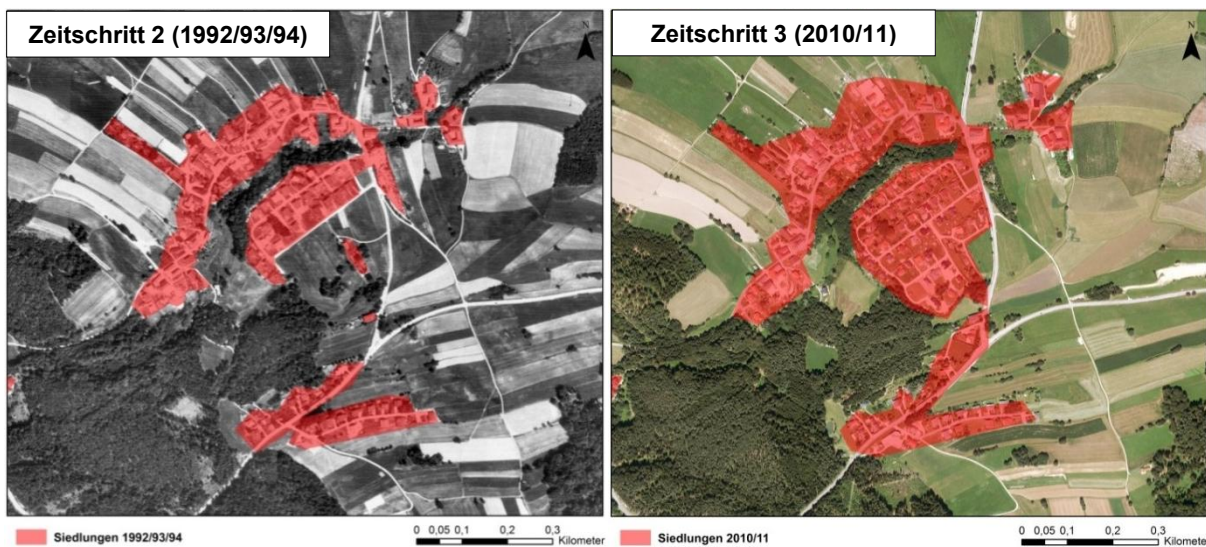


Abbildung 25: Digitalisierung der Siedlungsentwicklung – Detail 1: Schlag. Datenbasis Luftbilder: Land Oberösterreich.

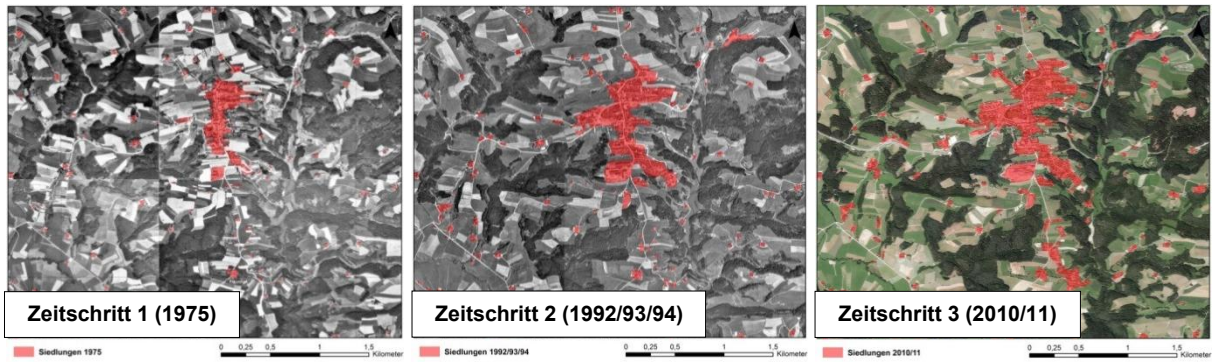


Abbildung 26: Digitalisierung der Siedlungsentwicklung – Detail 2: Tragwein. Datenbasis Luftbilder: Land Oberösterreich.

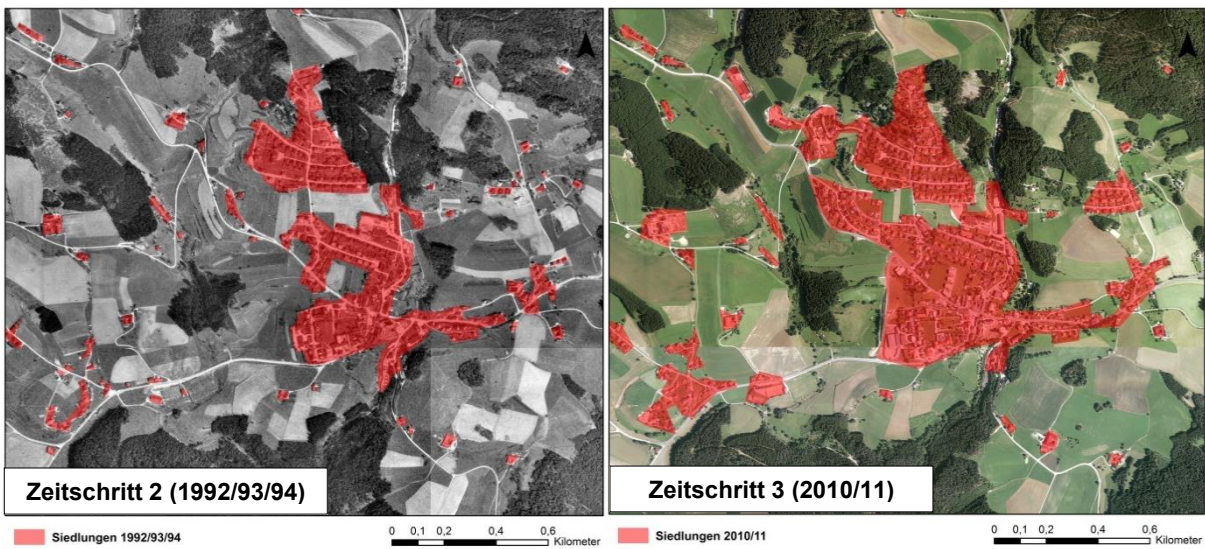


Abbildung 27: Digitalisierung der Siedlungsentwicklung – Detail 3: Gutau. Zeitschritt 1 (1975): keine Luftbilder verfügbar. Datenbasis Luftbilder: Land Oberösterreich.

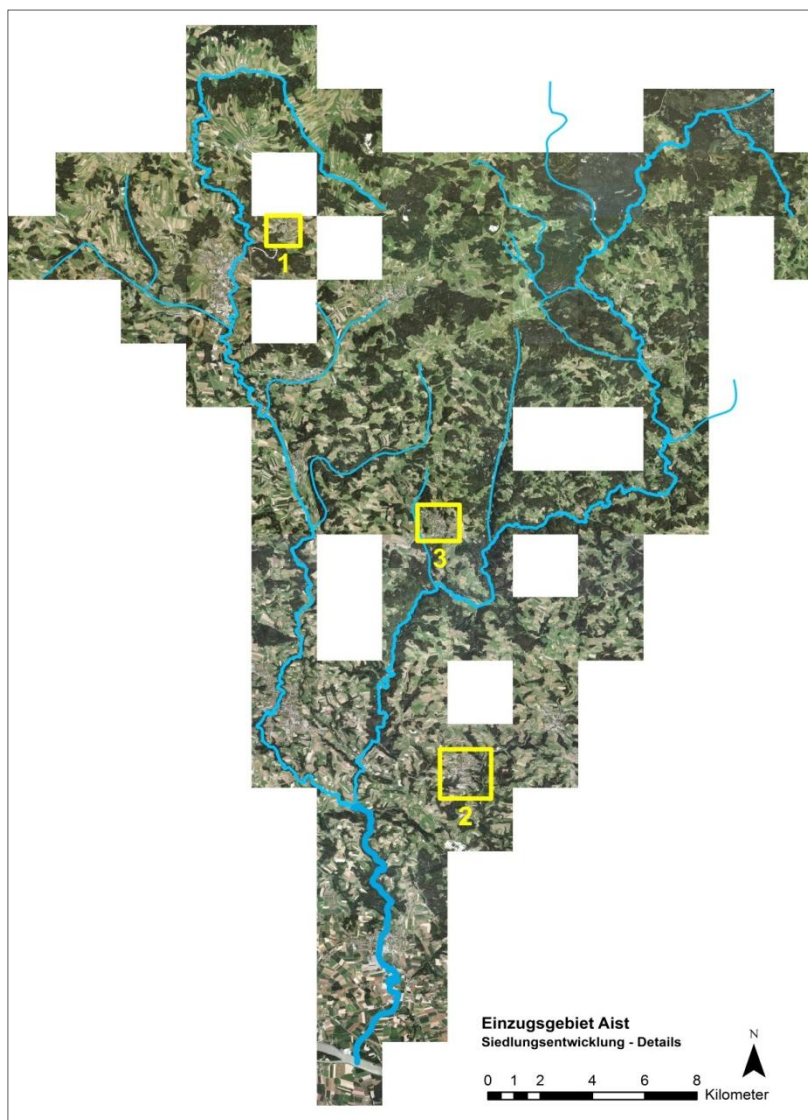


Abbildung 28: Analyse der Siedlungsentwicklung – Auswahl der Detailbereiche. Datenbasis Luftbilder: Land Oberösterreich.

6. Identifikation und Kartierung der Erosions-, Akkumulations- und Transportbereiche

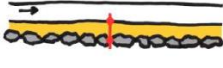


6.1. Methodik Gewässerkartierungen

6.1.1. Definition des Erhebungsstandards

Die Definition des Erhebungsstandards wurde im Zeitraum Dezember 2013 – Juli 2014 umgesetzt. Aus den umfangreichen Erfahrungen aus anderen Projekten und vorhandenen nationalen und internationalen Erhebungsstandards (vgl. z.B. BMLFUW, 2010; LAWA, 2000) wurden die möglichen Parameter für eine Vor-Ort-Erhebung zusammengetragen. Deren Anwendbarkeit sowie Aussagekraft wurde bei gemeinsamen Probekartierungen überprüft. Danach wurde der Kartierumfang finalisiert.

Der Kartierbogen (siehe Anhang) umfasst neben hydromorphologischen Grundparameter, Angaben bezüglich der Choriotopverteilung, hochwasserschutzrelevante Angaben wie beispielsweise die Möglichkeit von Materialmobilisierungen in den Uferbereichen, gewässerökologische Einstufungen und als wichtigsten Punkt die Versandungs-Klassifizierung. Diese wurde für die Kartierung im Freiland für die unterschiedlichen Flusstypen abgegrenzt (Tabelle 4). Darüber hinaus ergibt sich eine flächenmäßige Abschätzung des Versandungsgrades durch die Aufnahme der Choriotypen.

Tabelle 4: Einteilung der Versandungsklassen je nach hydromorphologischem Flusstyp.

Flachbett-Typ	<input type="checkbox"/> Klasse 0	natürliche Substratzusammensetzung	
	<input type="checkbox"/> Klasse 1	Grobsediment ersichtlich, dazwischen kleinflächigere Sandablagerungen	
	<input type="checkbox"/> Klasse 2	tlw. flächige Überdeckung natürlichen Substrats mit Sand	
	<input type="checkbox"/> Klasse 3	gänzliche Überdeckung der Sohlsubstrates	
	<input type="checkbox"/> Klasse 3+	beinahe flächendeckende Sandablagerung, die auch bei NQ in Bewegung sind	
Furt-Kolk-Typ	<input type="checkbox"/> Klasse 0	natürliche Substratverteilung / kleinere Sandablagerungen in den Kolken	
	<input type="checkbox"/> Klasse 1	Kolke schon weiter aufgefüllt, kleinflächiger unnatürliche Sandablagerungen	
	<input type="checkbox"/> Klasse 2	Kolke sind mit Sand aufgefüllt	
	<input type="checkbox"/> Klasse 3	gänzliche Überdeckung der Kolk-Furt Struktur	
	<input type="checkbox"/> Klasse 3+	beinahe flächendeckende Sandablagerung, die auch bei NQ in Bewegung sind	
Kaskaden in Steilstufen	<input type="checkbox"/> Klasse 0	natürliche Substratzusammensetzung	
	<input type="checkbox"/> Klasse 1	Geringfügig unnatürliche Sandablagerungen	
	<input type="checkbox"/> Klasse 2	Sandablagerungen in den ruhigeren Bereichen in steilen Gewässerabschnitten	
	<input type="checkbox"/> Klasse 3	Massive Sandablagerungen zwischen dem groben Geschiebe	

Hinsichtlich der Auswirkungen auf die aquatische Fauna und Flora, und im Speziellen auf die Flussperlmuschel, wurde bei den Freilandarbeiten auf die Unterscheidung zwischen Versandung und Feinsediment-Problematik Wert gelegt (siehe auch 6.1.2).

Der Grad an Feinsedimentbelastung wurde angelehnt an die Erkenntnisse aus einer Studie zu diesem Thema (vgl. Höfler & Gumpinger, 2014) abgegrenzt. Die Stufen sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Unterteilung der Feinsedimentbelastung.

Feinsedimentanteil (Fraktion < 2 mm Korngröße):
<input type="checkbox"/> nicht vorhanden
<input type="checkbox"/> nur in strömungsberuhigten Bereichen natürliche Ablagerungen
<input type="checkbox"/> über kleinere Bereiche im Bachbett Feinsedimentablagerung
<input type="checkbox"/> über größere Bereiche im Bachbett Feinsedimentablagerung
<input type="checkbox"/> dünner, flächiger Überzug über dem noch ersichtlichen Grobsediment
<input type="checkbox"/> dicker, flächiger Überzug über dem noch ersichtlichen Grobsediment
<input type="checkbox"/> flächige Auflage über die gesamte Sohle - nur bei steileren Passagen Grobsediment ersichtlich
<input type="checkbox"/> gesamte Sohle besteht nur aus Feinsediment
Zusätzlich: <input type="checkbox"/> Verfüllung des Kieslückenraums <input type="checkbox"/> Algenbewuchs des Sediments <input type="checkbox"/> spürbare Kolmatierung der Sohle <input type="checkbox"/> Trübung

Manche Parameter wurden dabei auf unterschiedliche Weise erfasst. Dies ermöglicht auch eine interne Validierung der Einstufungen bezüglich der Belastungsklassen.

Neben der Charakterisierung des Gewässers an sich, bietet der Erhebungsbogen auch die Möglichkeit zur Aufnahme von: Querbauwerken, Zuflüssen, künstlichen Einleitungen, potentiellen Kieslaichplätzen, Sandablagerungen sowie Ursachen- und Maßnahmenstandorten.

6.1.2. Erhebung im Freiland

Die Aufnahmen im Freiland erfolgten im Winter 2014/15. Die Gewässer wurden jeweils von der Mündung flussauf kartiert. Große Mühl, Kleine Mühl, Rodl, Naarn, Osterbach und Erlau wurden durch die Mitarbeiter der Universität für Bodenkultur begangen. Im Aist- sowie im Gusensystem lag die Kartierung beim Technischen Büro für Gewässerökologie. Dabei wurde auf eine gute interne Abstimmung und eine möglichst geringe Personenanzahl Wert gelegt. Die Abschnittsgrenzen sowie punktuelle Informationen wurden mittels GPS-Geräten aufgenommen. Des Weiteren sammelten die Kartierteams umfangreiches Fotomaterial um Situationen und Prozesse zu dokumentieren. Die Kartierung erfolgte soweit in den Oberlauf, wie auch die Sedimentproben genommen wurden. Insgesamt umfasst die Kartierung somit über 450 Flusskilometer.

Die Einteilung in hydromorphologisch homogene Abschnitte erfolgte vor Ort, da damit das realitätsnähste Bild entsteht. Die wichtigsten Parameter für die Abgrenzung waren dabei Änderungen in den Abflussverhältnissen, wie beispielsweise Übergänge zu Restwasserstrecken oder Änderungen durch große Zuflüsse, morphologische Veränderungen zum Beispiel hinsichtlich des Verbauungsgrades oder des Flusstyps aufgrund der Gefällesituation sowie anderweitige ersichtliche Änderungen in der Charakteristik. Die Länge der untersuchten Abschnitte variiert sehr stark zwischen wenigen Metern und wenigen Kilometern. Damit ist eine sehr exakte Zuordnung sowohl hinsichtlich der Ist-Situation wie auch bezüglich der Maßnahmenstandorte möglich.

Die Erhebung der Querbauwerke, Zuflüsse und künstlichen Einleitungen ergänzt die Gewässerstrukturkartierung und ermöglicht eine Komplementierung des Gesamtbildes. Es wurden während der Freilandarbeiten am Gewässer auch mögliche 'hot spots' des Sedimenteintrages, z.B. neu errichtete Forststraßen in der Nähe des Fließgewässers im Detail dokumentiert bzw. bewertet.

Die Begründung für die Erhebungen der Querbauwerke liegt in der Abschätzung der Sanddepots in den Stauräumen, da vor allem die Rückstaubereiche von Kleinwasserkraftwerken als Sedimentationsbereiche

gelten. Ihre Lage in den Untersuchungsgebieten bzw. auch die möglichen theoretischen Sedimentationsvolumina sind vor allem für die Erstellung eines Sedimentmanagementplans als Grundlage anzusehen.

6.1.3. Datenverarbeitung

Die erhobenen Daten wurden in eine dafür angelegte Access-Datenbank aufgenommen, aus der nach entsprechender Sichtung und Prüfung der Daten, Shapefiles in ArcGIS exportiert wurden. Ergebnis der Kartierung sind somit ein Linien-Shapefile basierend auf dem aus den Modellierungen resultierenden Gewässernetz, mit den abgegrenzten Abschnitten inklusive aller zugeordneter Attribute sowie verschiedene Punkt-Shapefiles für die Querbauwerke, die Zuflüsse und andere vorliegende Punktinformationen. Zur vertiefenden statistischen Auswertung diente das Programm SPSS.

6.2. Ergebnisse der Kartierung

6.2.1. Kurzcharakteristik der Einzugsgebiete

Im Folgenden sollen die Eindrücke der Kartierung und eine Übersicht über die grundsätzliche Situation an den bearbeiteten Gewässern wiedergegeben werden. Vergleiche zwischen den einzelnen Gewässern hinsichtlich der unterschiedlichen Parameter werden in Kapitel 6.2.10 dargestellt.

6.2.2. Das Einzugsgebiets der Naarn

Im Einzugsgebiet der Naarn wurden die Naarn im Unterlauf, die Große Naarn und deren größerer Zufluss Klammleitenbach kartiert. Insgesamt umfasst die kartierte Strecke 50,4 Kilometer.

Die Quellbäche der Großen Naarn liegen in den forstlich intensiv genutzten Bereichen im Grenzgebiet zwischen Oberösterreich und Niederösterreich. Die Hauptbäche sind der Klammleitenbach sowie der Schwarzaubach, die im Bereich Königswiesen zusammenfließen und ab dann die eigentliche Große Naarn bilden. Beide Bäche sind aus der aktuellen Untersuchung und aus ähnlichen Projekten für ihre Sandbelastung bekannt.

Ab dem Zusammenfluss fließt das Gewässer mit einem sehr geringen Gefälle durch ein etwas breiteres Tal. Hydromorphologisch bildet sich in solchen Bereichen eine Talmäanderstrecke aus. Da aber die flachen Talböden intensiv landwirtschaftlich genutzt werden, wurde das Gewässer an vielen Stellen begradigt und reguliert. Dies ist sowohl in der Natur wie auch im Vergleich zu historischen Karten deutlich erkennbar. Ein System aus Drainagen und Entwässerungsgräben ermöglicht die Nutzung des Gewässerumlandes als Wiesen und Äcker.

Die ungünstige Konstellation aus stark sandführenden Zuflüssen aus den Forstgebieten und dem niedrigen Gefälle führen jedenfalls, sowohl in den verbleibenden Mäandern wie auch in den begradigten Bereichen, zu einer massiven Versandung in diesem Abschnitt, die über weite Strecken sogar die Versandungsklasse 3+ erreicht. Lediglich ein kurzer Abschnitt im Bereich der Ebrixmühle wurde etwas besser bewertet. Die Charakteristik ändert sich flussab der Wachtlmühle, wo bis etwas flussauf von Pierbach eine kleinere Durchbruchsstrecke besteht. Doch auch hier, vor allem verursacht durch zwei Querbauwerke, bestehen starke Sandbelastungen.

Im Bereich von Pierbach bildet die Naarn wiederum eine Talmäanderstrecke aus, die durch die Versandungsklasse 3+ geprägt ist. Kurz nach dem Zusammenfluss von Kleiner und Großer Naarn beginnt die Durchbruchsstrecke des Gewässers zur Donau hin. Hier ist die Flusslandschaft dominiert von steileren, bewaldeten Einhängen und einer intensiven energiewirtschaftlichen Nutzung. Während in den eher

naturnäheren Restwasserstrecken eine etwas geringere Sandbelastung auftritt, bilden sich flussauf der Ausleitungswehre große Sanddepots.

Das Gewässer tritt in Perg aus dem eher engen Tal in das Machland hinaus, wo es aufgrund der intensiven agrarischen Nutzung stark reguliert ist und ebenfalls eine sehr hohe Sandbelastung zeigt. Die Naarn entwässert bei der Mündung in die Donau ein Einzugsgebiet von 343 km².

Zusammenfassend ist die Naarn vermutlich jenes, der untersuchten Gewässer, das eine der größten Sandbelastung aufweist.

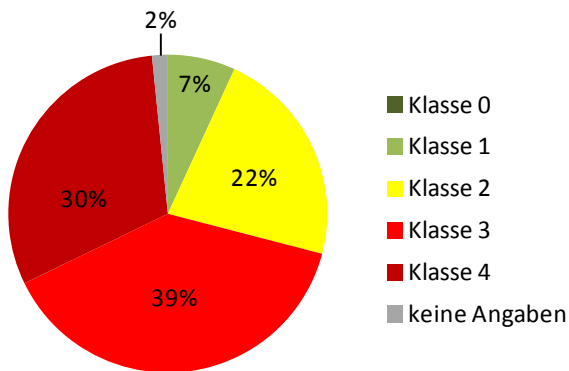


Abbildung 29: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Naarn (bezogen auf die Streckenlänge).

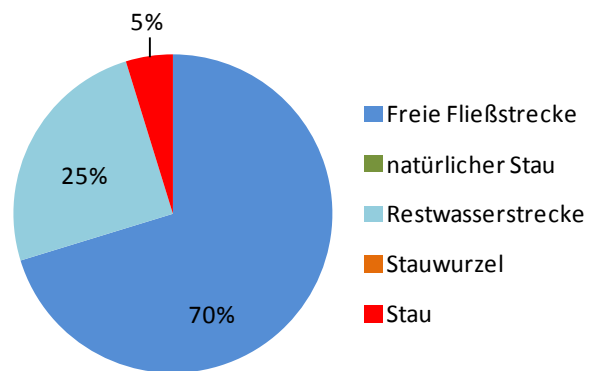


Abbildung 30: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Naarn (bezogen auf die Streckenlänge).

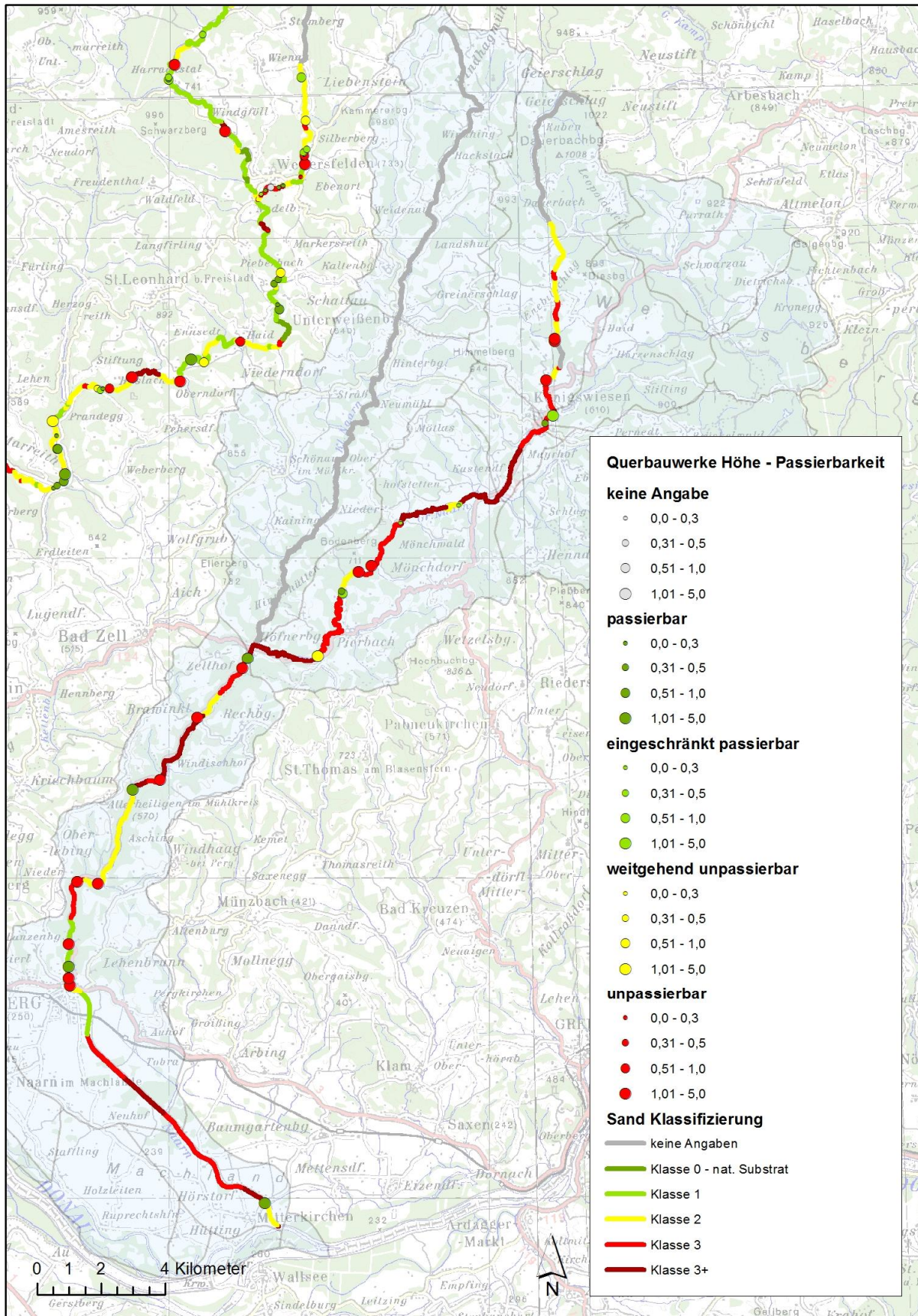


Abbildung 31: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für das Naarn-System hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.

6.2.3. Das Einzugsgebiet der Aist

Das Einzugsgebiet der Aist wurde sehr umfassend untersucht, da dadurch zum einen gute Grundlagen für das Hochwasserschutzmanagement und zum anderen für die Schutzbemühungen für die Flussperlmuschel geschaffen werden sollten.

Das Aist-System besteht grundsätzlich aus zwei sehr ungleichen Teilsystemen: der Feldaist und der Waldaist. Die Unterschiede liegen in der Geologie begründet und äußern sich in einer unterschiedlich intensiven Nutzung und einer andersartigen Versandungs-Charakteristik.

Die Feldaist entspringt zwischen Rainbach und Leopoldschlag, wo sie zunächst in einer relativ flachen Mäanderstrecke durch einen forstwirtschaftlich genutzten Bereich fließt. Bei Rainbach akkumuliert der im Oberlauf mobilisierte Sand sehr stark flussauf des Querbauwerks bei den dort situierten Teichen.

Durch die Lage des Feldaist-Oberlaufes in eher feinkörnigem Kristallingestein (Freistädter Granodiorit) weist das Einzugsgebiet grundsätzlich eher sanfte Hügelformen und teilweise auch weitere Täler auf. Dies resultiert in einer relativ intensiven menschlichen Nutzung. An der Feldaist liegen die größeren Siedlungsbereiche Freistadt, Kefermarkt und Pregarten. In diesen Bereichen wurde der Fluss hart reguliert und der Talboden ist intensiv agrarisch genutzt. Zudem besteht an der Feldaist eine für österreichische Gewässer inzwischen eher unüblich hohe organische Belastung aus verschiedenen Einleitungen. Dadurch tritt im Gewässer in manchen Abschnitten auch eine recht dauerhafte Trübung auf.

Die Regulierung in Freistadt besteht aus einer Abfolge von alten Quereinbauten zur Nutzung der Wasserkraft sowie Regulierungsbauten, in deren Rückstaubereichen sich zum Teil Feinanteile ablagern. In den ansonsten recht technisch regulierten Bereichen dominieren größere Bestandteile. Im stark begradigten Teil im Bereich der Kläranlage ergeben sich durch das flache Gefälle stärkere Sandablagerungen der Klasse 3.

Ab der Einmündung der Jaunitz flussab von Freistadt verschärft sich das Problem zunehmend. In den flussab gelegenen Staubereichen sind teilweise sehr große Kubaturen an Sand abgelagert. Das breitere Tal in Kefermarkt dient als intensiv agrarisch genutztes Kulturland, weshalb die Feldaist hier in den 1960er Jahren auf einer Länge von 7 km durchreguliert wurde. Bedingt durch die Querriegel, die der Sohlstabilisierung dienen, besteht hier eine rasche unnatürliche Abfolge an stark versandeten und mit Feinsediment belasteten Staubereichen und kurzen Stücken unterhalb der Querbauwerke, die aufgrund der etwas turbulenteren Strömung gröberes Geschiebe aufweisen (Abbildung 32). Natürliche Strukturen sind in diesem Bereich keine vorhanden.

Zudem mündet flussab von Kefermarkt die Flanitz, die augenscheinlich ebenfalls große Mengen an Feinmaterial mit sich bringt (Abbildung 36).

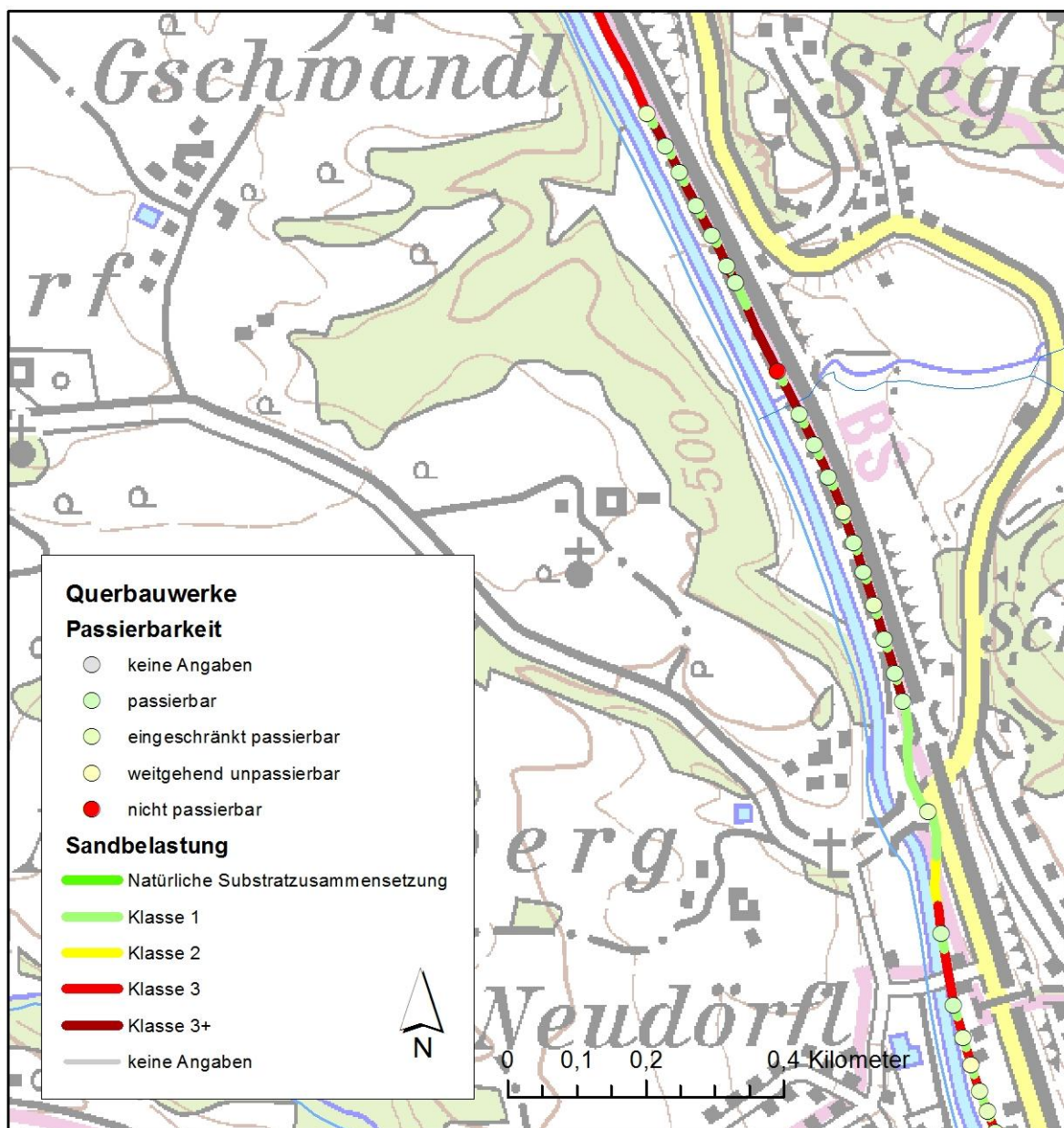


Abbildung 32: Situation im Bereich der Regulierungsstrecke in Kefermarkt.

Richtung Pregarten schließt ein enges Durchbruchstal an, das wiederum bereits historisch zur Nutzung der Wasserkraft herangezogen wurde und auch noch immer wird. Die Versandung wurde hier durchwegs mit Klasse 2 in den Fließ- oder Restwasserstrecken und mit Klasse 3 und 3+ in den Staubereichen eingestuft.

Im Ortgebiet von Pregarten ist die Feldaist erneut reguliert. Durch das geringe Gefälle kommt es stellenweise zu, aus Hochwassersicht problematischen, Sandanlandungen speziell im Bereich der Straßenbrücke.

Die Versandung zieht sich auch durch die anschließende naturnahe Mäanderstrecke bis in den Stau bei der Klausmühle am Eingang zur engen Feldaist-Schlucht. Die Schluchtstrecke dominieren große Blöcke und ein sehr steiles Gefälle. Trotz der großen Turbulenz kommt es zu einer ausgedehnten Versandung zwischen dem Grobsubstrat, woraus die Einstufung in die Klasse 3 resultiert.

Beim Wiederaustritt in eine eher breitere Tallandschaft vor dem Zusammenfluss mit der Waldaist kommt es durch die Gefällesituation zu weiteren größeren Sandakkumulationen im Bereich des Querbauwerks bei der Giemböck-Siedlung und flussauf des Zusammenflusses.

Zusammenfassend konnten als sehr bedeutende Sandquellen die Zuflüsse Jaunitz und Flanitz identifiziert werden. Diese Bäche kommen aus grobkörnigem Kristallingestein und führen große Mengen an Sand und Feinkies mit sich.

Die größten Sanddepots im Verlauf der Feldaist (Quelle Richtung flussab) sind:

- Querbauwerk flussauf der Teiche in der Ortschaft Stadln / Rainbach (gut zugänglich, großes Sanddepot)
- Regulierungsstrecke in Freistadt (gut zugänglich)
- Staubereiche bei der Pühmühle (gut zugänglich, großes Sanddepot)
- Regulierungsstrecke bei Kefermarkt (gut zugänglich)
- Querbauwerk in Mahrersdorf (gut zugänglich)
- Staubereiche flussauf von Pregarten (mäßig zugänglich)
- Regulierungsstrecke in Pregarten
- Naturnahe Strecke flussab von Pregarten bis zum Staubereiche der Klausmühle (mäßig zugänglich)
- Kataraktstrecke im engen Feldaisttal flussab von Pregarten, Akkumulation bei Kriehmühle (mäßig zugänglich, großes Sanddepot)
- Querbauwerk bei der Giemböcksiedlung
- Flachstück flussauf des Zusammenflusses mit der Waldaist (gut zugänglich, großes Sanddepot)

Somit stellt die Feldaist ein Lehrbeispiel für die multiple menschliche Überprägung eines gesamten Einzugsgebietes dar. Über weite Bereiche ist ein recht hoher Versandungsgrad kombiniert mit einer deutlichen Strukturverarmung zu verzeichnen. Selbst in den steileren Gewässerabschnitten der Durchbruchsstrecken bleibt viel Sand zwischen den dort typischen groben Blöcken liegen. Um das Versandungsproblem im Unterlauf der Aist bei Schwertberg, und damit einhergehend die Hochwassersituation, zu verbessern, werden jedenfalls Maßnahmen für die Feldaist notwendig sein.



Abbildung 33: Starke Versandung im Jaunitzbach, einem rechtsufrigen Zufluss der Feldaist bei Freistadt.



Abbildung 34: In der Feldaist überlagern sich stark Versandung, Feinsedimentbelastung und organische Belastung.



Abbildung 35: Regulierungsstrecke in Kefermarkt.



Abbildung 36: Einmündung der Flanzitz mit deutlichem Geschiebeeintrag in die Feldaist.

Die Waldaist entsteht im Bereich von Weitersfelden aus dem Zusammenfluss von Weißer und Schwarzer Aist. Die rechtsufrig zufließende Weiße Aist scheint dabei der Bach mit der höheren Fracht an feinkörnigem Substrat zu sein (Abbildung 40). Speziell im Bereich der sehr naturnahen flachen Mäanderstrecke bei Weitersfelden lagern sich große Mengen an Sand ab und beeinträchtigen dort diesen ansonsten hydromorphologisch sehr wertvollen Abschnitt.

Die Schwarze Aist weist über weite Strecken eine recht naturnahe Sedimentzusammensetzung auf, was auch dem relativ hohen Gefälle geschuldet ist. Lediglich im Bereich des Querbauwerks flussauf von Weitersfelden und in der sehr flachen, naturnahen Mäanderstrecke im Gebiet von Gugu kommt es zu größeren Sandansammlungen.

Im Gegensatz zur Feldaist ist die Waldaist im weiteren Verlauf deutlich weniger durch menschliche Nutzungen überprägt. Dies dürfte vor allem an der durchwegs engeren Talsituation liegen, die eher nur eine extensivere forstwirtschaftliche oder Grünland-Nutzung zulässt.

Die ersten Kilometer der Waldaist weisen, bis auf einen Staubereich in der Nähe von Markersdorf, eine sehr natürliche Substratzusammensetzung auf. Die ersten Versandungstendenzen sind ab der Ortschaft Haid festzustellen, wobei auch hier weiterhin sehr naturnahe Abschnitt hinsichtlich Verlauf, Struktur und Sediment vorherrschen.

Dieser Abschnitt der Waldaist ist aus Sicht der Flussperlmuschel von entscheidender Bedeutung (Abbildung 37). Das größte Sanddepot findet sich hier im Bereich der Haidmühle. Bei der Neumühle besteht lediglich ein sehr kurzer Stau mit einer oberhalb anschließenden sehr wertvollen Naturstrecke. Das größte Sanddepot stellt anschließend die Mäanderstrecke flussauf des Querbauwerks bei Haslach dar.

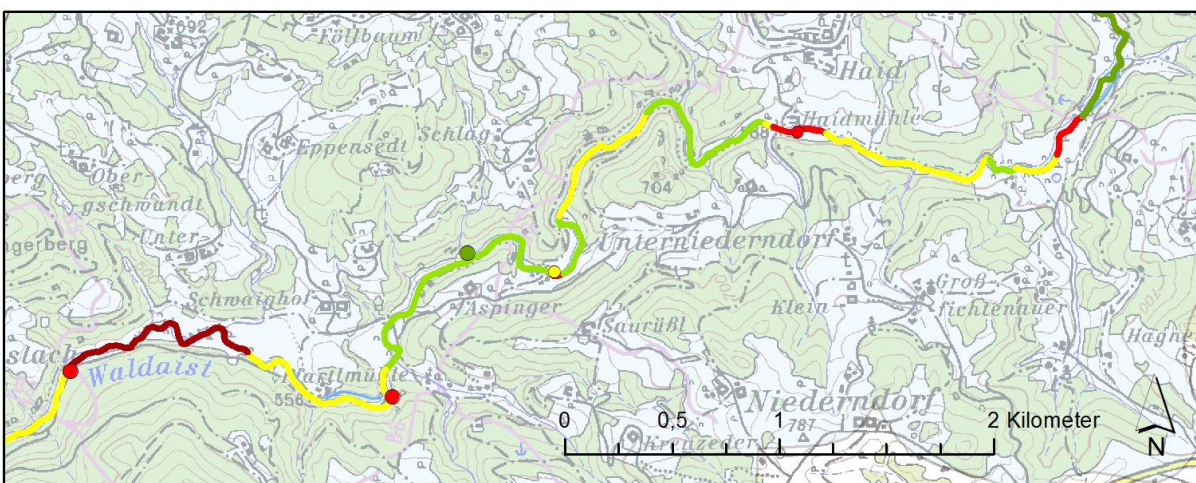


Abbildung 37: Versandungssituation in einem für die Flussperlmuschel interessanten Bereich der Waldaist.

Unterhalb anschließend erfolgt fast durchgehend eine Einstufung in die Versandungskategorie 2, mit durch Klasse 3 gekennzeichneten Unterbrechungen in Bereichen wo es zu Rückstauereffekten vor allem durch Wasserkraftnutzungen kommt. Die Waldaist fließt hier durch ein enges V-Tal und wäre natürlicherweise durch grobblockige Strukturen charakterisiert, die stellenweise noch vorhanden sind aber teilweise auch aus Hochwasserschutzgründen entfernt wurden.

Einige steilere Abschnitte konnten auch in die Versandungskategorie 1 eingestuft werden.

Die größten Sanddepots im Verlauf der Waldaist sind (Quelle Richtung flussab):

- Staubereich flussab von Weitersfelden (KW Pieberbach) (schlecht zugänglich)
- Staubereich bei der Haidmühle (gut zugänglich)
- Abschnitt / Staubereich bei Haslach
- Diverse Querbauwerke im Mittellauf (Zugänglichkeit unterschiedlich)
- Staubereich bei der Mühle in der Noth (mäßig zugänglich)

- Staubereich bei der Pfahlmühle (gut zugänglich, großes Depot)

Nach dem Zusammenfluss von Feld- und Waldaist fließt die Aist über ein kurzes noch relativ flaches Stück Richtung Josefstal. Durch das geringe Gefälle und zusätzliche Sedimenteinträge aus dem Kettenbach, liegt hier die Versandungskategorie 3 vor. Der Kettenbach bringt aufgrund der geologischen Bedingungen in seinem Einzugsgebiet äußerst feines und damit sehr mobiles Material.

Bis nach Schwertberg schließt danach eine steile und energiewirtschaftlich intensiv genutzte Strecke - das Josefstal - an. Auch in diesem Abschnitt dominieren die Versandungsklassen 2 und 3.

Bei Schwertberg tritt die Aist in die Donauebene hinaus. Durch die starke hydromorphologische Überprägung ist das Gewässer im Gesamten stark verändert. Naturnahe Fließverhältnisse sowie eine natürliche Strukturausstattung sind hier nicht mehr zu finden. Über große Bereiche bilden sich keine natürlichen Substratverhältnisse aus.

Bei der Einmündung in die Donau weist das Einzugsgebiet eine Größe von 643 km² auf. Insgesamt wurden 122,2 Fluss-Kilometer kartiert. Die unterschiedlichen Teileinzugsgebiete zeigen ein sehr differenziertes Bild und ermöglichen so sehr gut die Entwicklung von Hypothesen in Bezug auf die Ursachen der Versandung.

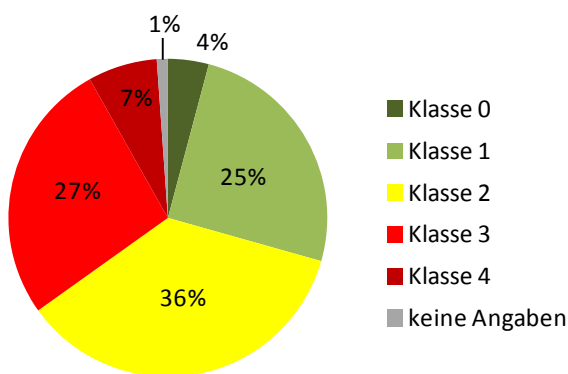


Abbildung 38: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Aist (bezogen auf die Streckenlänge).

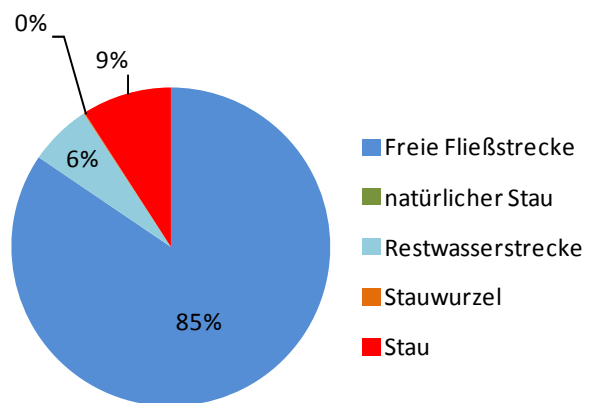


Abbildung 39: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Aist (bezogen auf die Streckenlänge).

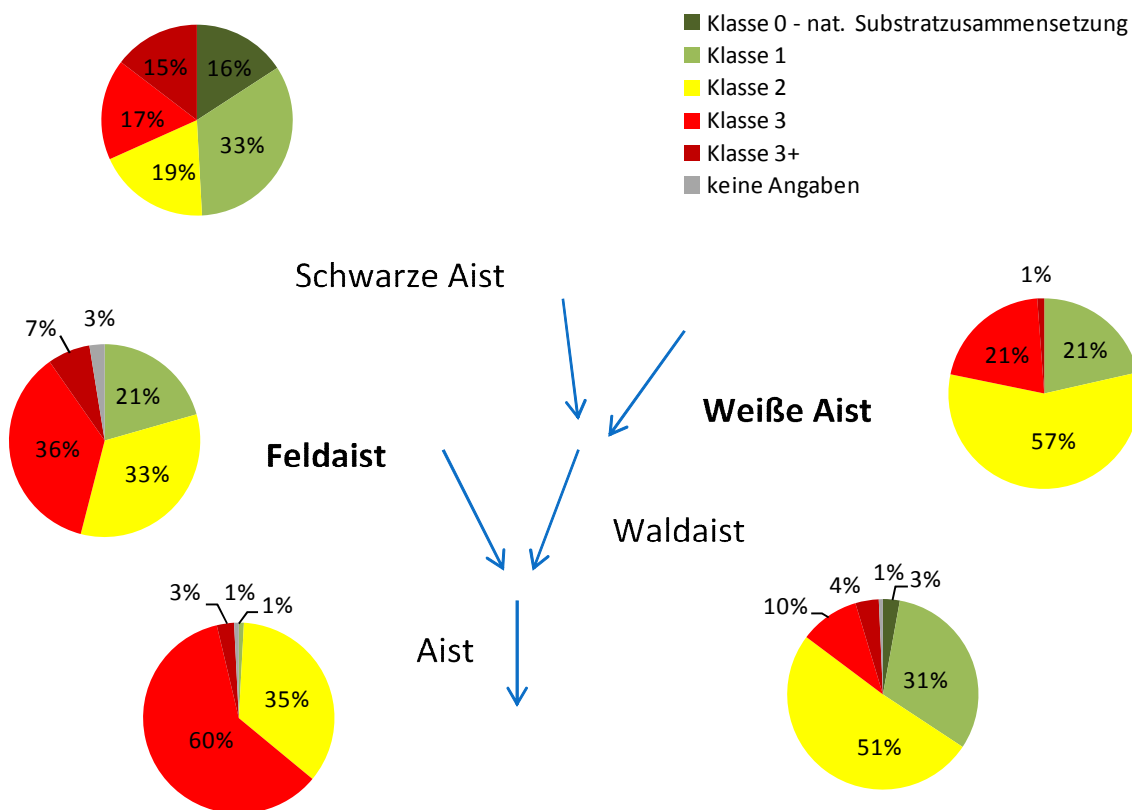


Abbildung 40: Versandungssituation in den einzelnen Teilabschnitten des Aist-Systems.

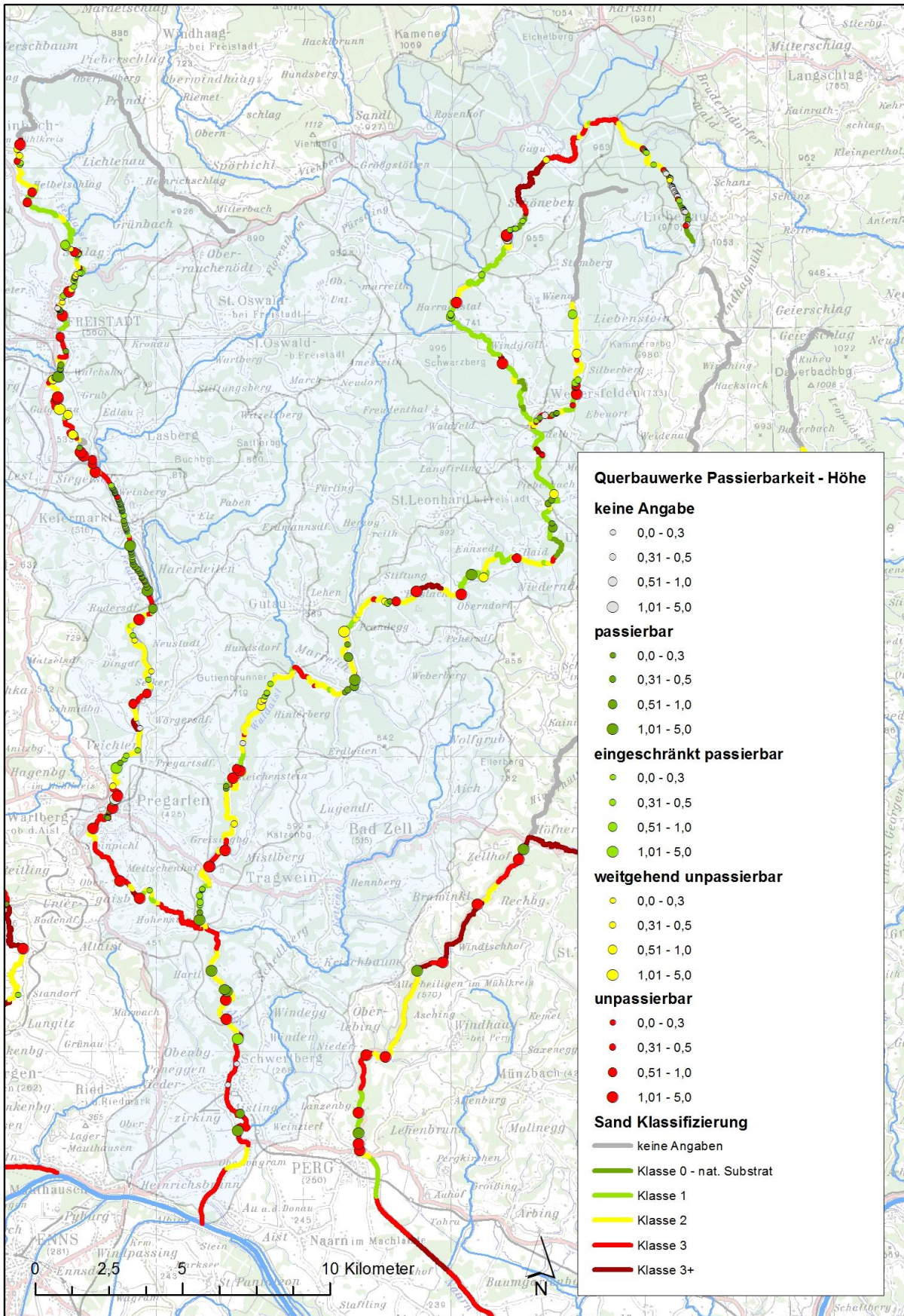


Abbildung 41: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für das Aist-System hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.

6.2.4. Das Einzugsgebiet der Gusen

Das Gusen-System besteht aus der rechtsufrig kommenden Kleinen Gusen und der linksufrig zufließenden Großen Gusen, die sich im Bereich flussauf von Katsdorf zur Gusen vereinen. Die beiden Teilsysteme im Oberlauf weisen eine sehr unterschiedliche Charakteristik auf.

Die Große Gusen entspringt im Bereich oberhalb von Reichenau und fließt relativ steil bis etwas flussauf von Gallneukirchen in einer vergleichsweise extensiv genutzten Landschaft. Überwiegend wird das Gewässer dem Flachbett-Typ zugeordnet. Lediglich im Bereich flussauf und flussab der Einmündung des Steinbaches kommt es aufgrund des flacheren Gefälles zur Ausprägung eines Kolk-Furt-Typs. Wie überall wo das Gefälle flacher ist, wurden hier Versandungstendenzen der Klasse 2 festgestellt. Darüber hinaus finden in Zusammenhang mit ehemaligen oder noch bestehenden Wasserkraftnutzungen Sandakkumulationen statt.

Etwa im Bereich Riedegg tritt die Große Gusen in das Gallneukirchner Becken ein. Im Ortgebiet ist sie komplett durchreguliert. Hier kommt es vor allem oberhalb der alten Wehranlagen zu einer deutlichen Versandung der Klasse 3 und auch zu Sandablagerungen im Regulierungsprofil des Gewässers.

Ein weiterer großer Sandfang ergibt sich im Oberwasser des ehemaligen Ausleitungswehres in Schweinbach.

Etwas unterhalb der Autobahnquerung beginnt eine kurze, energiewirtschaftlich intensiv genutzte Durchbruchsstrecke bis zum Austritt in das Katsdorfer Becken. Nach etwa 1,5 km fließt die Große Gusen hier mit der Kleinen Gusen zusammen. Der Zusammenfluss verursacht offenbar eine weitere Abflachung des Gefälles und damit in beiden Zuflüssen größere Sandablagerungen.

Beim Zusammenfluss ergibt sich der Eindruck, dass den bedeutenderen Anteil der Sandfracht die Kleine Gusen mit sich führt. Diese Einschätzung bestätigte sich im weiteren Verlauf der Kartierung der Kleinen Gusen.

Die Kleine Gusen entspringt etwas flussauf von Hirschbach i. M. und ist im Bereich der Ortschaft stark reguliert. Flussab schließt eine relativ wenig überprägte Strecke mit zahlreichen kleinen Gewässerwindungen an, die im Bereich der Kläranlage wiederum durch einen massiv gesicherten Bereich abgelöst wird. Das Gefälle ist hier relativ steil bis im Bereich der Straßenbrücke in Unterhirschgraben ein flaches Talmäanderstück beginnt. Dieser Abschnitt zeichnet sich neben der Naturnähe auch durch einen sehr geringen Versandungsgrad aus.

Ab der Höhe des Hauses Achleiten 1 wird das Gefälle noch flacher und es bilden sich noch deutlichere Mäander aus. Der folgende Abschnitt ist stark durch seine naturnahe Morphologie und den Aktivitäten des Bibers gekennzeichnet. Ab hier kommt es streckenweise zu Versandungen der Klasse 2 und 3. Die Versandungstendenz nimmt ab hier weiter zu. Vor allem im Bereich von Neumarkt wurde das Gewässer über einen sehr weiten Bereich mit der Klasse 3 eingestuft. Hier ist die gesamte Gewässersohle fast durchgehend mit Sand überdeckt und die Grundanrainer berichten von einem raschen Ausufernden der Kleinen Gusen bei erhöhten Wasserführungen. Durch den fehlenden bis sehr dünnen Ufergehölzstreifen wird auch dem Erodieren der Ufer stellenweise Vorschub geleistet. Eine zusätzliche Verschärfung ergibt sich in diesem Bereich durch die Aktivitäten des Bibers, der zwar an sich durch das Einbringen von Strukturen als gewässerökologisch positiv bewertet werden kann aber dessen Aktivitäten in der Kombination mit dem sehr lückigen Ufergehölzstreifen zu einer übermäßigen Erosion der Ufer führen, da

diese nicht ausreichend durch Wurzeln geschützt sind. Wünschenswert wäre eine Kombination aus dicht bewachsenen Ufern und einer natürlichen Dynamik, die die Aktivitäten des Bibers miteinschließt.

Weiter flussab schließt eine relativ steile Durchbruchsstrecke bis Unterweikersdorf an. Trotz der hier höheren Fließgeschwindigkeiten muss diesem Bereich eine Versandung der Klasse 2 attestiert werden.

Ab Unterweikersdorf ist neben der leichten Versandung vor allem eine sehr starke organische Belastung in Kombination mit einem starken Algenaufwuchs und einer deutlichen Feinsedimentbelastung in der Kleinen Gusen ersichtlich. Das Gewässer ist hier über weite Bereiche reguliert, wodurch der Sand schneller weiter transportiert wird. Wiederrum zum Liegen kommt er im naturnäheren und flacheren Bereich ab dem Zufluss des Fisnitzbaches bis zum Zusammenfluss mit der Großen Gusen.

Ab dem Zusammenfluss bis über das Ortsgebiet von Katsdorf hinaus ist das Gewässer sogar der Versandungsklasse 3+ zuzuordnen. Dies liegt neben dem flachen Gefälle auch an einem alten Ausleitungswehr. Ein noch größeres Sanddepot befindet sich allerdings bei dem noch in Betrieb befindlichen Wehr im Bereich Lungitz vor dem Eintritt der Gusen in die nächste Durchbruchsstrecke, in der aufgrund der Gefällesituation die Wasserkraftnutzung das Bild prägt.

Nach dem Austritt in das St. Georgener Becken beginnt die Regulierungsstrecke für den dortigen Siedlungsbereich. Durch die zahlreichen Querbauwerke und die stark überprägte Morphologie kommt es hier zu verstärkten Versandungstendenzen.

Unterhalb der Ortschaft weist die Gusen wieder einen naturnäheren Verlauf auf. Dieser ist durch sein sehr geringes Gefälle sehr stark versandet und der Sand ist auch über weite Strecken selbst bei Niederwasser mobil. Der direkte Mündungsabschnitt wurde vermutlich im Zuge der Donauregulierung begradigt und es kommt zu großflächigen Sandablagerungen, die jedoch in diesem Bereich keine Hochwassergefährdung darstellen.

Insgesamt entwässert die Gusen ein Gebiet von 293,4 km², wobei 68,3 km Fließgewässer im Zuge der Kartierung berücksichtigt wurden.

Die größten Sanddepots im Einzugsgebiet der Gusen sind somit zusammenfassend (Quelle Richtung flussab):

- Eingestaute Regulierungsstrecke der Großen Gusen in Gallneukirchen
- Staubereich der Großen Gusen bei Schweinbach
- Naturnaher Bereich der Kleinen Gusen bei Neumarkt i. M.
- Flacher Talboden beim Zusammenfluss von Großer und Kleiner Gusen (starke Versandung in beiden Gewässern) inklusive des weiteren Verlaufs der Gusen bis flussab des Ortsgebiets von Katsdorf (großes Sanddepot, gut zugänglich)
- Staubereich bei Lungitz / Unterende des Katsdorfer Beckens (sehr großes Depot, gut zugänglich)
- Regulierungsbereich St. Georgen

- Gesamter Bereich der Mündung der Gusen in die Donau

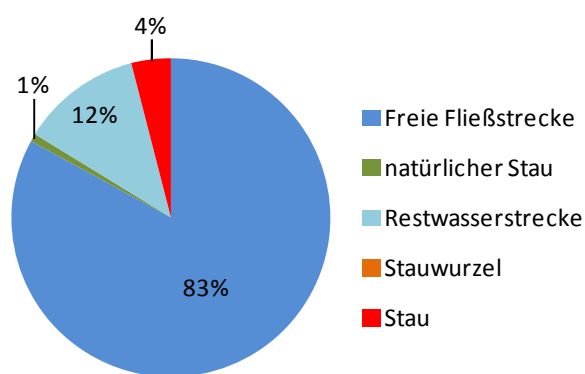
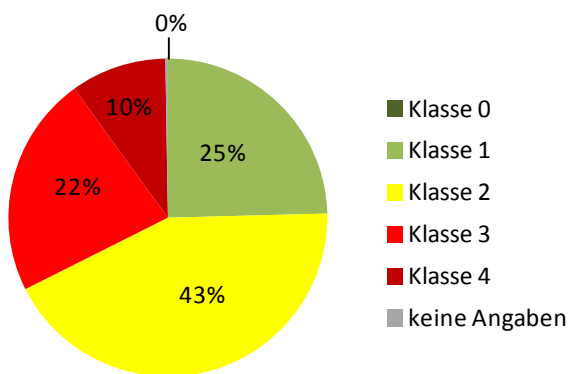


Abbildung 42: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Gusen (bezogen auf die Streckenlänge).

Abbildung 43: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Gusen (bezogen auf die Streckenlänge).

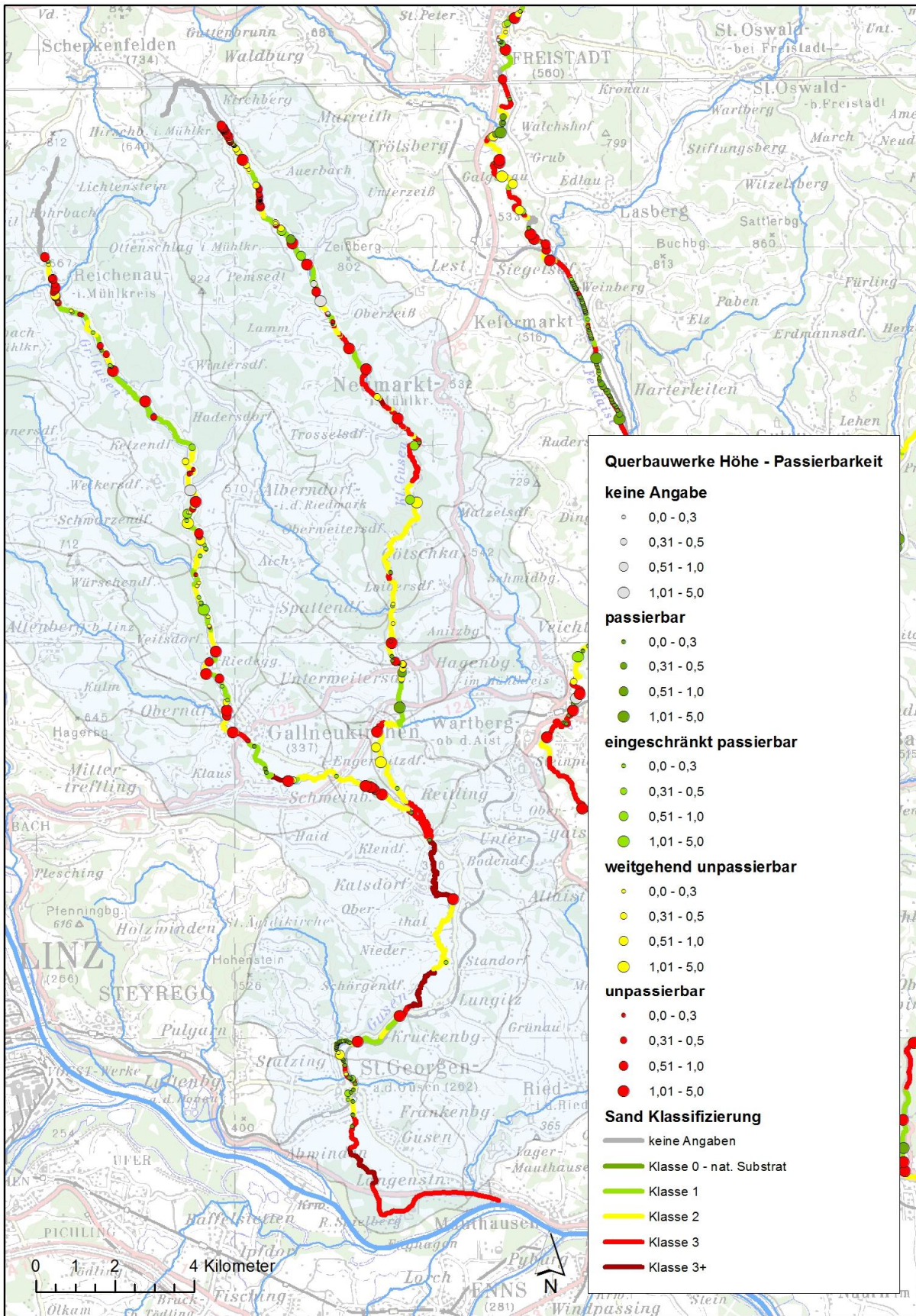


Abbildung 44: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für das Gusen-System hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.

6.2.5. Das Einzugsgebiet der Rodl

Die (Große) Rodl ist durch ein relativ gleichmäßiges, steiles Gefälle und damit durch viele Kaskaden- und Flachbett-Abschnitte im Mittellauf geprägt. Lediglich im Unterlauf flussab von Gramastetten und im Oberlauf im Bereich Bad Leonfelden treten längere flachere Stücke auf, wo sich Kolk-Furt-Bereiche bzw. (anthropogene) Flachbett-Bereiche abwechseln. Es wurden auch nur in diesen Bereichen sowie an ein paar Querbauwerken im Mittelteil Versandungstendenzen festgestellt. Ansonsten weist die Rodl eine sehr natürliche Substratzusammensetzung auf.

Nach dem Gefälleknick in die Donauebene hinaus besteht durch die Sedimentation des Sandes im Bereich Walding und Ottensheim ein gewisser Handlungsbedarf. Insgesamt entwässert die Rodl bis zur Mündung ein Gebiet von 268 km². Es wurden 41,8 km Fließgewässer in diesem Bereich kartiert.

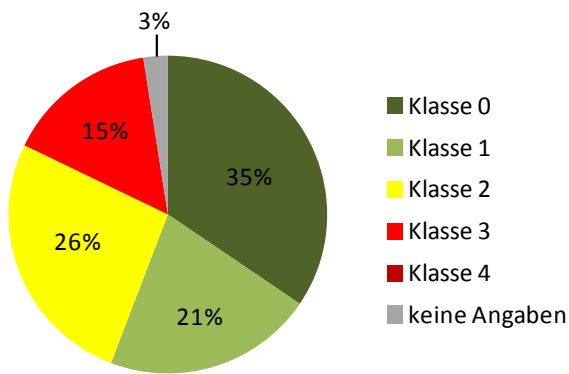


Abbildung 45: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Rodl (bezogen auf die Streckenlänge).

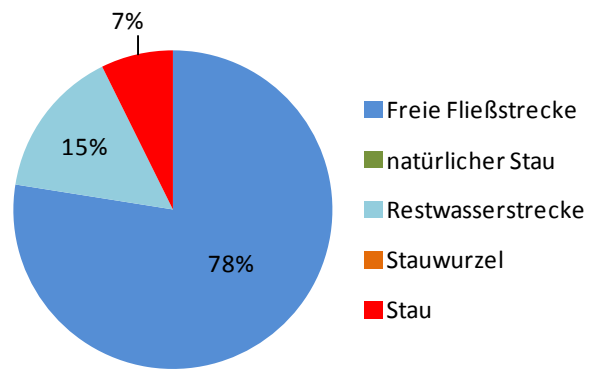


Abbildung 46: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Rodl (bezogen auf die Streckenlänge).

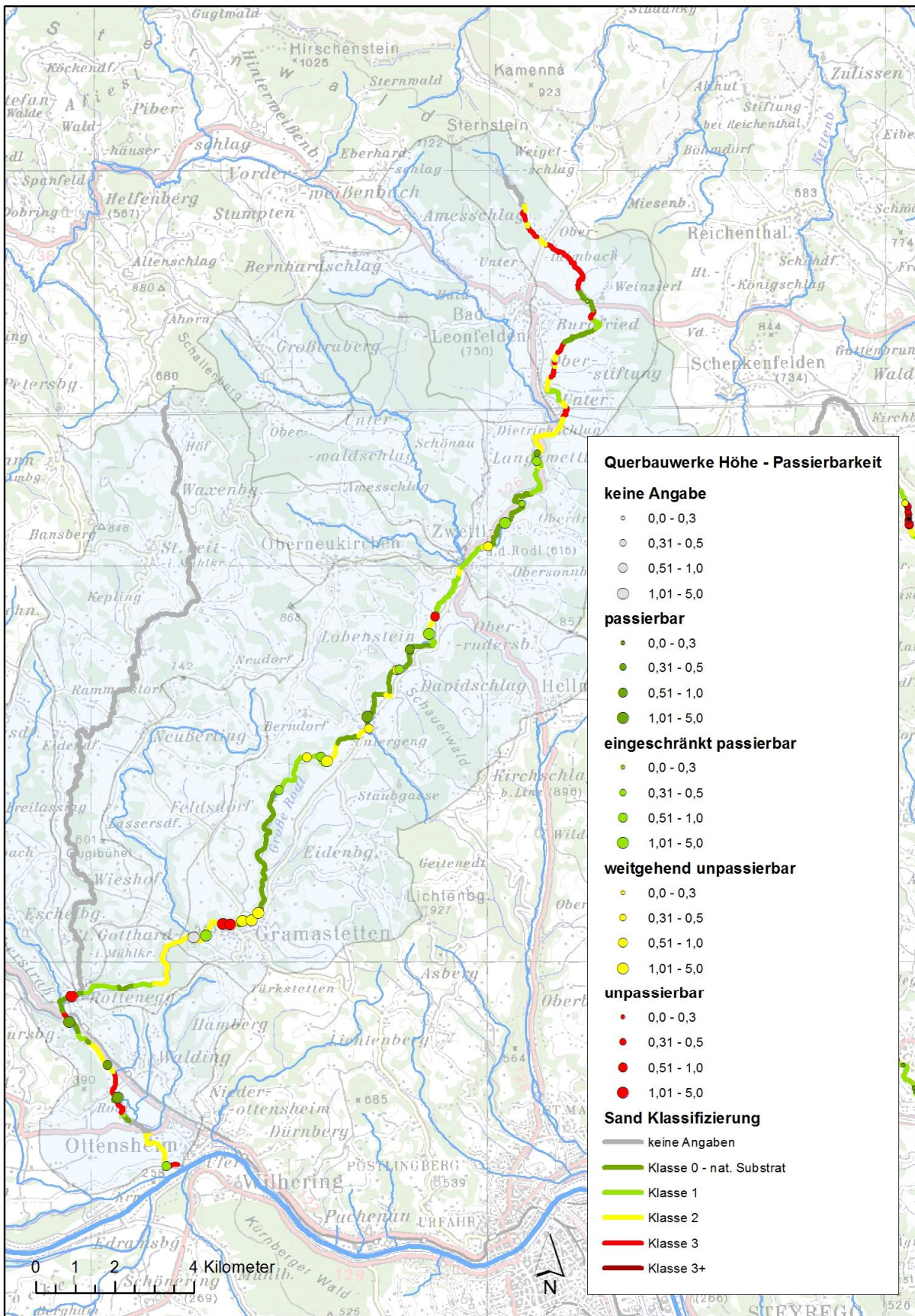


Abbildung 47: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für das Rodl-System hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.

6.2.6. Das Einzugsgebiet Großen Mühl

Die Große Mühl wurde von der Mündung in die Donau bis in den bayerischen Oberlauf bei Neureichenau begangen (66,3 km). Das gesamte Einzugsgebiet umfasst 559 km².

Insgesamt ist die Große Mühl als eines der geringer mit Sand belasteten Fließgewässer im Untersuchungsgebiet zu bezeichnen. Dies mag zum einen an den geologischen Ausgangsbedingungen liegen und zum anderen am relativ kontinuierlichen mäßigen Gefälle mit dem die Mühl zur Donau hin absteigt. Beinahe der Hälfte der Flusskilometer der Großen Mühl kann eine natürliche oder sehr naturnahe Substratzusammensetzung attestiert werden.

Versandungsgrade der Klasse 3 konnten lediglich im flachen Talmäanderabschnitt im bayerischen Oberlauf sowie in den Staubereichen bei Neufelden festgestellt werden.

Dies ist auch insofern bemerkenswert, als dass die Große Mühl eines der am stärksten energiewirtschaftlich genutzten UntersuchungsGewässer ist.

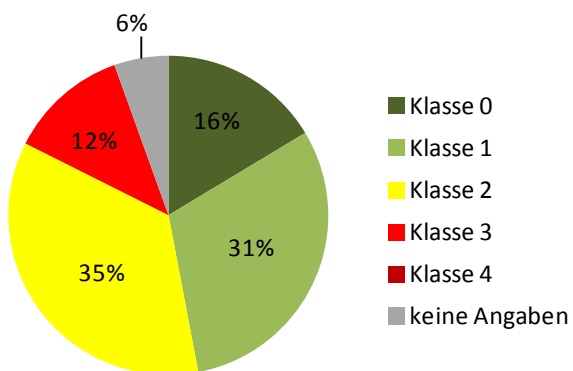


Abbildung 48: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Gr. Mühl (bezogen auf die Streckenlänge).

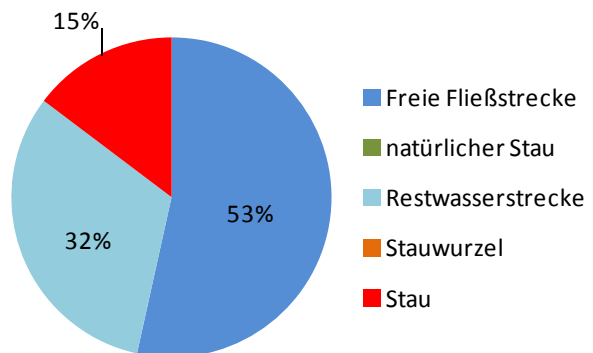


Abbildung 49: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Gr. Mühl (bezogen auf die Streckenlänge).

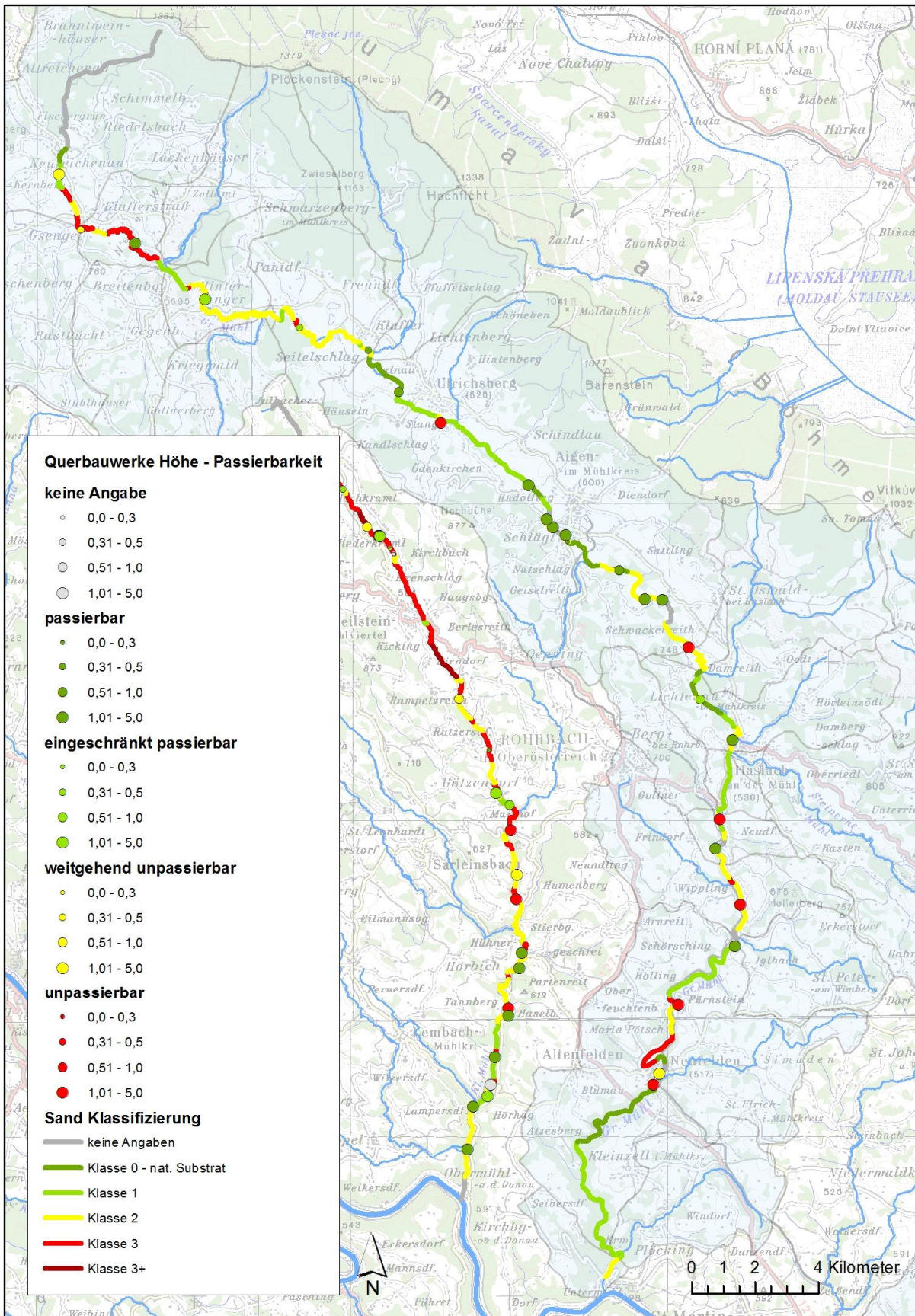


Abbildung 50: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für die Gr. Mühle hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.

6.2.7. Das Einzugsgebiet der Kleinen Mühl

Die Kleine Mühl weist im Gegensatz zur Großen Mühl eine deutlich andere Charakteristik auf. Vor allem in der oberen Hälfte bildet sie hydromorphologisch als Kolk-Furt-Typ einzustufende Gewässerabschnitte aus, die zu einer verstärkten Versandung neigen. Bis auf die Höhe von Sarleinsbach (flussab von Rohrbach) weist das Gewässer deshalb fast durchgehend die Versandungsklasse 3 oder sogar 3+ auf. Darunter anschließend beginnt der Abstieg zur Donau hin, wodurch sich die Gefällesituation und damit einhergehend auch der Flusstyp und die Versandungstendenz ändern. Es überwiegt ab hier die Versandungsklasse 2. In den Staubereichen der Energiewirtschaft akkumuliert der Sand und es erfolgte eine Einstufung in die Klasse 3. Lediglich in den steileren Bereichen ab Lembach kann eine Klassifizierung in die Klasse 1 erfolgen.

Insgesamt wurden 30,9 km der Kleinen Mühl begutachtet. Das Einzugsgebiet weist eine Gesamtgröße von 202 km² auf.

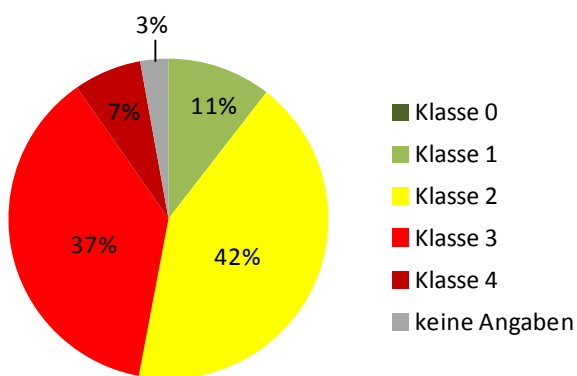


Abbildung 51: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Kl. Mühl (bezogen auf die Streckenlänge).

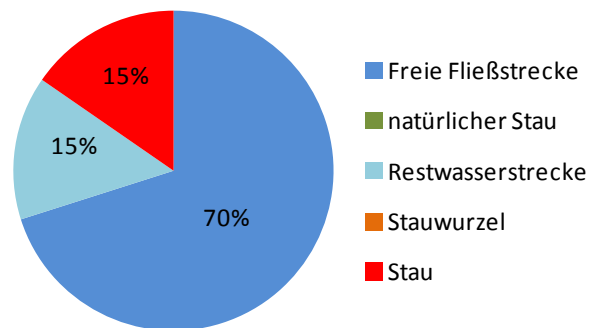


Abbildung 52: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Kl. Mühl (bezogen auf die Streckenlänge).

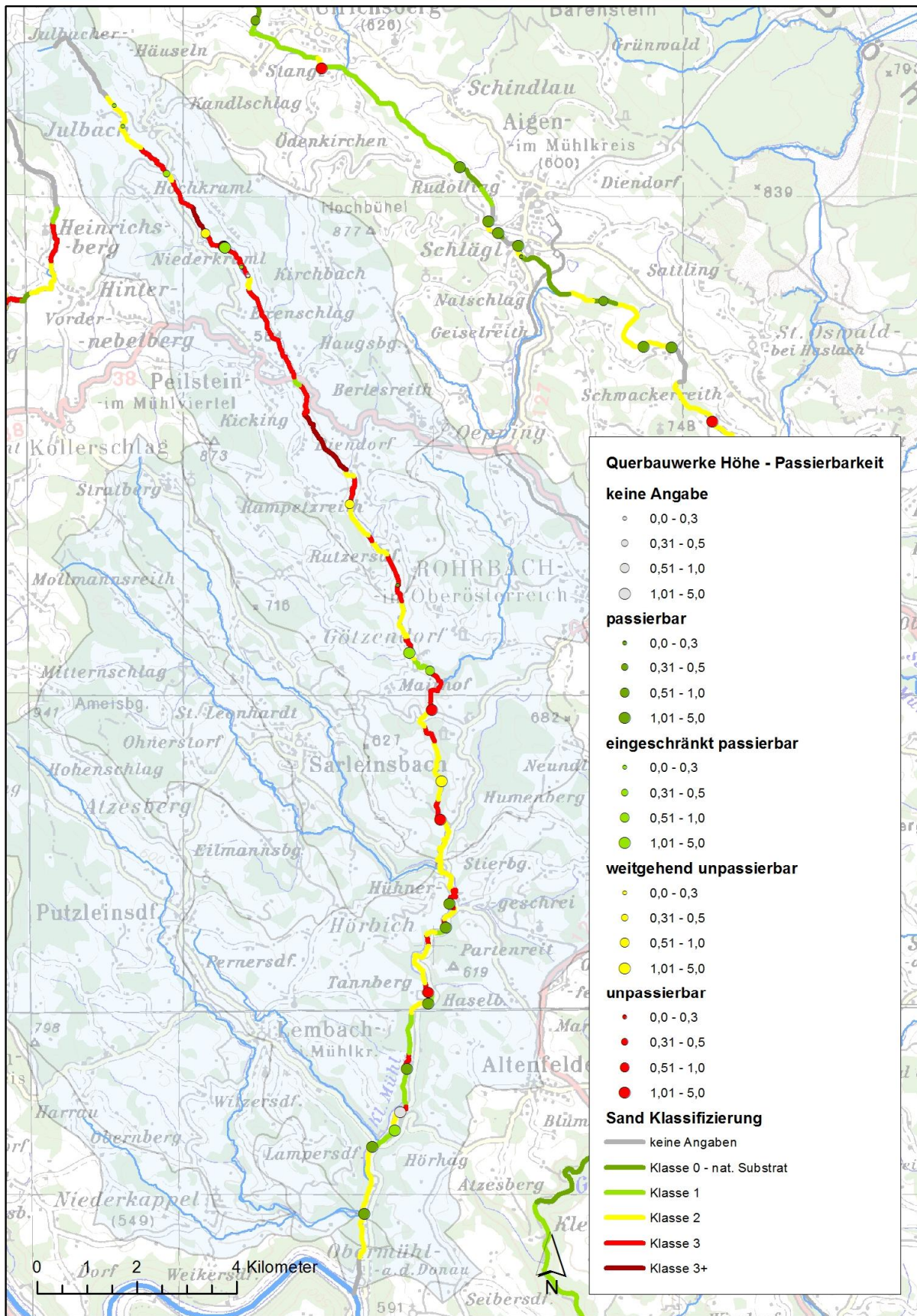


Abbildung 53: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für die Kl. Mühl hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.

6.2.8. Das Einzugsbiet des Osterbaches

Der Osterbach ist das kleinste der betrachteten Systeme und hat eine Einzugsgebietsgröße von 81 km² bei der Einmündung in die Ranna. Neben dem Osterbach selbst wurde auch der Pfeilbach, der zweite größere Quellbach, in die Kartierung mitaufgenommen. Somit wurden insgesamt 21,5 km Fließgewässer begangen.

Im Oberlauf bis etwa Wegscheid sind der Osterbach und auch sein Zufluss der Pfeilbach durch ein flacheres Gefälle und damit eine stärkere Versandung geprägt. Im Unterlauf anschließend bis zur Ranna hin ist das Gefälle steiler und das Gewässer weniger anfällig für sehr starke Versandungen.

Insgesamt ist der Osterbach stark energiewirtschaftlich überformt - fast ein Drittel der Lauflänge ist ausgeleitet und somit als Restwasserstrecke zu bezeichnen.

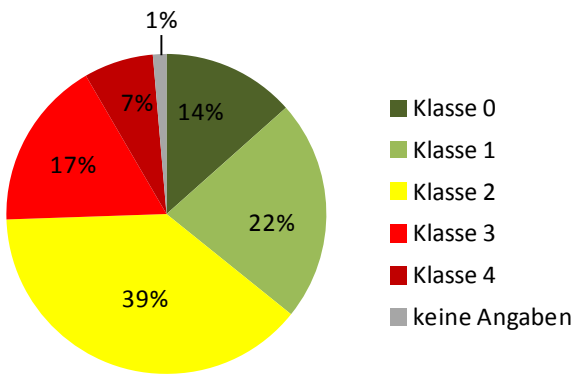


Abbildung 54: Anteile der Versandungsklassen im EZG des Osterbaches (bezogen auf die Streckenlänge).

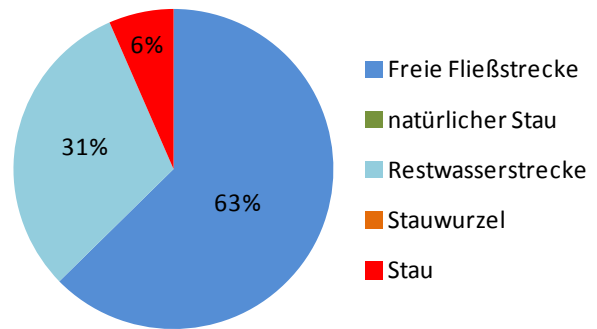


Abbildung 55: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG des Osterbaches (bezogen auf die Streckenlänge).

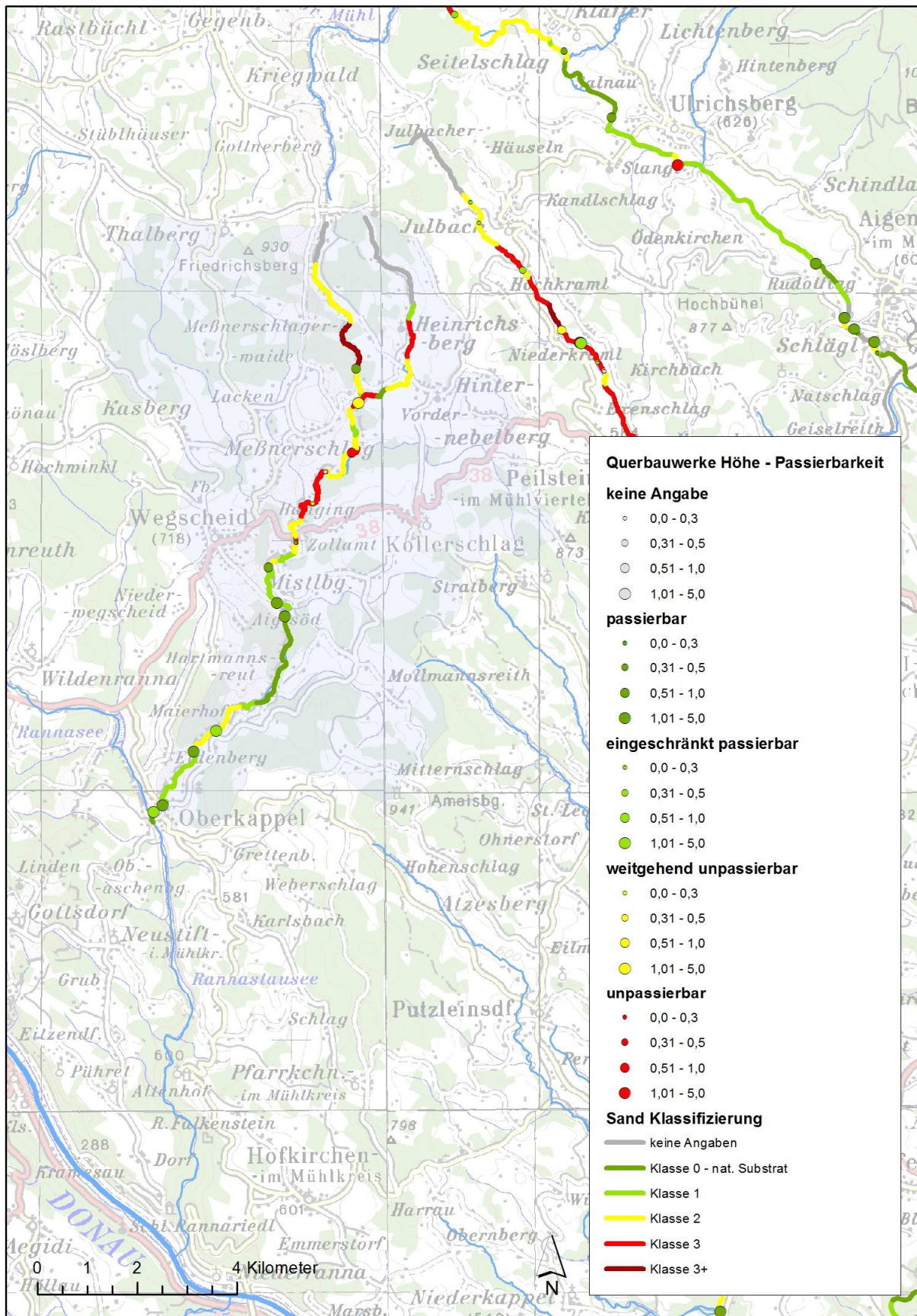


Abbildung 56: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für den Osterbach hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.

6.2.9. Das Einzugsgebiet der Erlau

Die Erlau liegt zur Gänze auf bayerischem Gebiet und ist neben der Großen Rodl, der Großen Mühl und der Waldaist eines der eher geringer mit Sand belasteten Gewässersysteme. Steilere Abschnitte finden sich bei Waldkirchen und im Unterlauf. In diesen Bereichen wurde die Substratzusammensetzung sehr natürlich eingeschätzt.

Die größten Sanddepots befinden sich im mäandrierenden Bereich bei Großthannensteig wo es zusätzlich zu dem flachen Gefälle auch zu Rückstauwirkungen durch ein Querbauwerk kommt, sowie in den Staureichen im Mittellauf der Erlau. Grundsätzlich ist die Erlau sehr stark energiewirtschaftlich überprägt.

Dies schlägt sich in Kombination mit der relativ intensiven agrarischen Nutzung im Einzugsgebiet auch in einer starken Feinsedimentbelastung nieder. Deutlich konnte dies auch beim Ortsaugenschein im Zuge des Workshops in Passau beobachtet werden.

In Summe entwässert die Erlau ein Gebiet von 218 km². Begutachtete wurde eine Fließgewässerlänge von 36,8 km.

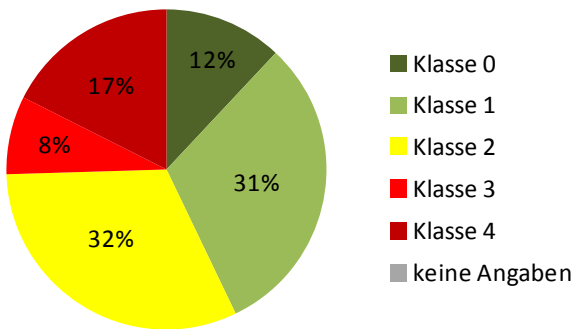


Abbildung 57: Anteile der Versandungsklassen im EZG der Erlau (bezogen auf die Streckenlänge).

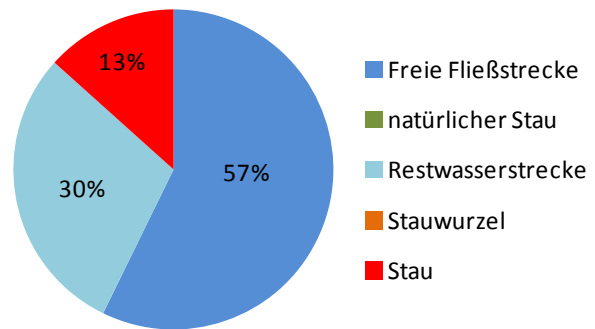


Abbildung 58: Anteile der hydrologischen Verhältnisse im EZG der Erlau (bezogen auf die Streckenlänge).

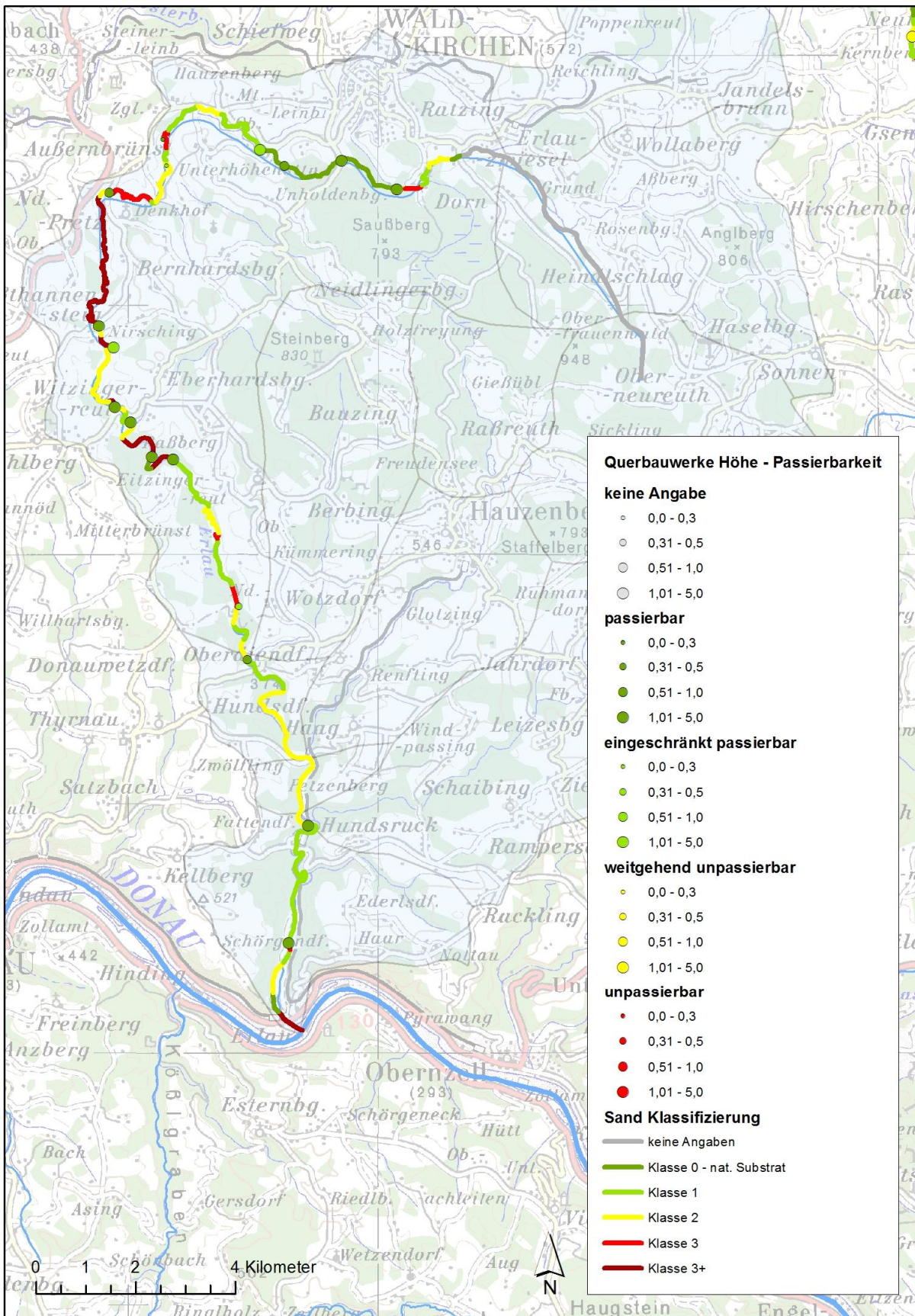


Abbildung 59: Übersicht über die Kartier-Ergebnisse für die Erlau hinsichtlich Versandung und Querbauwerke.

6.2.10. Vergleich der Einzugsgebiete hinsichtlich verschiedener Parameter

Die statistische Aufarbeitung der Daten erfolgt in den nachstehenden Kapiteln. Im Folgenden werden die untersuchten Gewässer in Bezug auf unterschiedliche Parameter vergleichend dargestellt um die zunächst beschriebenen Ähnlichkeiten und Unterschiede nochmals klarer aufzuzeigen.

Sowohl beim Grad der menschlichen Überprägung wie auch bei der Sand- und Feinsedimentbelastung ergeben sich deutliche Unterschiede (Abbildung 60 bis Abbildung 63). Daraus wird bereits klar ersichtlich, dass jedes einzelne Gewässer eine ihm eigene Charakteristik aufweist, wiewohl alle untersuchten Flüsse und Bäche einer relativ einheitlichen Landschaftseinheit angehören.

Wie bereits auch zum Thema Feinsediment festgestellt (vgl. Höfler & Gumpinger, 2014) ist neben dem grundsätzlichen Vorhandensein bestimmter Kornfraktionen durch Eintragsquellen und -wege, vor allem die lokal wirksame Hydromorphologie die entscheidende Größe für das Ausmaß des Problems. Hier spielt vor allem auch der Grad an menschlicher Überprägung eine wesentliche Rolle, da dadurch sowohl Gefälle wie auch Fließgeschwindigkeiten stark beeinflusst werden (Abbildung 60 und Abbildung 61).

Grundsätzlich kann man sagen, dass sich im Grobkorn-Kristallin eher Fließgewässertypen ausbilden, die einen starken Wechsel aus Flachstücken und Kaskadenstrecken zeigen, zur Versandung neigen, die Versandung aber eher durch gröberes Material geprägt ist. Dies gilt beispielsweise für die Waldaist oder die Große Naarn.

Im Feinkristallin bilden sich tendenziell eher sanfte Landschaftsformen und die Gewässer zeigen ein stetiges, mäßiges Gefälle. Die Versandungstendenz ist geringer. Dadurch sind beispielsweise der Osterbach oder auch die Große Mühl geprägt.

Diese Einschätzung kann jedoch nur als Grundtendenz verstanden werden, da Einzugsgebiete zum einen oftmals unterschiedliche geologische und damit Landschafts-Formationen durchschneiden und zum anderen auch überlagernde Phänomene wie die Intensität der menschlichen Landnutzung, das Bild deutlich verändern. Als Beispiel kann hier die Feldaist genannt werden, die aus der geologischen Formation des Freistädter Granodiorit entspringt und sehr feine Sande mit sich führt. Speziell Zubringer aus Bereichen mit Grobkorngraniten wie die Jaunitz oder die Flanitz tragen gemeinsam mit der grundsätzlich sehr intensiven menschlichen Überprägung zu einer sehr starken Versandung in diesem Gewässer bei.

Im Hinblick auf Fragestellungen des Sedimenthaushalts im Zusammenhang mit Hochwasserschutzthemen wurde bei der Kartierung auch das Potential der Ufererosion erhoben. In den Abbildung 64 und Abbildung 65 sind deshalb sowohl die aktuell vorhandenen Uferabbrüche wie auch das Mobilisierungspotential dargestellt. Das Mobilisierungspotential der Ufer beruht dabei auf dem Verbauungsgrad bzw. der Ausprägung der Ufer und ist hauptsächlich als Parameter im Sinne der Hochwasservorsorge zu sehen, da sich daraus Umlagerungs- und Materialmobilisierungstendenzen ablesen lassen. Eine vertiefende Bearbeitung erfolgt im Kapitel 6.3.10.

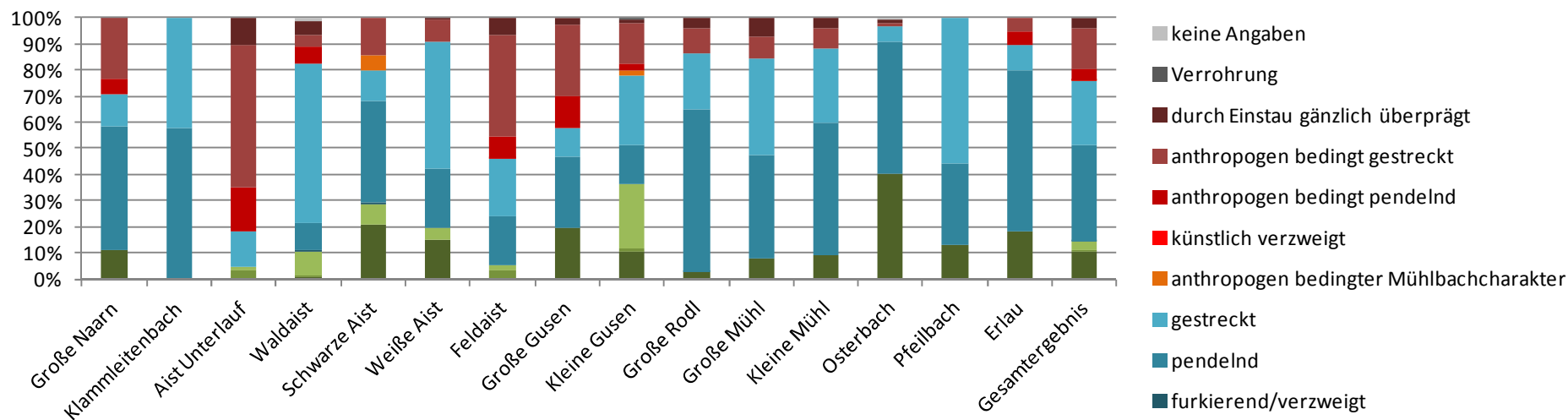


Abbildung 60: Darstellung der Fließgewässertypen nach Längsverlauf in den untersuchten Fließgewässern.

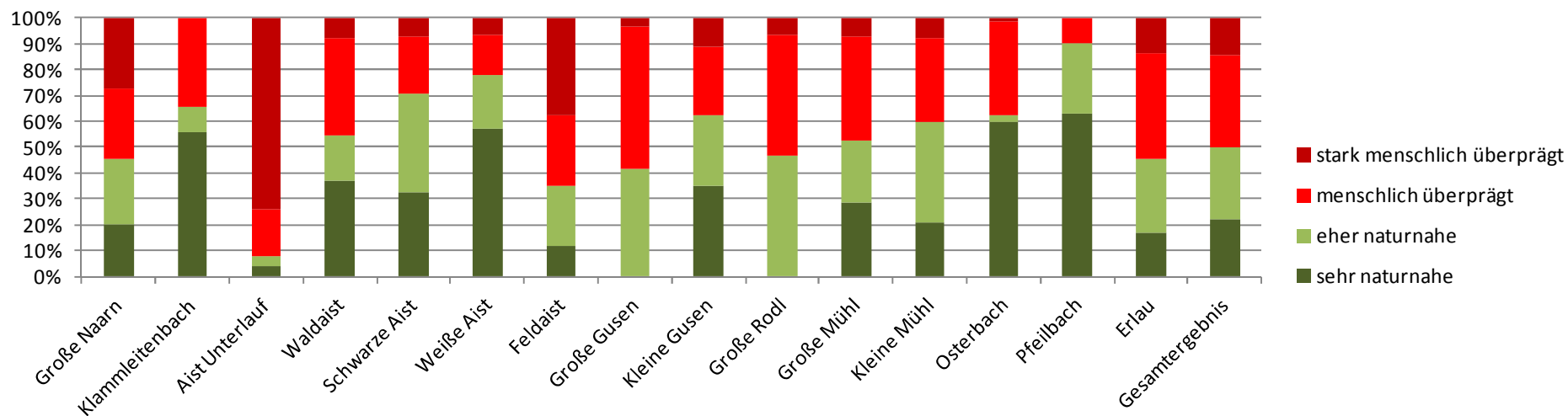


Abbildung 61: Darstellung einer groben Einschätzung des Grades der menschlichen Überprägung in den untersuchten Fließgewässern.

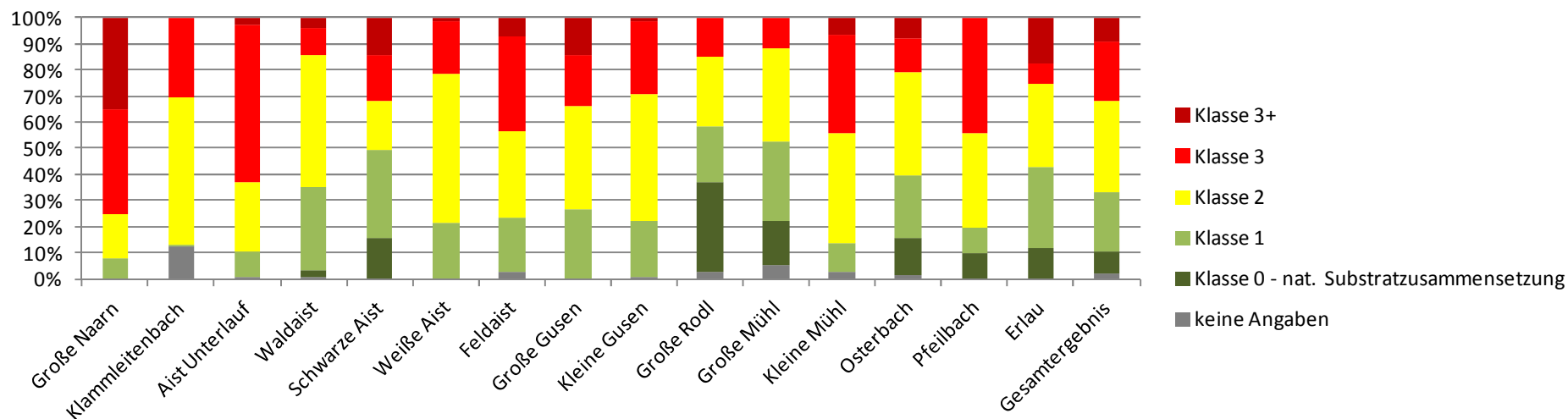


Abbildung 62: Darstellung der Versandungsklassen in den untersuchten Fließgewässern.

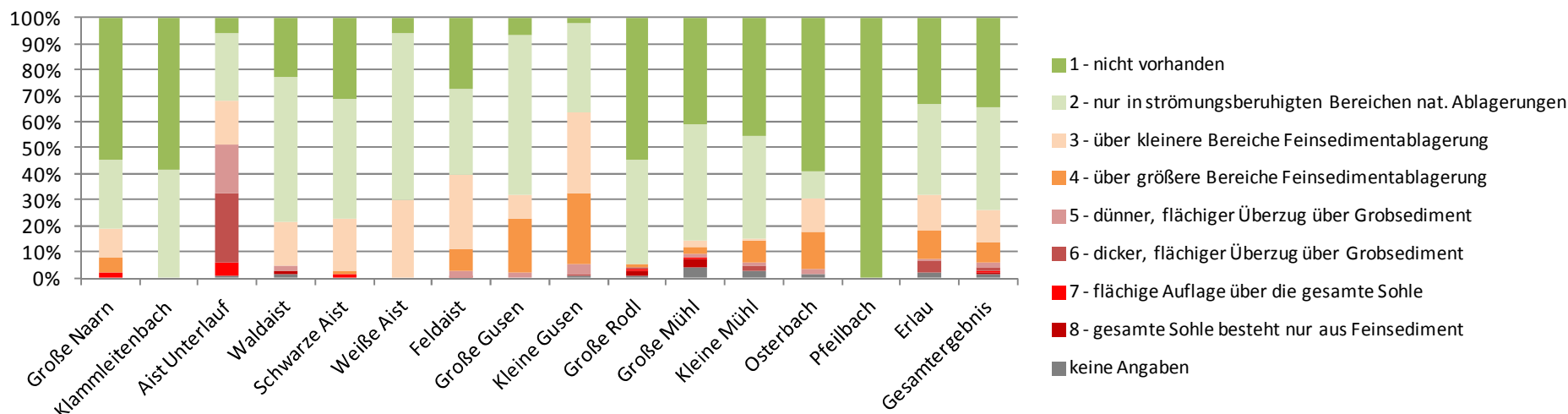


Abbildung 63: Darstellung der Feinsedimentausdehnung in den untersuchten Fließgewässern.

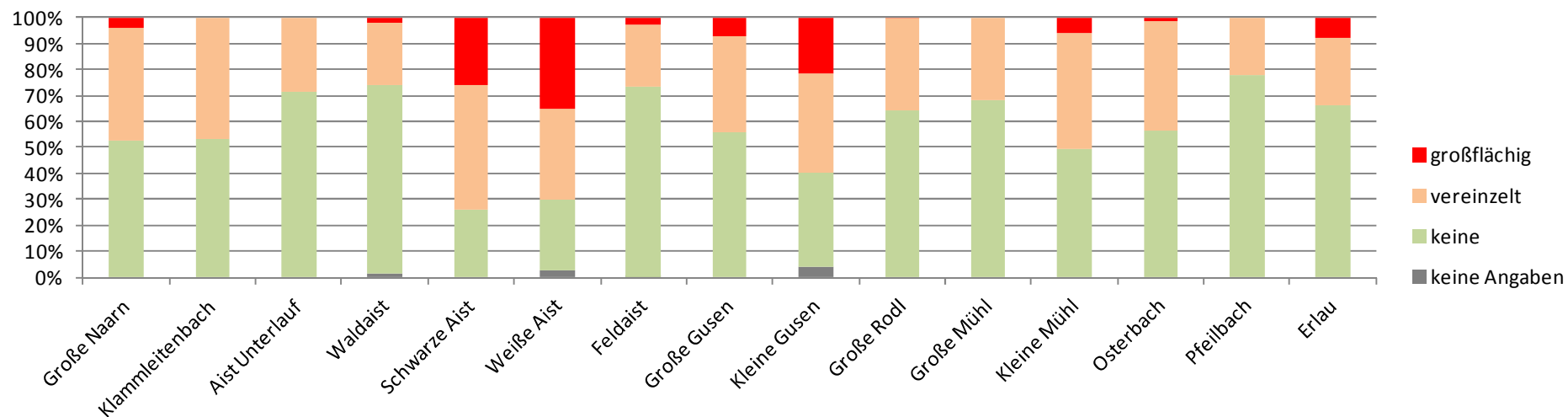


Abbildung 64: Darstellung der Uferanbrüche in den untersuchten Fließgewässerabschnitten.

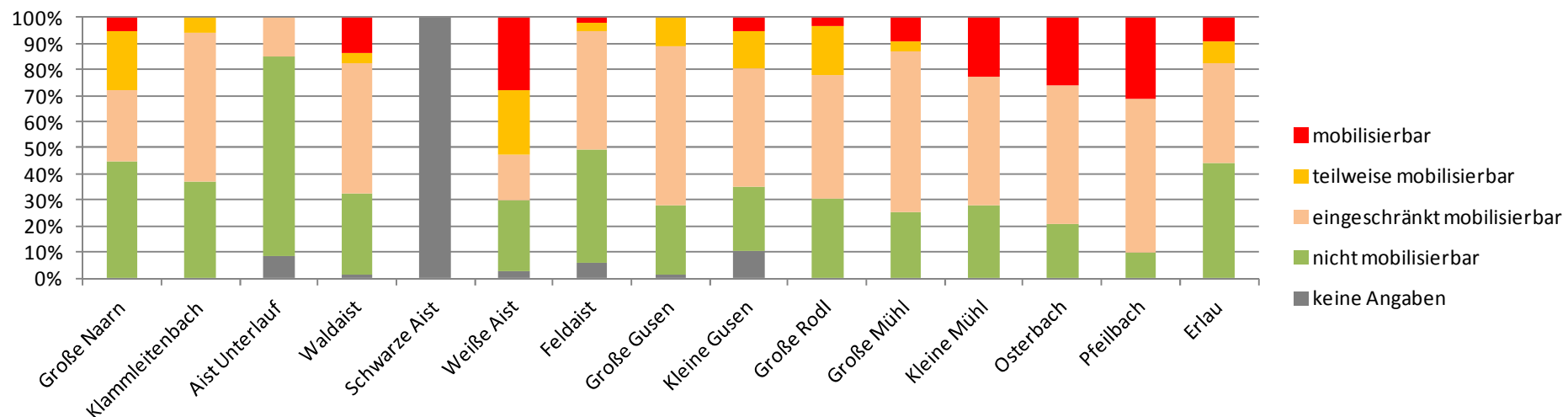


Abbildung 65: Darstellung des Potentials für Ufererosion in den untersuchten Fließgewässerabschnitten (Schwarze Aist: Parameter nicht erhoben).

6.3. Statistische Auswertung hinsichtlich Versandung

6.3.1. Grundsätzliche Korrelation

Die erhobenen Parameter zeigen die erwarteten Korrelationen zwischen den unterschiedlichen Aspekten. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass eine konsistente Datenerfassung erfolgt ist. Neben der stufenweisen Sandklassifizierung ergibt sich so beispielsweise durch die Addition der Choriotop-Flächenanteile von Psammal und Mikrolithal ein weiterer guter Parameter zur Quantifizierung der Versandung.

6.3.2. Versandung in den unterschiedlichen Gewässersystemen

Wie bereits deskriptiv dargestellt zeigen die Gewässer sehr unterschiedliche Versandungstendenzen. Dies bestätigt sich auch im direkten Vergleich (Abbildung 66 und Abbildung 67). Die Gewässersysteme mit den höchsten Anteilen an versandeten Bereichen sind:

- Aist Unterlauf
- Feldaist
- Große Naarn
- Kleine Gusen
- Kleine Mühl
- Pfeilbach
- Schwarze Aist

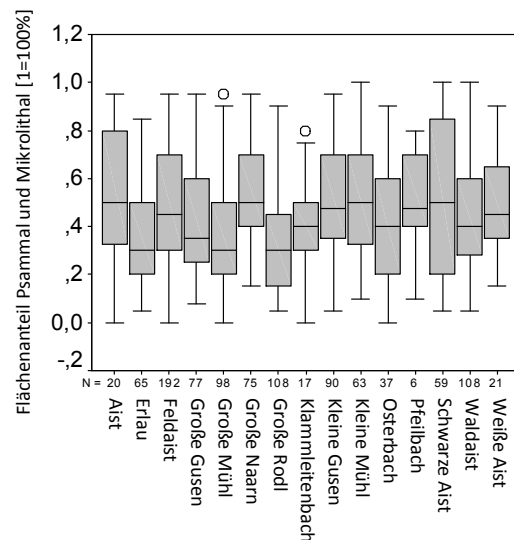
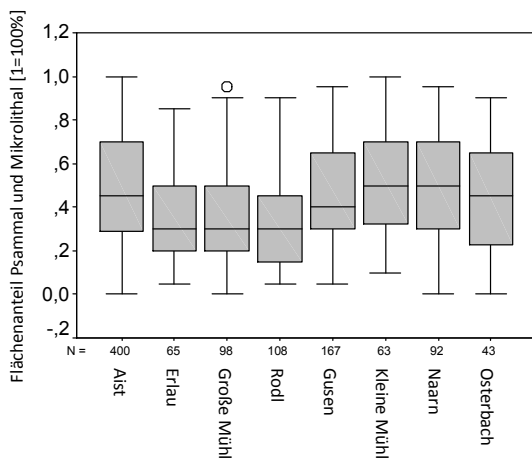


Abbildung 66: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) in den untersuchten Gewässern.

Abbildung 67: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) in den untersuchten Einzugsgebieten.

Wobei das Bild naturgemäß etwas differenziert zu betrachten ist, da beispielsweise die Schwarze Aist eine sehr große Varianz hinsichtlich der Sandbelastung aufweist, da sie über weite Strecken auch eine sehr naturnahe Substratzusammensetzung zeigt. Der Pfeilbach ist aufgrund seiner Kürze etwas gesondert zu sehen.

Auf Einzugsgebietsebene betrachtet, können deutlich zwei Gruppen unterschieden werden: Die wenig belasteten Systeme der Erlau, der Großen Mühl und der Rodl. Und die eher stark belasteten

anderen Systeme, wobei speziell das Naarn-, das Aist- sowie das Kleine Mühl-System als Hot-Spots hervortreten.

6.3.3. Versandung im Zusammenhang mit der Gewässerdimension

Stellt man die Gewässerdimensionen (benetzte Breite, Gewässerbettbreite, mittlere Tiefe und maximale Tiefe) in Verbindung mit der Einschätzung der Versandung zeigt sich unter Einbeziehung aller Fälle bei den Breiten-Parametern eine positive Korrelation auf dem Niveau von 0,05 und eine positive Korrelation mit den Tiefen-Parametern auf dem Niveau von 0,01. Betrachtet man den Parameter Feinsediment besteht ebenso eine positive Korrelation (Niveau 0,01) mit Breite und Tiefe. Umgelegt auf die Praxis, bedeutet das, dass die Unterläufe sowie breite Gewässerabschnitte (z.B. Stau) tendenziell stärker von einer Versandung und auch von einer Feinsedimentbelastung betroffen sind. Betrachtet man die Auswertung im Detail (Abbildung 68) wird jedoch offenkundig, dass zwischen den Klassen 1, 2 und 3 keine großen Unterschiede in Bezug auf die Tiefenverhältnisse bestehen. Die Klasse 0 - also eine natürliche Substratzusammensetzung - jedoch durch geringere mittlere Tiefen und die Klasse 3+ eindeutig durch größere mittlere Tiefen gekennzeichnet sind. Dies dürfte damit im Zusammenhang stehen, dass sehr natürliche Verhältnisse eher in den Oberläufen und in flach und schnell überströmten Bereichen zu finden sind und, dass mobile Sandfronten wie für Klasse 3+ typisch erst bei höheren Wassertiefen und damit höheren Sohlschubkräften auftreten.

Interessant ist darüber hinaus die Tatsache, dass bei einer ausschließlichen Betrachtung der freien Fließstrecken zwar weiterhin eine positive Korrelation mit den Tiefen-Angaben besteht sich hinsichtlich der Breiten jedoch eindeutig ein negativer Zusammenhang (Niveau 0,01) darstellt (Abbildung 69).

Klar scheint damit vor allem die Tatsache, dass für die Sandbelastung Ähnliches wie für die Feinsedimentbelastung gilt (siehe Höfler & Gumpinger, 2014): die lokalen hydraulischen Verhältnisse sind - abseits des grundsätzlichen Vorhandenseins einer Eintragsquelle - der bestimmende Parameter für die Ausbildung einer Belastungssituation.

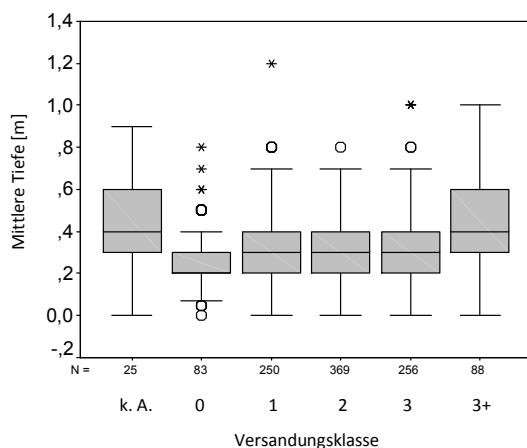


Abbildung 68: Versandungsklassen in Zusammenhang mit der mittleren Gewässertiefe (alle Fälle).

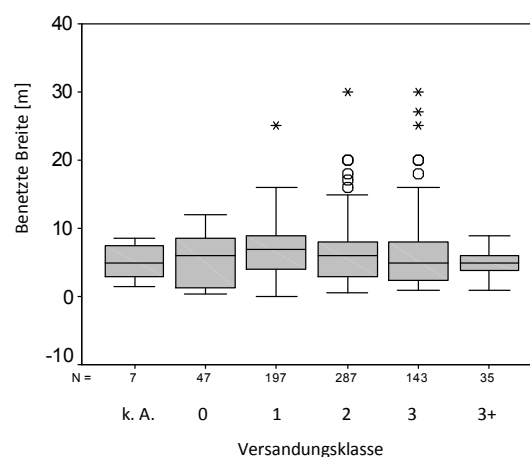


Abbildung 69: Versandungsklassen in Zusammenhang mit der benetzten Breite (nur freie Fließstrecken).

6.3.4. Versandung im Zusammenhang mit den Flusstypen und menschlicher Überprägung

Betrachtet man die Abhängigkeit der Versandung vom morphologischen Flusstyp (Abbildung 70) und der energiewirtschaftlichen Überprägung (Abbildung 71) zeigt sich, dass vor allem flache, naturnahe Talmäanderstrecken (Kolk-Furt-Typ) und menschlich stark überprägte Abschnitte (anthropogener Flachbett-Typ) stark von der Versandung betroffen sind.

Bei der Detailanalyse der hydrologischen Überprägung bestätigt sich auch das vor Ort beobachtete Phänomen, dass in Restwasserstrecken oft eine geringere Versandung herrscht als in den Freien Fließstrecken. Dies mag zum einen daran liegen, dass der Sand bereits bei Mittelwasser oder leicht erhöhten Abflüssen transportiert wird und damit mit dem Hauptstrom durch den Ausleitungskanal, und zum anderen, dass die Restwasserstrecken nur bei Hochwässern vermehrt dotiert sind und bei solchen Situationen der Sand weiter transportiert wird und nicht liegen bleibt. Lokal können sich jedoch deutliche Unterschiede je nach Bautyp, d. h. je nach Ausbaugrad, Situierung des Ausleitungsbauwerks und dem Vorhandensein von Spülschützen oder ähnlichen Einrichtungen bei den Wehranlagen, ergeben.

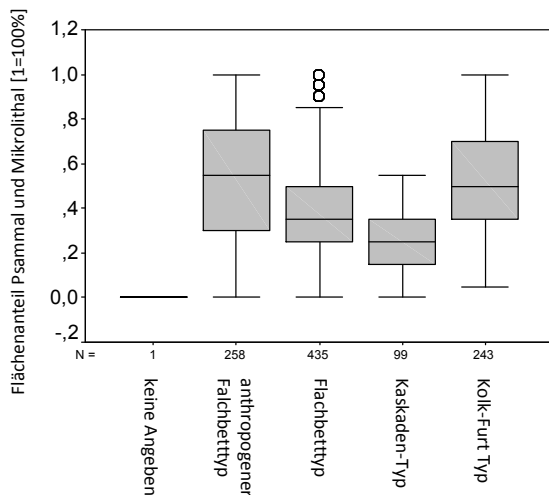


Abbildung 70: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) je nach morphologischem Flusstyp (alle Fälle).

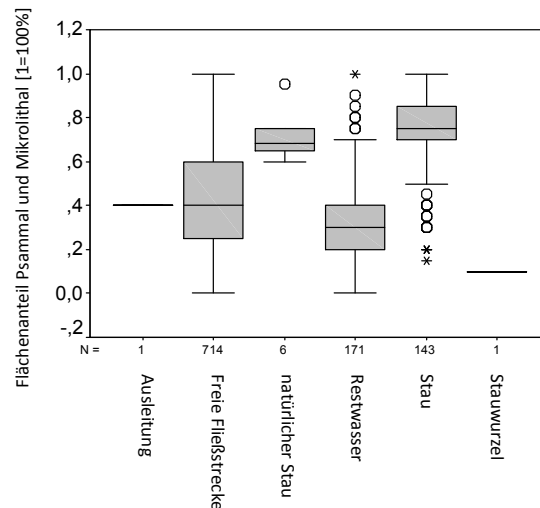


Abbildung 71: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) je nach energiewirtschaftlicher Überprägung (alle Fälle)(natürlicher Stau = flussauf von Biberbauten oder anderen Totholzansammlungen).

6.3.5. Versandung und Dynamik / potentielle ökologische Eignung

Bei den Aufnahmen wurden auch die Ufer- und die Sohldynamik laut Leitfaden (vgl. BMLFUW, 2010) notiert. Mit diesen Parametern konnten jedoch keine eindeutigen Übereinstimmungen mit der Versandung hergestellt werden (Abbildung 72). Der Leitfaden scheint in der derzeitigen Form nicht geeignet die tatsächlichen hydromorphologischen Defizite und Mängel im Sedimenthaushalt abzubilden, vor allem wenn man sich wie vorgesehen nur auf die Hauptparameter Ufer- und Sohldynamik beschränkt.

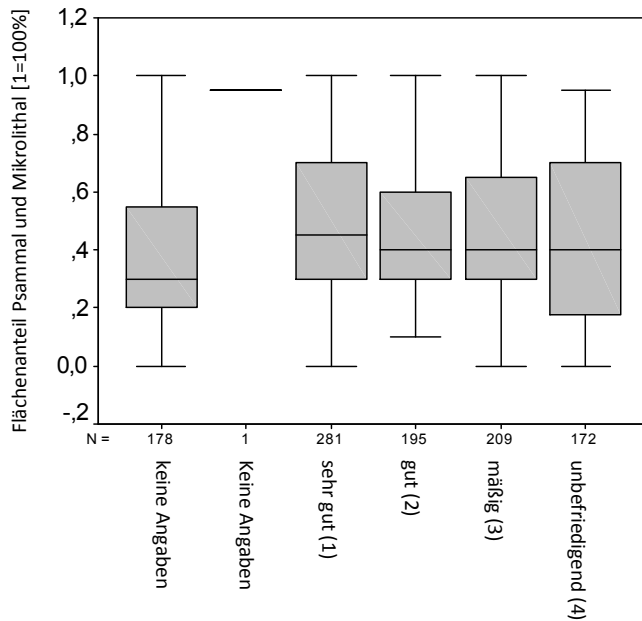


Abbildung 72: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) nach Uferdynamik laut Leitfaden (alle Fälle).

Dafür ergibt sich jedoch eine eindeutige Korrelation mit den ebenfalls erhobenen Parametern Uferabbrüche (Abbildung 73) und Erosionspotential Ufer (Abbildung 74). Naturgemäß wird ein Teil der feinen Sedimentanteile im Uferbereich mobilisiert, dieses Ergebnis lässt aber nicht automatisch den Schluss zu, dass alle Gewässer gesichert werden müssen um den Eintrag zu stoppen. Viel eher ist es so, dass die naturnahen Ufer vor allem in den naturnahen Mäanderstrecken vorkommen und dieser Flusstyp aufgrund der Gefällesituation anfällig für eine Versandung ist.

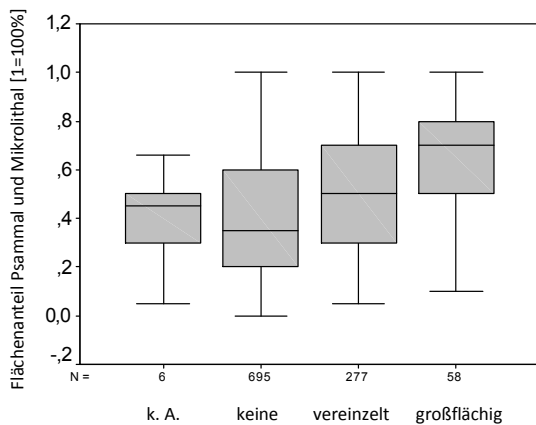


Abbildung 73: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) im Zusammenhang mit dem Vorhandensein von Uferabbrüchen (alle Fälle).

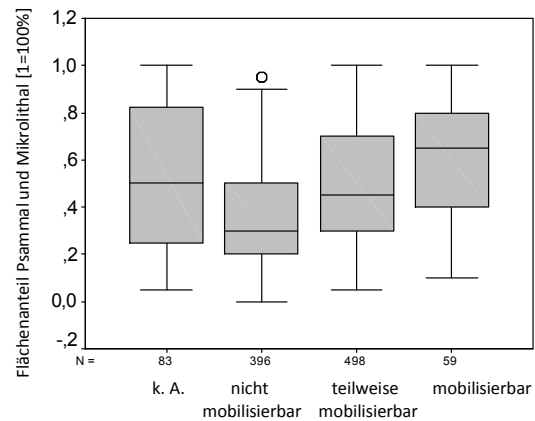


Abbildung 74: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) im Zusammenhang mit dem Erosionspotential Ufer (alle Fälle).

Darüber hinaus muss auch die Situation bezüglich des Vorhandenseins eines gewässerbegleitenden Gehölzstreifens mit in die Betrachtung einbezogen werden (Abbildung 75). Dabei wird ersichtlich, dass ein guter Uferschutzstreifen die Ufererosion (Korrelation auf dem Niveau 0,05) und somit die Versandung reduzieren kann beziehungsweise bestätigt sich die Aussage, dass Versandung vor allem

ein Thema in flachen, intensiv genutzten Bereichen ist, die zumeist einen geringen Uferschutzstreifen aufweisen.

Defizite im Uferbegleitgehölz führen zu einer übermäßigen Erosion im Uferbereich. Die Anlage von ausreichenden Gehölzstreifen vermindert zwar vermutlich nicht signifikant den Eintrag aus weiter entfernten Umlandquellen aber ermöglicht eine Uferstabilisierung und dient als Strukturgeber, der die Strömungsdiversität und damit die Habitatverfügbarkeit erhöht.

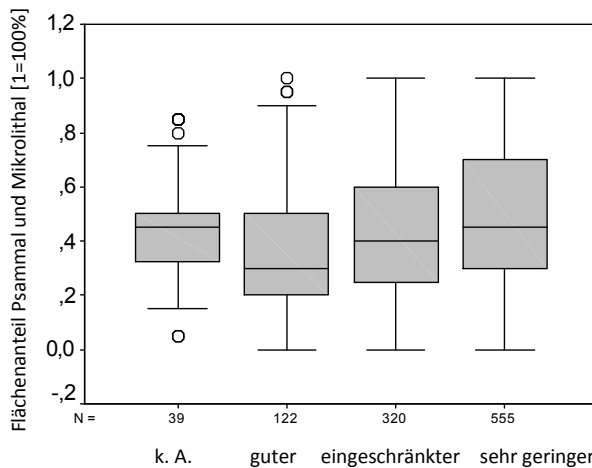


Abbildung 75: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) im Zusammenhang mit dem Vorhandensein eines Gehölz-Uferschutzstreifens (alle Fälle).

Der zu erwartende negative Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Eignung einer Strecke für die kieslaichende Fischfauna und dem Versandungsgrad konnte ebenfalls in den Daten belegt werden (Abbildung 76).

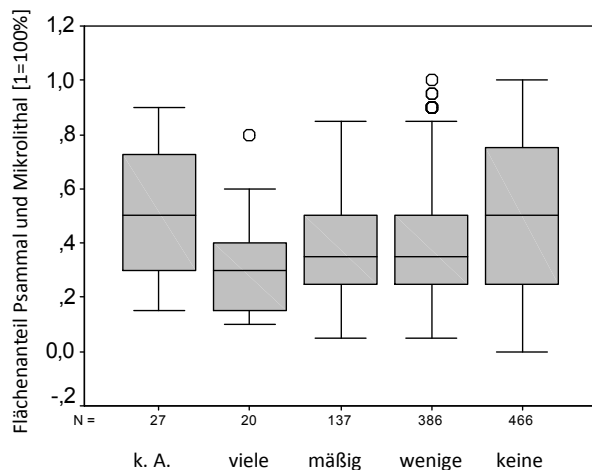


Abbildung 76: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) im Zusammenhang mit dem Vorhandensein von potentiellen Kieslaichplätzen (alle Fälle).

Bei der Betrachtung von im Gewässer vorhandener Strukturen zeigt sich die bereits angesprochene typspezifische Versandungsneigung. Während die Versandung beim zunehmenden Vorhandensein von großen Blöcken abnimmt (Abbildung 77), ergibt sich genau die umgekehrte Tendenz bei der Quantitätseinstufung von Totholz (Abbildung 78). Dies liegt nicht daran, dass Totholz anders wirkt als Struktursteine sondern, dass größere Mengen an Totholz typisch sind für flache Mäanderstrecken, in

denen es aufgrund des Gefälles zu Sandakkumulationen kommt. Strukturen sind jedenfalls wichtig für die Ausbildung diverser Strömungs- und Habitatverhältnisse. Differenzierter Datenanalysen werden hierzu noch durchgeführt.

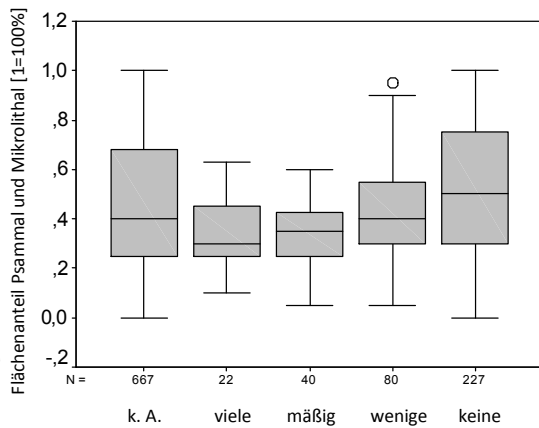


Abbildung 77: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) im Zusammenhang mit dem Vorhandensein von großen Steinblöcken (alle Fälle).

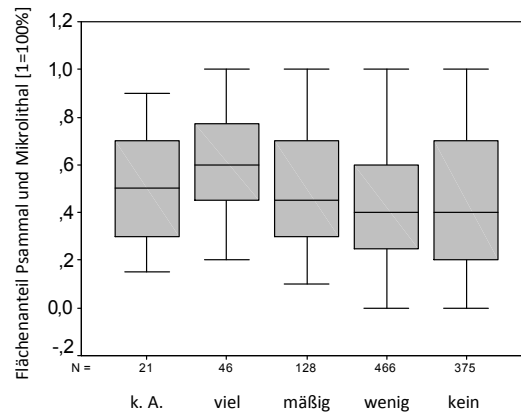


Abbildung 78: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) im Zusammenhang mit dem Vorhandensein von Totholz (alle Fälle).

Bricht man die Versandungsthematik und die dazugehörigen Rahmenbedingungen auf Fischregionen herunter (Abbildung 79 bis Abbildung 82) zeigt sich, dass der Großteil der untersuchten Gewässer der Oberen und der Unteren Forellenregion (Epi- und Metarhithral) sowie der Äschenregion (Hyporhithral) zugeordnet wird. Die Unterläufe gehören zur Barbenregion (Epipotamal).

Die Äschenregion und etwas abgeschwächt auch die Untere Forellenregion sind jene Abschnitte die am stärksten energiewirtschaftlich überprägt sind. Der Lebensraum der Äsche ist damit sehr stark von Versandung betroffen. In den verbleibenden Strecken, die in diesem Bereich mit einer natürlichen oder naturnahen Substratzusammensetzung klassifiziert wurden, muss aufgrund der überwiegenden Charakteristik als steilere Kataraktstrecken eine Eignung für die Äsche ebenfalls in Frage gestellt werden.

Da dies aufgrund der Gefällesituation weniger attraktiv ist, ist der Anteil der Energiewirtschaft in der Barbenregion weniger groß. Die Unterläufe von Rodl, Gusen, Aist und Naarn (Epipotamal mittel) sind jedoch trotzdem sehr stark versandet, dies dürfte aufgrund der Lebensweise und speziell des Laichverhaltens der hier typischen Fischfauna aber weniger gravierend sein. Der Bereich Epipotamal groß muss gesondert betrachtet werden, da in diese Einstufung fast ausschließlich die Erlau fällt. Diese Festlegung der Fischregion konnte bis dato nicht auf ihre Richtigkeit verifiziert werden.

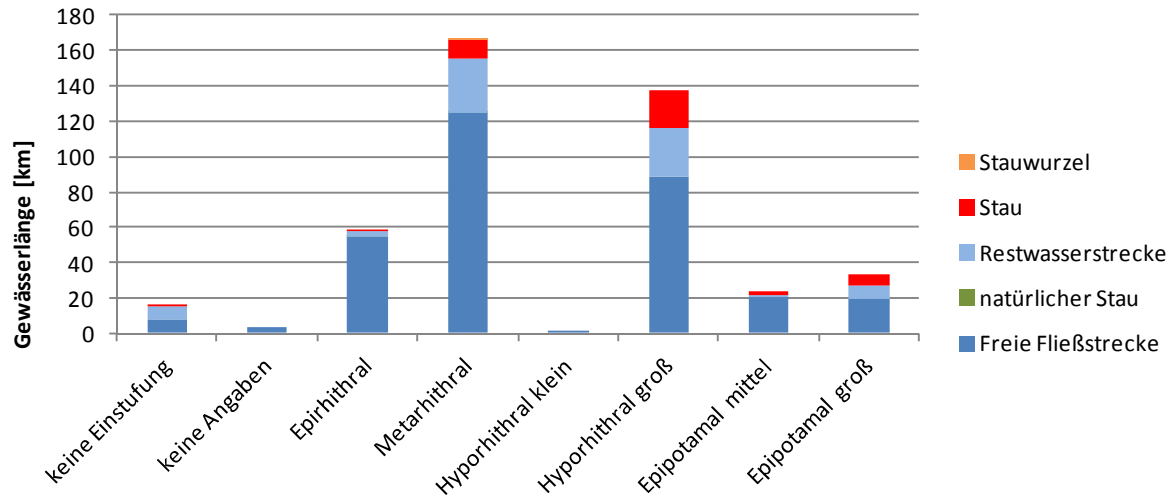


Abbildung 79: Anteil der hydrologischen Überprägung an den Fischregionen an den untersuchten Gewässern (Epirhithral = Obere Forellenregion, Metarhithral = Untere Forellenregion, Hyporhithral = Äschenregion, Epiptamal = Barbenregion).

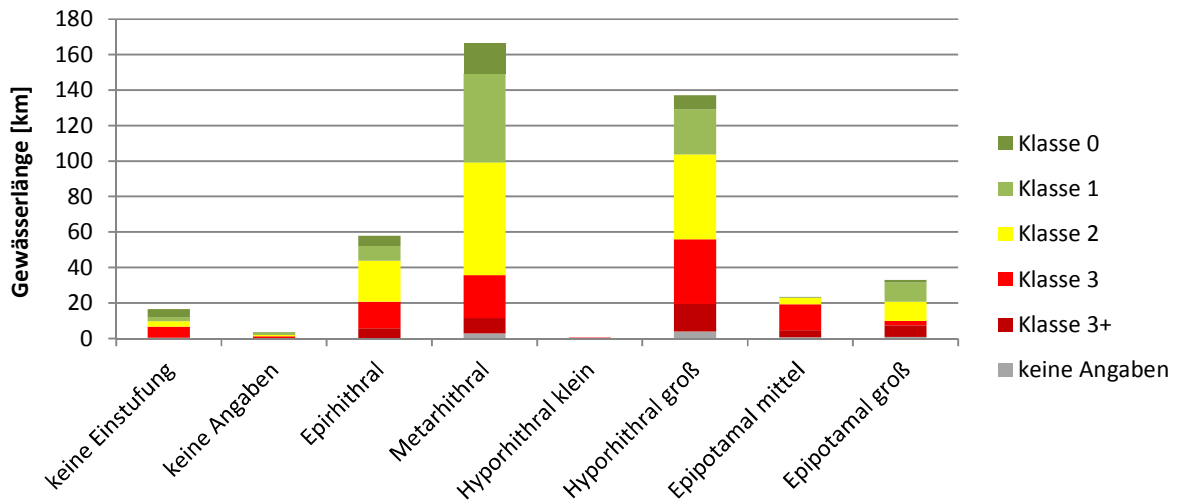


Abbildung 80: Anteil der Versandung an den Fischregionen an den untersuchten Gewässern (Epirhithral = Obere Forellenregion, Metarhithral = Untere Forellenregion, Hyporhithral = Äschenregion, Epiptamal = Barbenregion).

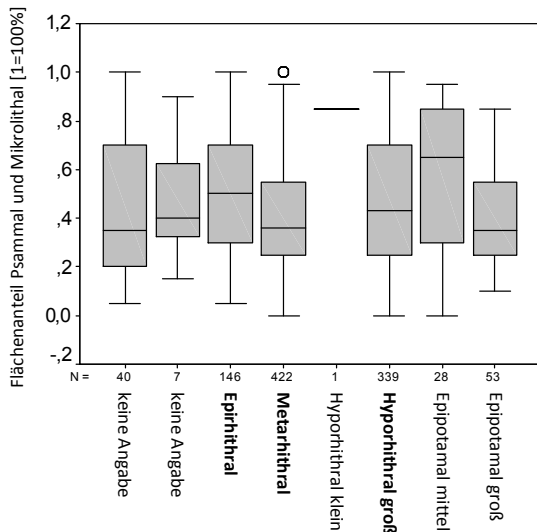


Abbildung 81: Flächenanteil Psammal und Mikrolithal („Versandung“) in den unterschiedlichen Fischregionen (alle Fälle) (Epirhithral = Obere Forellenregion, Metarhithral = Untere Forellenregion, Hyporhithral = Äschenregion, Epipotamal = Barbenregion).

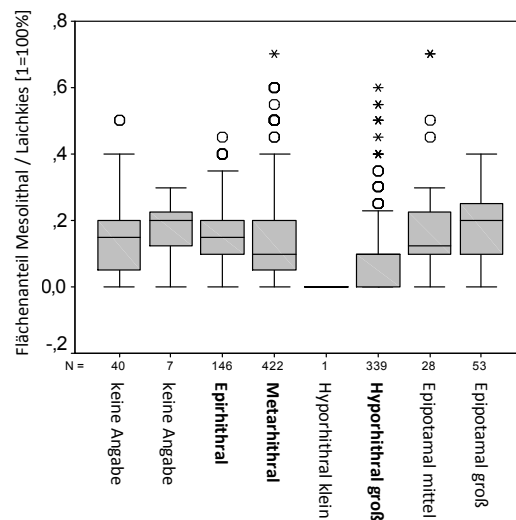


Abbildung 82: Flächenanteil Mesolithal („Laichkies“) in den unterschiedlichen Fischregionen (alle Fälle) (Epirhithral = Obere Forellenregion, Metarhithral = Untere Forellenregion, Hyporhithral = Äschenregion, Epipotamal = Barbenregion).

Aus diesen Erkenntnissen abgeleitet, können folgende Aussagen für eine ökologisch orientierte Maßnahmenplanung gegen die Versandung getroffen werden:

- Strukturelemente helfen lokal die Bedingungen zu verbessern
- Uferschutzstreifen, die übermäßige Uferanbrüche vermeiden helfen, sind zu erhalten und zu verbessern
- eine Maßnahmenplanung muss typspezifisch, d. h. leitbildkonform erfolgen

6.3.6. Feinsediment

Neben der Versandung spielt hinsichtlich Habitatqualität für die Flussperlmuschel und die Kieslaicher unter den Fischen die Feinsedimentbelastung eine wesentliche Rolle (siehe Kapitel 9.5). Besonders betroffen durch dieses Phänomen, sind wie zu erwarten die folgenden Gewässer mit intensiv genutzten Einzugsgebieten (Abbildung 83):

- Aist Unterlauf
- Erlau
- Feldaist
- Kleine Gusen
- Osterbach

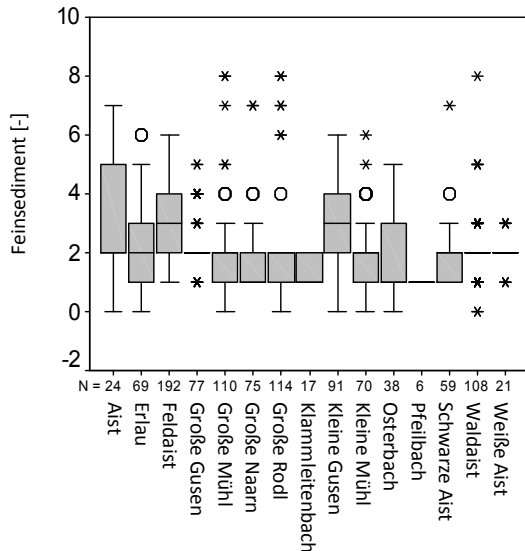


Abbildung 83: Feinsedimentbelastung (8 stufige Klassifizierung) in den untersuchten Gewässern.

Bei Durchführung einer Korrelations-Analyse mit den unterschiedlichen aufgenommenen Parametern zeigt sich, dass je tiefer und breiter ein Gewässer ist und je mehr ein Gewässer anthropogen überformt ist und beispielsweise ein geringe Sohldynamik aufweist, umso stärker besteht eine Feinsedimentbelastung. Grundsätzlich ergibt sich auch eine positive Korrelation mit der Versandung, das heißt es gelten ähnlich Rahmenbedingungen wie in den vorangegangenen Kapiteln für die Versandung erläutert.

6.3.7. Zusätzliche Information aus der Kartierung

Die Aufnahmen der hydromorphologischen und sedimentspezifischen Charakteristika der Gewässer werden ergänzt um verschiedene punktuelle Informationen wie Querbauwerke, Zuflüsse, künstliche Einleitungen oder auch potentielle Laichplätze. Diese Angaben ermöglichen neben der Ursachenforschung auch die Entwicklung von Maßnahmen zur Lösung sedimentspezifischer Fragestellungen.

6.3.8. Querbauwerke

In den untersuchten Einzugsgebieten wurden insgesamt 678 Querbauwerke verzeichnet, das sind im Schnitt 1,5 Querbauwerke je Flusskilometer, wobei die Dichte sehr stark variiert. Davon sind 42% eingeschränkt oder nicht für die Fischfauna passierbar, wobei sich die Situation in den einzelnen Gewässern deutlich unterscheidet. Während in den westlichen, speziell in den deutschen Fließgewässern bereits über weite Strecken eine longitudinale Durchgängigkeit besteht, herrscht diesbezüglich in den eher östlich gelegenen Flüssen noch Nachholbedarf (Abbildung 84). Nicht berücksichtigt ist dabei die Ausweisung des prioritären Sanierungsraumes und die grundsätzliche Durchgängigkeit beispielsweise der Restwasserstrecken. Dazu bedarf es einer vertiefenden Analyse der Daten.

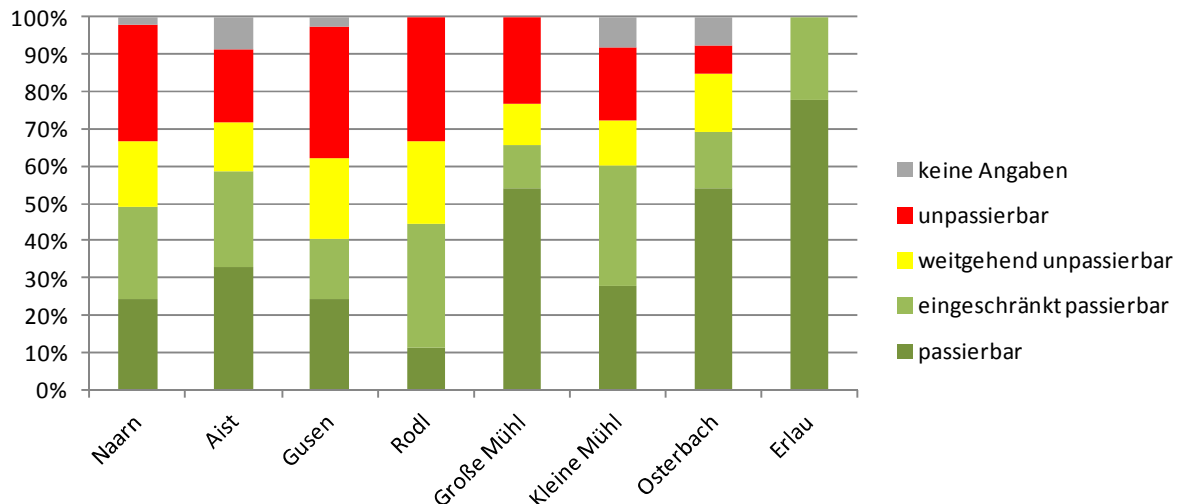


Abbildung 84: Anteilmäßige Verteilung der Passierbarkeit der Querbauwerke in den einzelnen Einzugsgebieten.

6.3.9. Zuflüsse und Einleitungen

Bei der Kartierung wurden auch 783 natürliche Zuflüsse und 1374 künstliche Einleitungen mit aufgenommen und ihre Relevanz für den Sedimenthaushalt bzw. die Versandungsthematik bewertet. Speziell hinsichtlich eines integrierten Sedimentmanagements ergeben sich daraus Ansatzpunkte beispielsweise für Sedimentationsbecken oder gezielte erosionsmindernde Maßnahmen.

6.3.10. Anteil der Ablagerungen an Gewässerbreite

Mit den aufgenommenen Sandablagerungen können punktuelle Problemstellen im Bereich Hochwasserschutz identifiziert und Verbesserungs- und Unterhaltungsmaßnahmen konzipiert werden (Abbildung 85). Somit kann eine Grundlage für die Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen (siehe Kapitel 17) geschaffen werden.

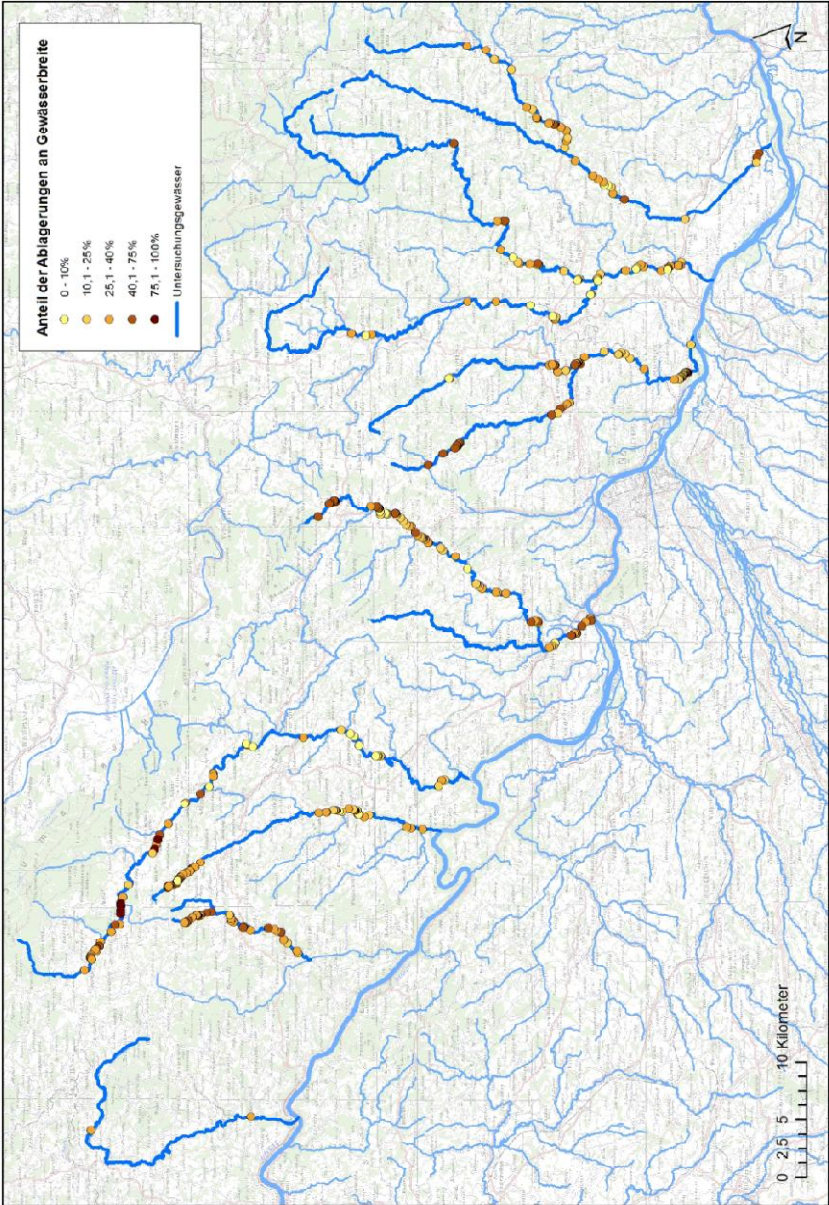


Abbildung 85: Übersicht über die aufgenommenen Sandablagerungen.

7. Korngrößenanalysen

7.1. Methodik Volumetrische Sedimentprobenentnahme

Die Korngrößenanalysen wurden in den zu untersuchenden Fließgewässern ($n = 8$) mittels volumetrischer Beprobung von Deck- und Unterschicht durchgeführt. Die Sedimentproben wurden mittels eines standardisierten USGS – Verfahren mit einem 60 cm x 60 cm Rahmen gewonnen. Zur Verhinderung des Ausschwemmens von Feinanteilen wurde der Rahmen bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten an der Sohle verankert. Um etwaige Variabilitäten im Querschnitt des Sohlaufbaus zu berücksichtigen (z.B. Einmündung von Zubringern) wurde an ausgewählten Probestellen jeweils eine Probe links und rechts der Flussmitte gewonnen. Weiters wurden große Zubringer mittels sogenannten Doppelproben analysiert (unmittelbar flussauf und flussab der Einmündung). Bei starker Versandung wurde von einer Trennung von Deck- und Unterschicht abgesehen, da diese eine einheitliche und nicht geschichtete Fraktionsverteilung besitzen. Sämtliche volumetrisch gewonnene Proben wurden in einem angemieteten Raum in Ottensheim getrocknet und gesiebt. Die Siebung dient als Grundlage für die Erstellung von Kornverteilungskurven und die Ermittlung charakteristischer Korngrößen (z.B. d_m oder d_{90}).

In Abbildung 86 ist eine Übersicht der untersuchten Gewässerabschnitte (Osterbach, Kleine und Große Mühl, Kleine und Große Rodl, Kleine und Große Gusen, Feldaist und Waldaist, Kleine und Große Naarn) zu sehen. In den folgenden Berichtsteilen werden charakteristische Gefälleänderungen im Längenschnitt sowie die Lage der Sedimentprobenentnahme in Bezug auf den Längenschnitt abgebildet (Datengrundlage ALS).

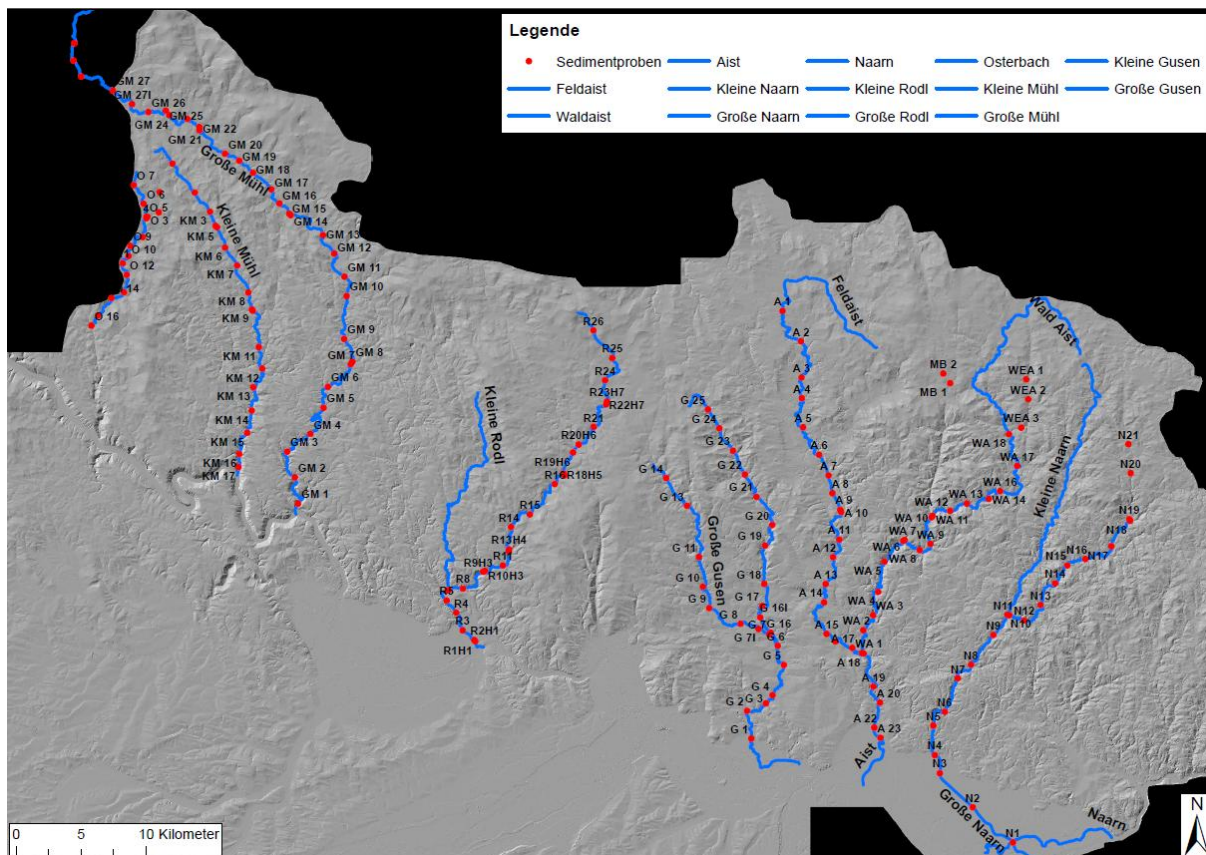


Abbildung 86: Übersicht der untersuchten Gewässer (blaue Linien) und Entnahmestellen der Sedimentproben (rote Punkte).

7.2. Methodik Charakterisierung des Sohlgefälles

Die Beschreibung morphologischer Strukturen ermöglichen eine Beurteilung des ökologischen Gewässerzustandes, sowie Quantifizierung anthropogener Veränderungen. Die vielfältigen natürlichen und anthropogenen Einflüsse und Auswirkungen sind nicht nur Thema zahlreicher Publikationen (Patt et al., 2011; Wimmer et al., 2012; Fink et al., 2000; Baumann, 2007; Hairsine & Rose, 1991) sondern wurden auch im Zuge der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) gesetzlich verankert. Untersucht werden in diesem Projekt natürliche Variationen des Sohlgefälles im Längenschnitt, sowie im Kapitel „Auswirkungen auf den Hochwasserschutz“ anthropogene Veränderungen des Querschnitts der Fließgewässerabschnitte. Zusammen mit der in Kapitel 11.1.1 beschriebenen Methodik der hydrodynamisch-numerischen Modellierung und der in Kapitel 7.4 angeführten Charakterisierung des Sediments kann die Gewässermorphologie auf ökologische, sowie schutzwassertechnische Belange untersucht werden. Der Längenschnitt (WSP – da keine Durchdringen des Infrarot-Lasers bis zum Gewässergrund erfolgt), der untersuchten Fließgewässer, wurde hierbei mittels Geoinformations-Software ermittelt (Abbildung 89). Für dieses Projekt fand das Softwarepaket ArcGIS 10.1 von ESRI Anwendung. Datengrundlage bildete hierbei ein digitales Höhenmodell des Landes Oberösterreich mit einer Rastergröße von 1x1 m (Airborne Laserscanning Daten, Digitales Geländemodell, 1 m-Raster; Amt der OÖ Landesregierung). Für die Überprüfung in wie weit ein möglicher Zusammenhang zwischen dem lokalen Gefälle der Fließgewässer und der Versandungsproblematik besteht, war es notwendig die Sedimentprobennahmen im Längenschnitt in koordinativer Form zu verorten. Abbildung 87 zeigt bspw. die Sedimententnahmestellen im Längenschnitt der Großen Naarn. Zusätzlich sind Abbildung 88 anthropogene Veränderungen im Längenschnitt durch Darstellung der Querbauwerke exemplarisch angeführt. Diese wurden, wenn verfügbar, aus koordinativ bekannten Aufzeichnungen entnommen (Datengrundlage NGP). Bei Fehlen dieser Daten fanden Orthofotos zur Bestimmung der Kontinuumsunterbrechungen Anwendung.

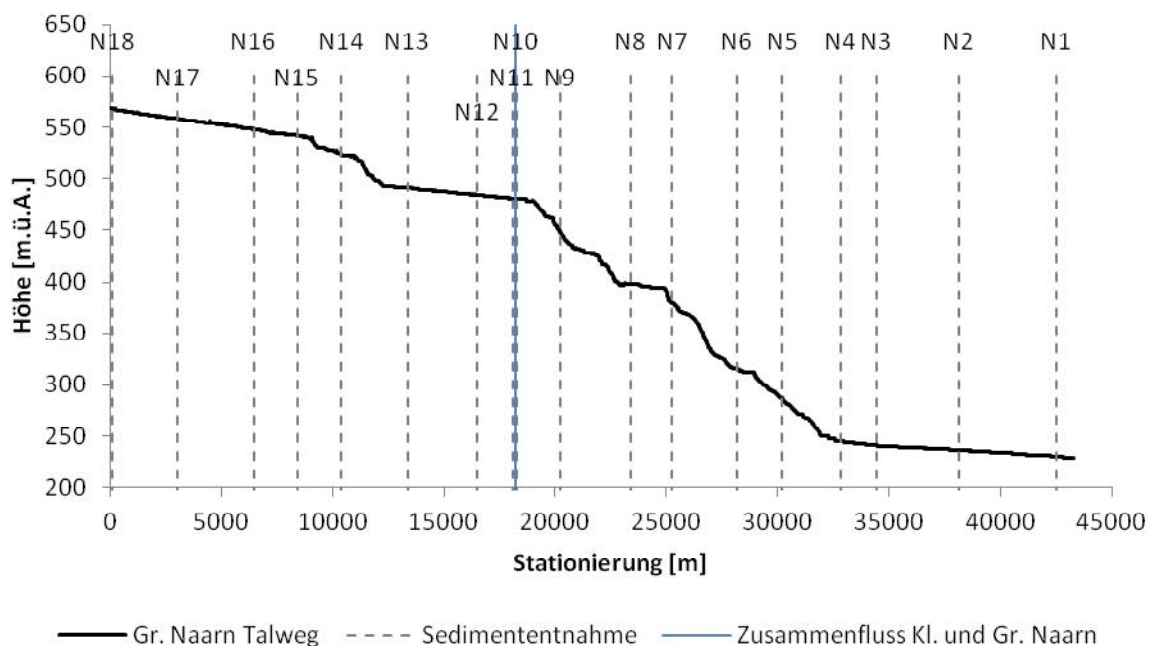


Abbildung 87: Darstellung der Sedimententnahmestellen im Längenschnitt – Große Naarn.

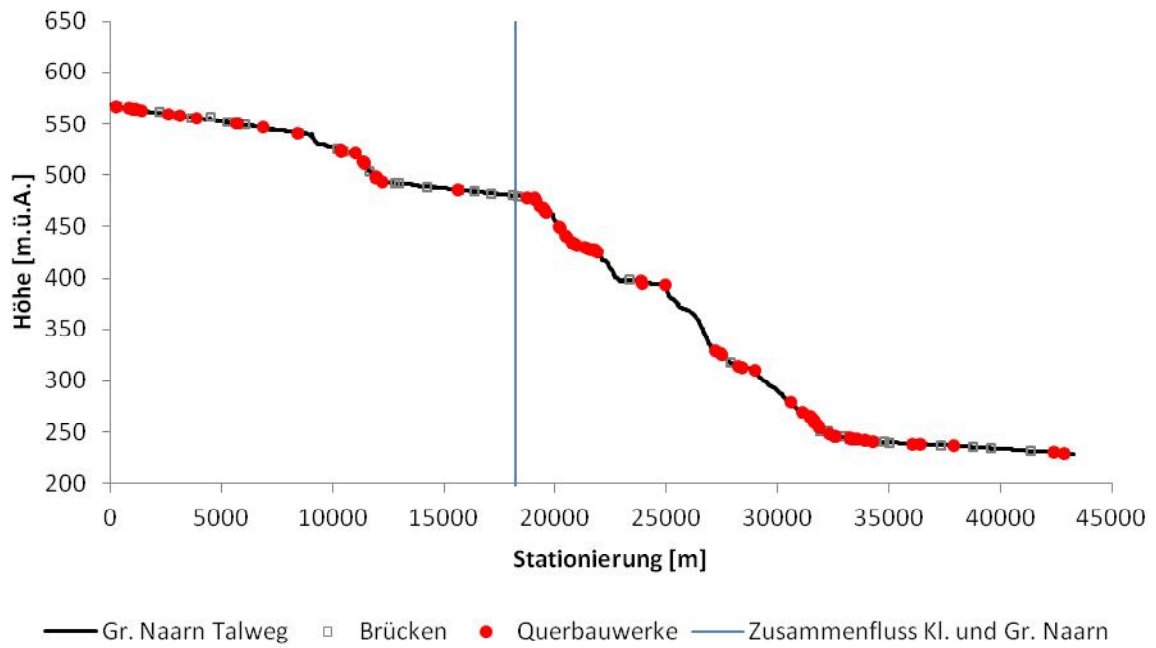


Abbildung 88: Darstellung der Querbauwerke im Längenschnitt - Große Naarn.

Im Grundriss (Abbildung 89) sind weiters Gewässerachse und koordinativ verorteten Entnahmestellen der Sedimentproben ersichtlich.

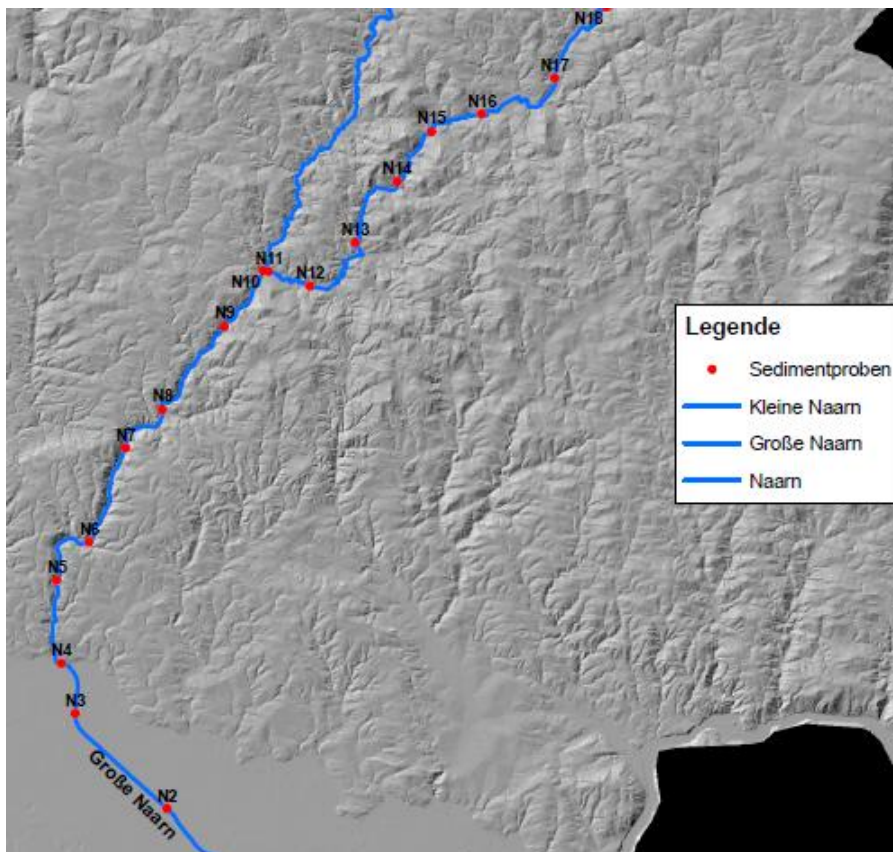


Abbildung 89: Grundriss der Gewässerachse sowie koordinativ verortete Entnahmestellen der Sedimentproben (Ausschnitt der Großen Naarn).

7.3. Ergebnisse Charakterisierung des Sohlgefälles

7.3.1. Aist

Im Längenschnitt der Feldaist erkennt man eine leichte Stufung des Sohlgefälles (Abbildung 90), bei gleichzeitig hoher Dichte an Querbauwerken (Abbildung 91). Insgesamt befinden sich im untersuchten Abschnitt 31 Querbauwerke (Datengrundlage NGP bzw. Orthofotos). Für die Substratanalyse wurden insgesamt 17 Sedimentproben entnommen.

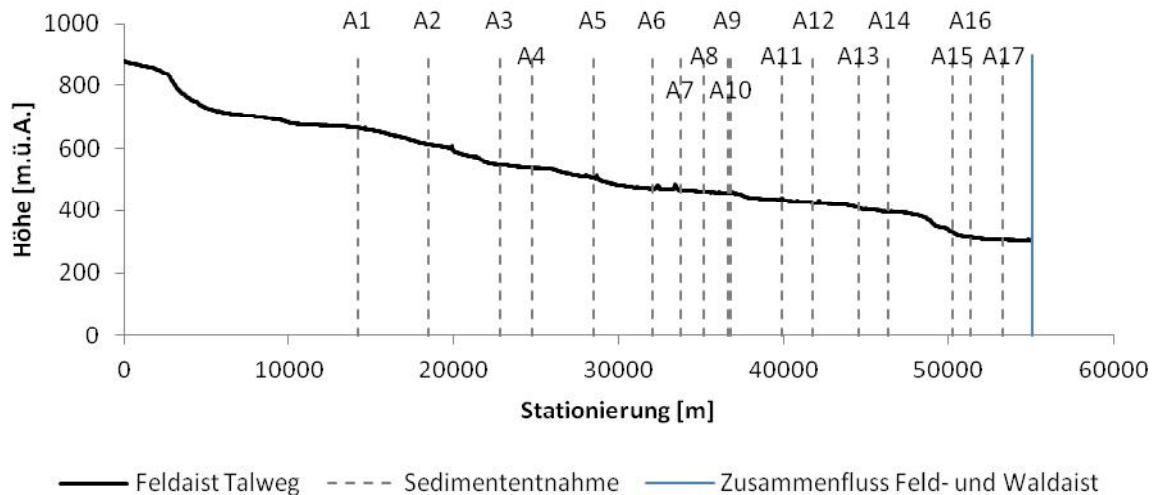


Abbildung 90: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt - Feldaist.

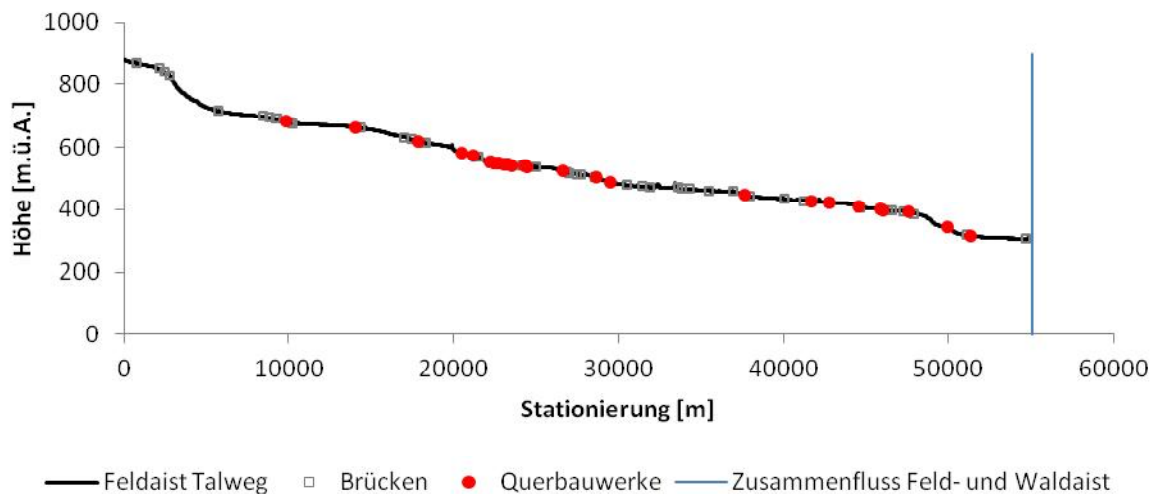


Abbildung 91: Querbauwerke im Längenschnitt - Feldaist.

Im Längenschnitt der Waldaist ist wiederum eine deutliche Abstufung des Sohlgefälles ersichtlich (Abbildung 92, Stationierung 1300m, 2600m, 3300m, 3500m und 3900m). Die Dichte an Querbauwerken (Abbildung 93) ist höher als an der Feldaist. Insgesamt befinden sich 49 Querbauwerke im untersuchten Abschnitt (Datengrundlage NGP bzw. Orthofotos). Für die Substratanalyse wurden Proben im Einzugsgebiet der Waldaist an insgesamt 22 Standorten entnommen.

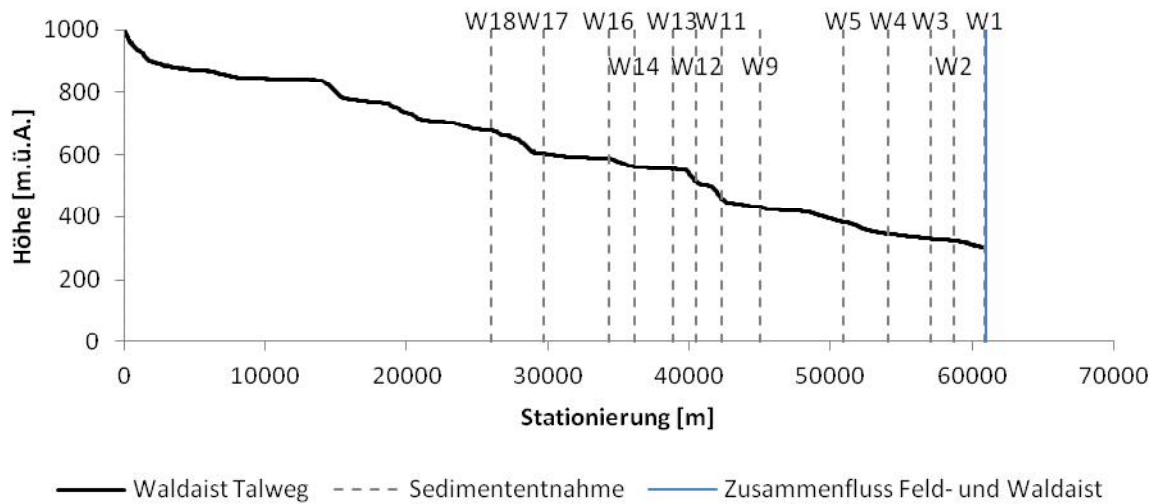


Abbildung 92: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt - Waldaist.

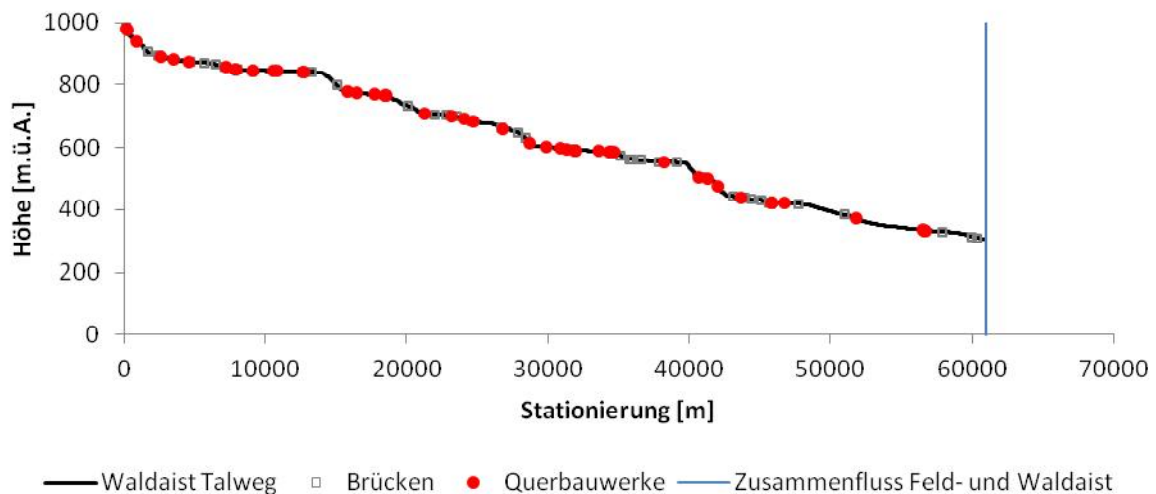


Abbildung 93: Querbauwerke im Längenschnitt - Waldaist.

Im Längenschnitt der Aist erkennt man im Bereich der Stationierung 2200m – 4500m ein deutlich höheres Sohlgefälle, als im Abschnitt flussab. Die Anzahl an Querbauwerken (Abbildung 95) ist geringer als an der Feld-, und Waldaist. Insgesamt befinden sich 13 Querbauwerke im untersuchten Abschnitt (Datengrundlage NGP bzw. Orthofotos), wobei diese an vier Stellen (Stationierung 4200m, 4600m, 6500m, 9600m) deutlichen Einfluss auf das Längsgefälle besitzen. Es wurden an 5 Standorten Sedimentproben für die Substratanalyse entnommen (Abbildung 94).

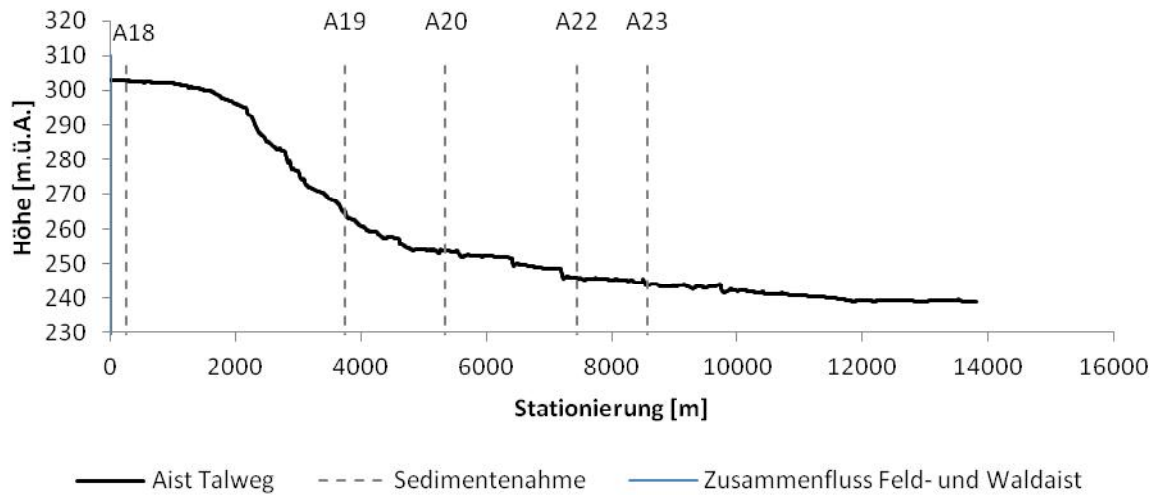


Abbildung 94: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt - Aist.

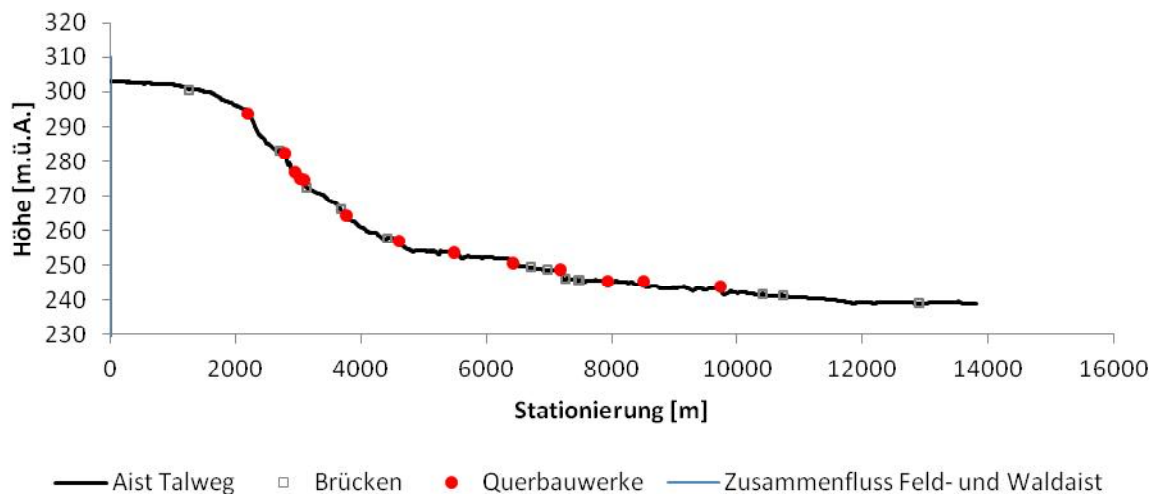


Abbildung 95: Querbauwerke im Längenschnitt - Aist.

7.3.2. Gusen

Die Große Gusen weist ein deutlich höheres Sohlgefälle im Bereich von Stationierung 0m – 2000m, als im Bereich flussab, auf. Hierbei mündet die Kleine Gusen bei Stationierung 2400m in die Große Gusen ein (Abbildung 96, blaue Linie). In Abbildung 97 sind die 72 Querbauwerke eingezeichnet (Datengrundlage NGP bzw. Orthofotos), wobei die Dichte an Bauwerken bei Stationierung 0m - 1000m, 2000m und 3000m – 3500m als sehr hoch angesehen werden kann. Im Einzugsgebiet der Großen Gusen wurden Sedimentproben an insgesamt 16 Standorten für die Substratanalyse entnommen.

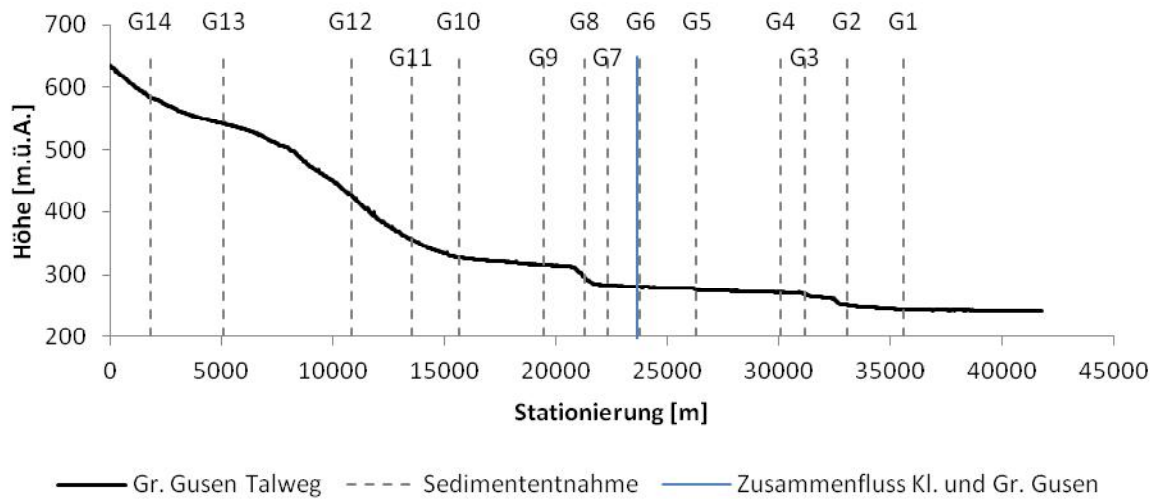


Abbildung 96: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Große Gusen.

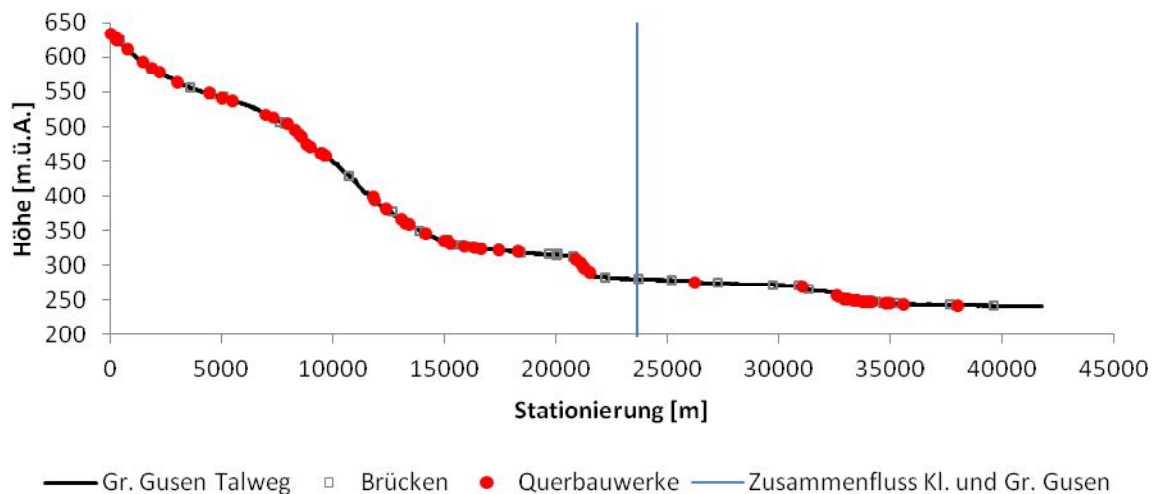


Abbildung 97: Querbauwerke im Längenschnitt – Große Gusen.

Im Längenschnitt der Kleinen Gusen erkennt man deutlich eine Abflachung des Sohlgefälles im Bereich von Stationierung 5000m – 15000m. Flussauf ist das Gefälle deutlich höher. Flussab dieses Abschnittes ist das Sohlgefälle nur mäßig steiler. Die Kleine Gusen mündete bei Stationierung 27000m in die Große Gusen (Abbildung 98, blaue Linie). Derzeit sind 43 Querbauwerke vorzufinden (Datengrundlage NGP bzw. Orthofotos) (Abbildung 99), wobei diese im Bereich von Stationierung 20300m stärker konzentriert sind. Es wurden insgesamt an 11 Standorten Sedimentproben für die Substratanalyse entnommen (Abbildung 98).

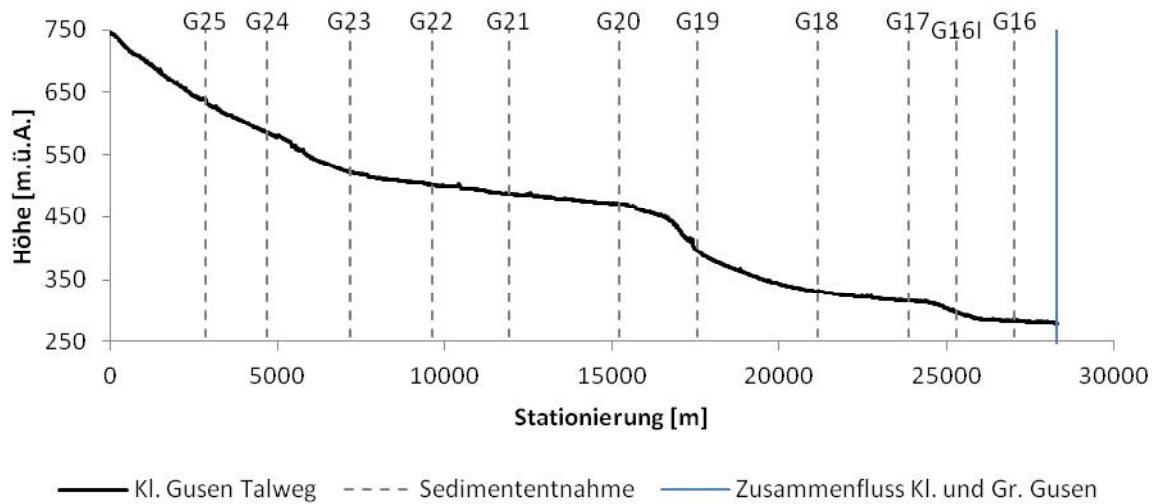


Abbildung 98: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Kleine Gusen.

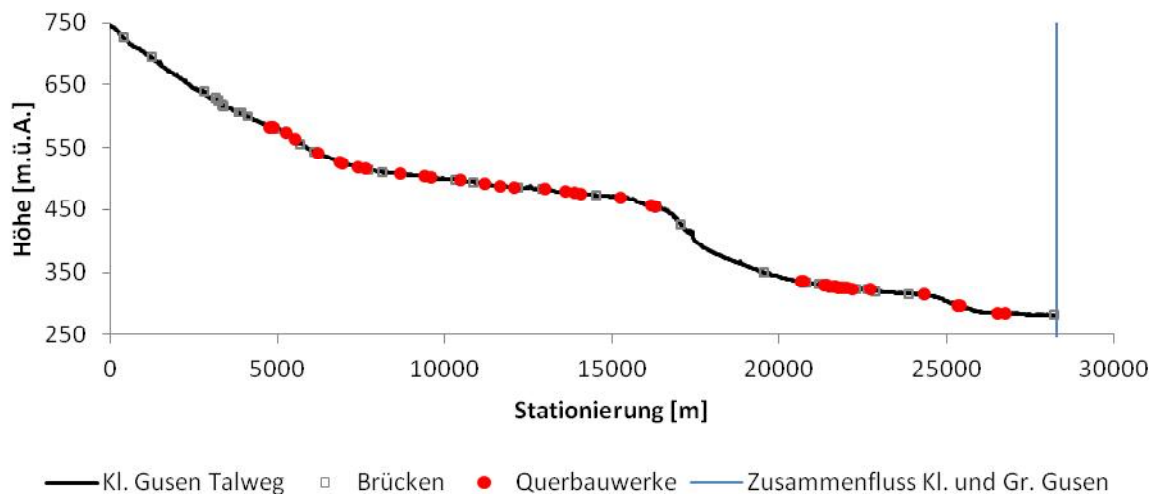


Abbildung 99: Querbauwerke im Längenschnitt – Kleine Gusen.

7.3.3. Große Mühl

Im Längenschnitt der Großen Mühl erkennt man gut den Anstieg des Sohlgefälles bei Stationierung 50000m (Abbildung 100). Diese Steilstufe hin zur Donau wird energiewirtschaftliche vom Kraftwerk Partenstein genutzt. Eine weitere, wenn auch geringere Gefälleänderung, ist im Bereich von Stationierung 11000m ausgewiesen. Flussauf dieser Sohländerung befinden sich in deutlich abgeflachten Talraum die Mäanderabschnitte von Vorderanger und Hinteranger. Es befinden sich im untersuchten Abschnitt 27 Querbauwerke (Abbildung 101, 15000m – 50000m) (Datengrundlage NGP bzw. Orthofotos). Für die Substratanalyse wurden an 31 Standorten Sedimentproben entnommen (Abbildung 100).

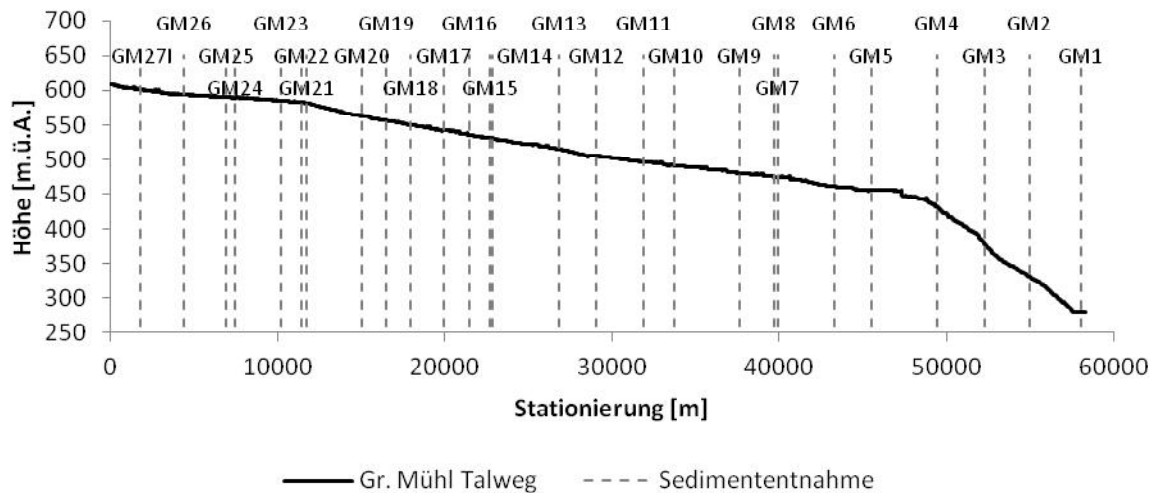


Abbildung 100: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Große Mühl.

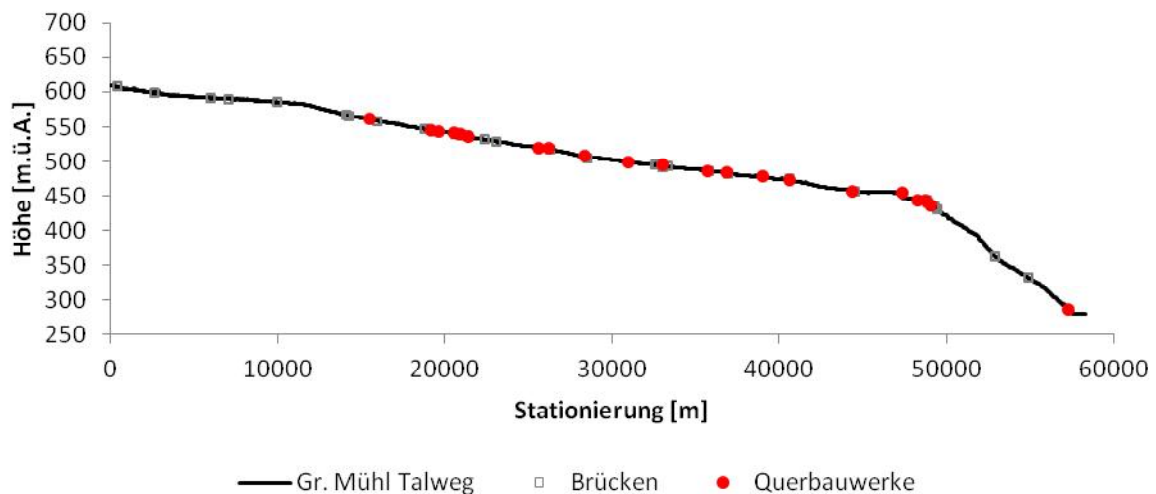


Abbildung 101: Querbauwerke im Längenschnitt – Große Mühl.

7.3.4. Kleine Mühl

Die Kleine Mühl weist zwei deutliche Sohlgefällsänderungen auf (Abbildung 102, Stationierung 2500m, 30000m). Im untersuchten Abschnitt befinden sich, flussab der Stationierung 18000m, 10 Querbauwerke (Abbildung 103). Für die Substratanalyse wurden an insgesamt 17 Standorten Sedimentproben entnommen (Abbildung 102).

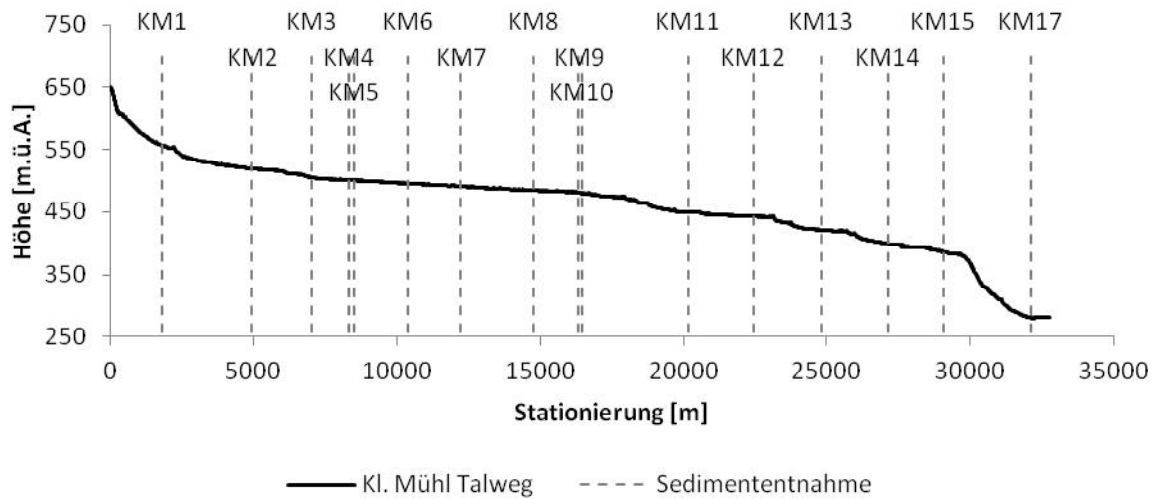


Abbildung 102: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Kleine Mühl.

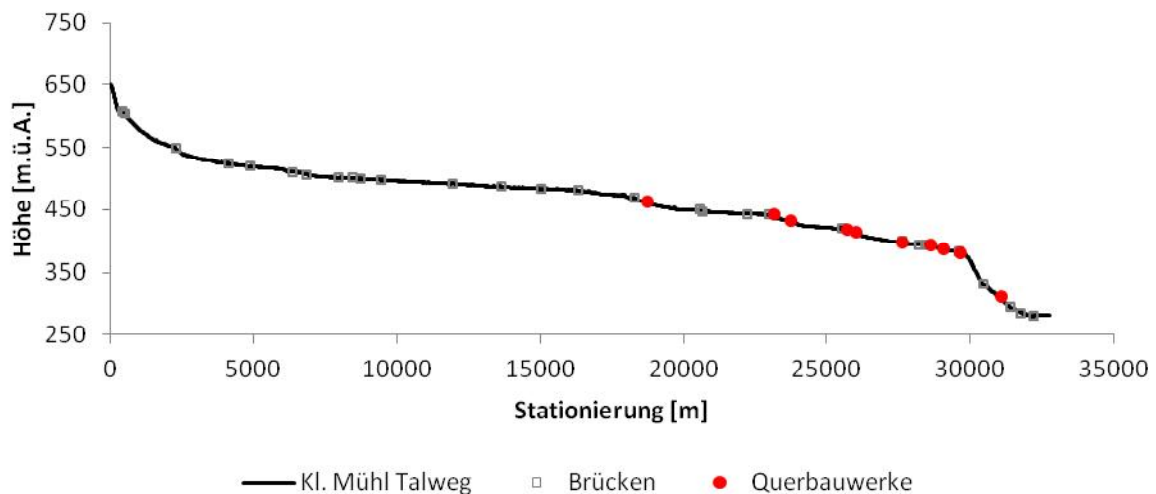


Abbildung 103: Querbauwerke im Längenschnitt – Kleine Mühl.

7.3.5. Naarn

Der Längenschnitt der Großen Naarn weist eine deutliche Stufung auf (Abbildung 104, Stationierung 10000m, 20000m, 25000m). Bei Stationierung 18000m mündet die Kleine Naarn in die Große Naarn ein (Abbildung 104, blaue Linie). Derzeit sind 96 Querbauwerke in der Großen Naarn vorzufinden (Datengrundlage NGP bzw. Orthofotos), wobei diese in Bereichen mit hohem Sohlgefälle deutlich dichter sind (Abbildung 105). Im Einzugsgebiet der Naarn wurden für die Substratanalyse an 21 Punkten im Längenschnitt Sedimentproben entnommen.

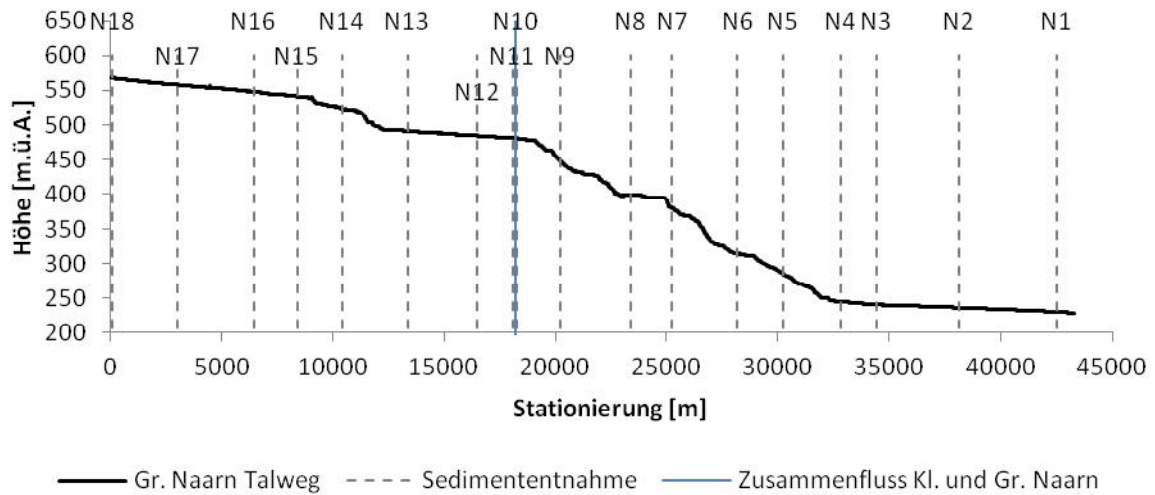


Abbildung 104: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Große Naarn.

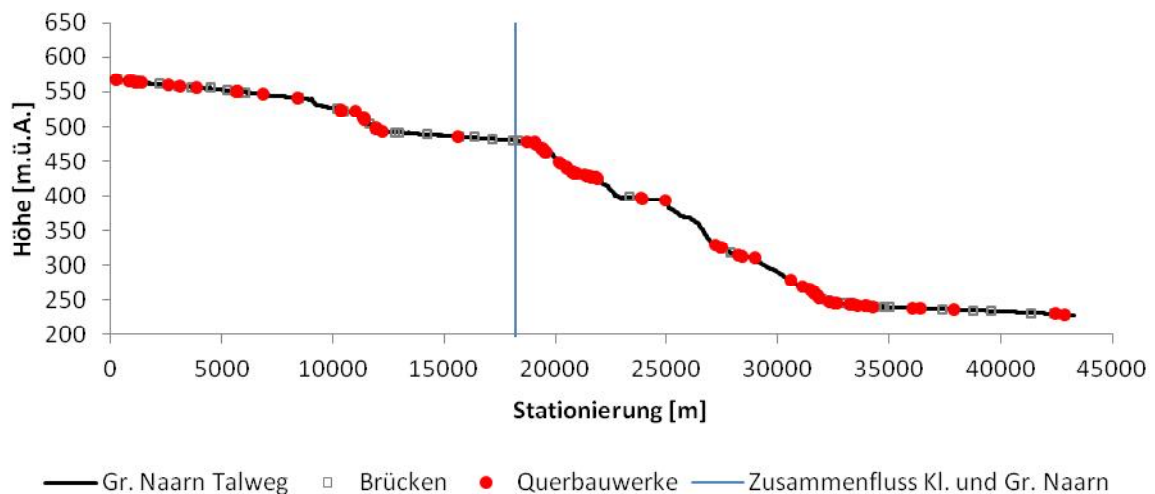


Abbildung 105: Querbauwerke im Längenschnitt – Große Naarn.

Im Längenschnitt der Kleinen Naarn erkennt man ebenfalls eine deutliche Stufung (Abbildung 106, Stationierung 2500m, 7500m, 15000m). Die Kleine Naarn mündet nach rund 27000m in die Große Naarn (Abbildung 106, blaue Linie). Im untersuchten Abschnitt befinden sich 85 Querbauwerke (Datengrundlage NGP bzw. Orthofotos). Hierbei sind diese ebenfalls in Bereichen mit höherem Sohlgefälle dichter vorzufinden (Abbildung 106). Sedimentproben wurden in der Kleinen Naarn keine entnommen.

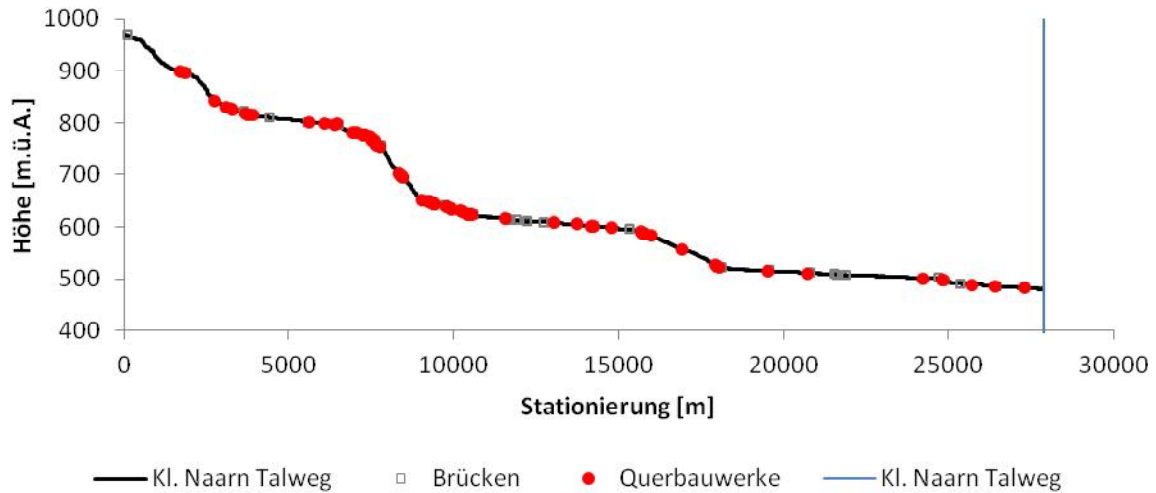


Abbildung 106: Querbauwerke im Längenschnitt – Kleine Naarn.

7.3.6. Rodl

Im Längenschnitt der Großen Rodl erkennt man deutlich zwei Sprünge im Sohlgefälle (Abbildung 107, Stationierung 0m, 30000m). Die Kleine Rodl mündet bei Stationierung 36000m in die Große Rodl ein (Abbildung 107, blaue Linie). Es befinden sich im untersuchten Abschnitt 33 Querbauwerke (Datengrundlage NGP bzw. Orthofotos), wobei eine Konzentration der Bauwerke bei Stationierung 30000m und 35000m festzustellen ist (Abbildung 108). Für die Substratanalyse wurden an 26 Standorten Sedimentproben entnommen (Abbildung 107).

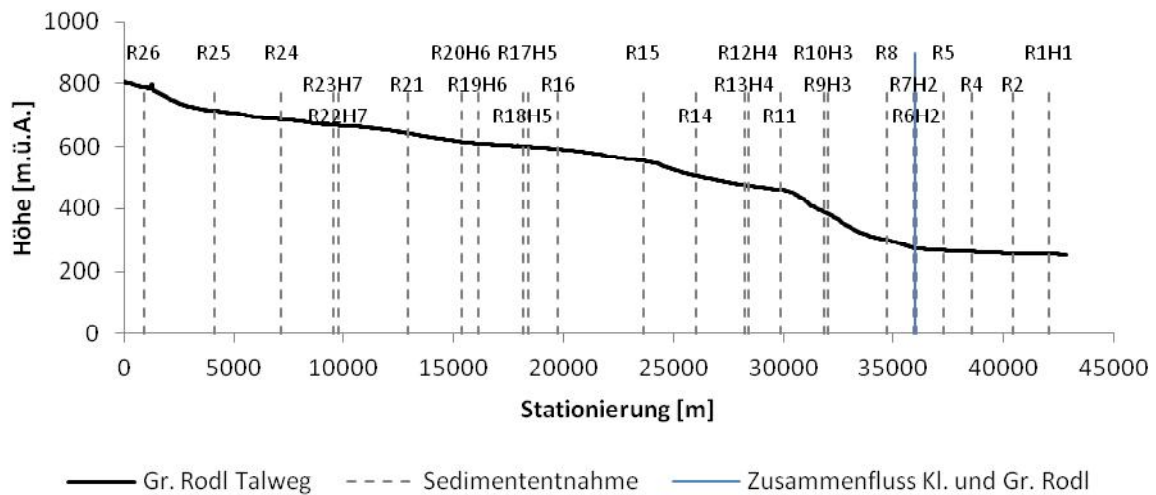


Abbildung 107: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Große Rodl.

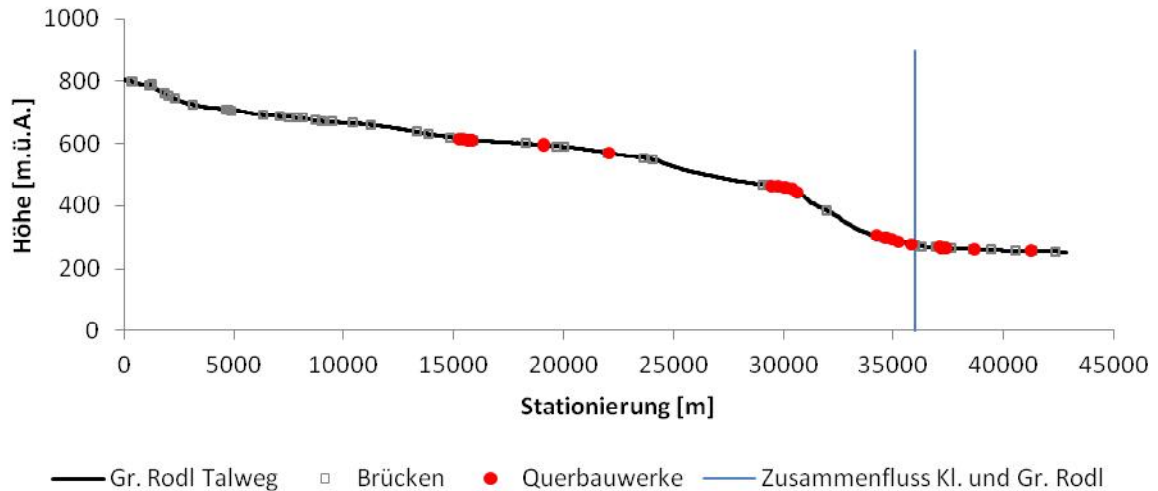


Abbildung 108: Querbauwerke im Längenschnitt – Große Rodl.

Im Längenschnitt der Kleinen Rodl erkennt man ebenfalls zwei deutlicher Änderungen im Sohlgefälle (Abbildung 109, Stationierung 0m, 16000m). Sie mündet nach rund 23 km in die Große Rodl (Abbildung 109, blaue Linie). Im untersuchten Abschnitt befinden sich zwei Querbauwerke. Es wurden keine Sedimentproben entnommen.

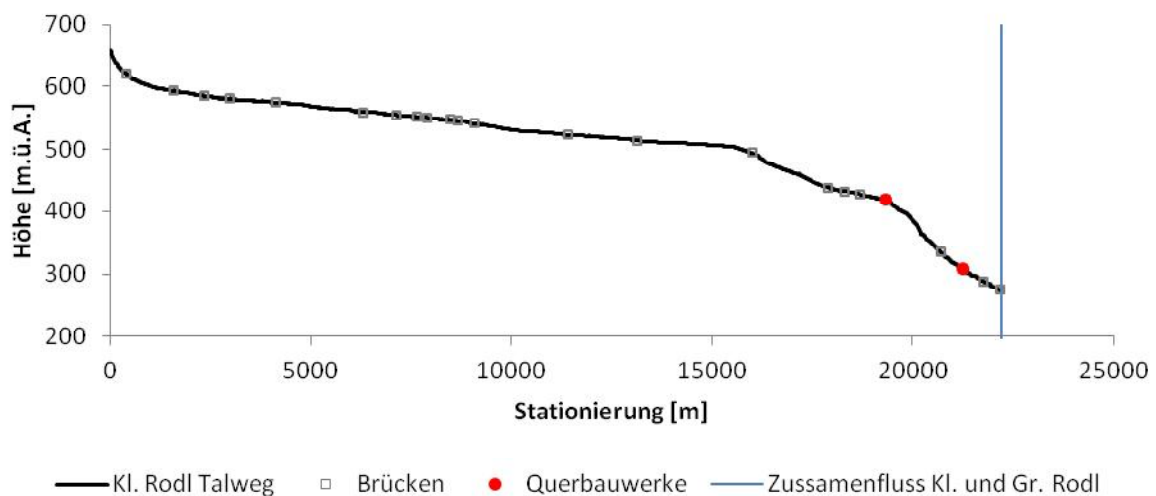


Abbildung 109: Querbauwerke im Längenschnitt – Kleine Rodl.

7.3.7. Osterbach

Im Längenschnitt des Osterbaches erkennt man deutliche Gefälleänderungen bei Stationierung 2000m und 13000m (Abbildung 110). Im untersuchten Abschnitt befinden sich 4 Querbauwerke (Abbildung 111) (Datengrundlage NGP bzw. Orthofotos). Für die Substratanalyse wurden Sedimentproben an 16 Punkten im Fließgewässer entnommen (Abbildung 110).

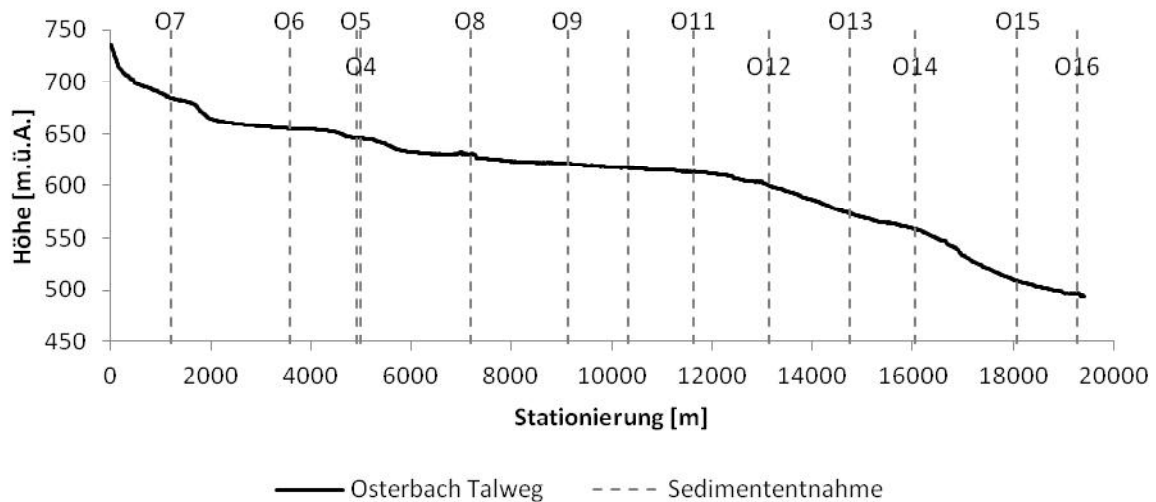


Abbildung 110: Entnahmestellen der Sedimentproben im Längenschnitt – Osterbach.

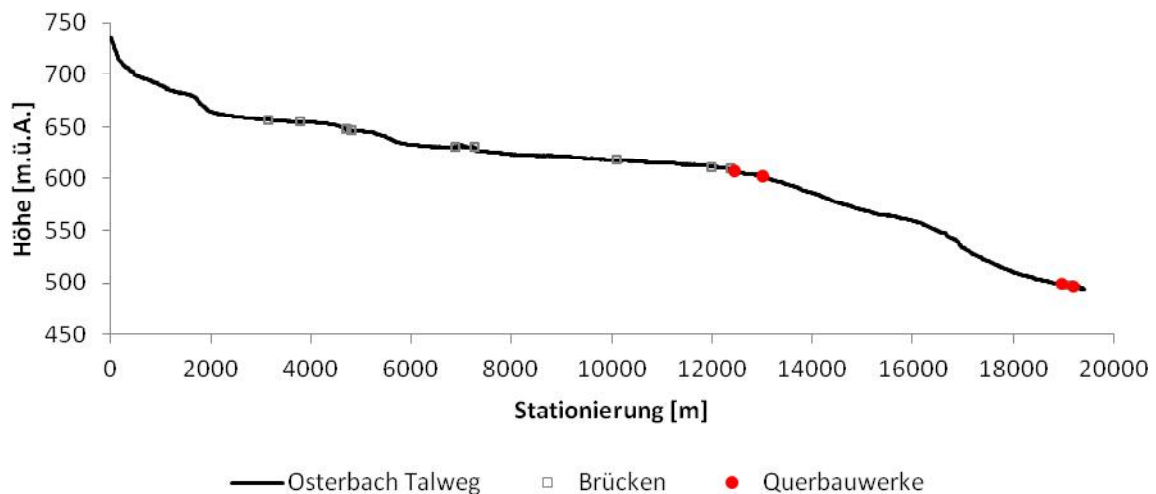


Abbildung 111: Querbauwerke im Längenschnitt – Osterbach.

Die Analyse des Längenschnitts in Bezug auf das lokale Sohlgefälle bildet eine wesentliche Grundlage zur Erstellung einer Datenbank die einzugsgebietsübergreifend Bewertungen und Aussagen hinsichtlich der Versandungsproblematik ermöglichen soll. Das lokale Sohlgefälle wurde auf einer Länge von 200 m aus den jeweiligen Längenschnitten (100 m flussab und 100 m flussauf der Probe) errechnet. Weiters wurde mittels GIS – Analysen (Grundlagen im AP02) an den jeweiligen Probepunkten die Einzugsgebietsgröße errechnet. Aus Grund dieser Informationen, gespeichert in einer Datenbank, konnten folgende Forschungsfragen untersucht werden:

- Ist das lokale Gefälle ein Indikator für die Versandung eines Gewässers unter der Annahme, je geringer das Gefälle desto stärker die Versandung.
- Ist die Einzugsgebietsgröße ein Indikator für die Versandung

Untersucht werden die beiden Forschungsfragen im Detail im nachfolgenden Kapitel wo neben Beispielen für Auswertungen zu unterschiedlichen Versandungsgraden auch Auswertungen der Korngrößendatenbank hinsichtlich Eigenschaften der Deck- und Unterschicht beschrieben sind.

7.4. Ergebnisse Korngrößenanalysen

7.4.1. Korngrößenanalysen Rodl

Die Rodl entspringt nördlich von Bad Leonfelden am Sternstein und mündet in Ottensheim bei Höflein. Der Höhenunterschied zwischen Quelle und Mündung beträgt ca. 725 m. Die Fließstrecke ist 42,4 km lang und das Einzugsgebiet beträgt 268 km². An der Rodl wurden im Zeitraum zwischen 7.1.2014 und 24.1.2014 insgesamt 52 Proben entnommen (siehe Abbildung 112).

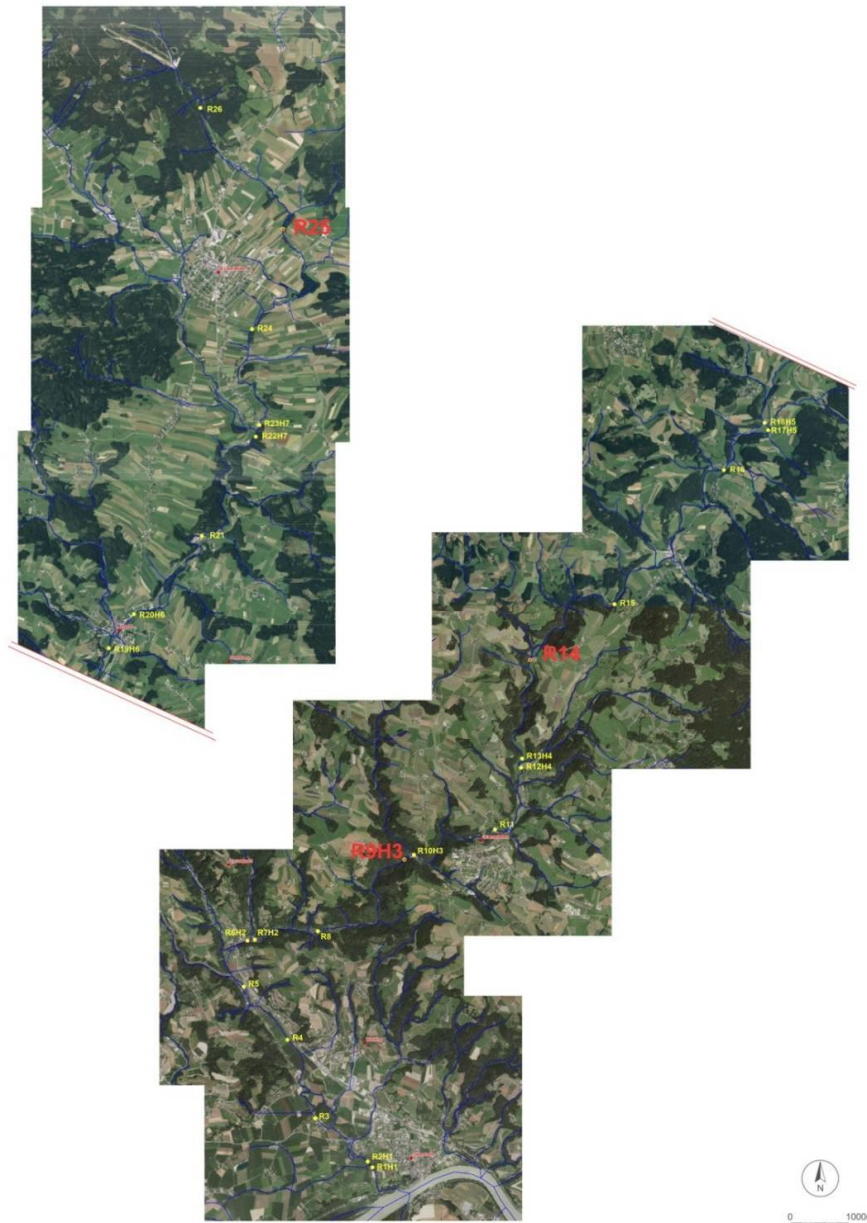


Abbildung 112: Übersicht Untersuchungsgebiet: Rodl (Quelle: DORIS).

Verschiedene Versandungsgrade der Rodl

Die Probenentnahmestelle R25 (Abbildung 113, Abbildung 114, Abbildung 115) weist einen hohen Versandungsgrad auf. Die Stelle befindet sich im Oberlauf der Rodl. Es handelt sich daher noch um ein sehr kleines Fließgewässer. Das Einzugsgebiet zweigt einen sehr hohen Grad an Drainagierung der umliegenden Flächen.

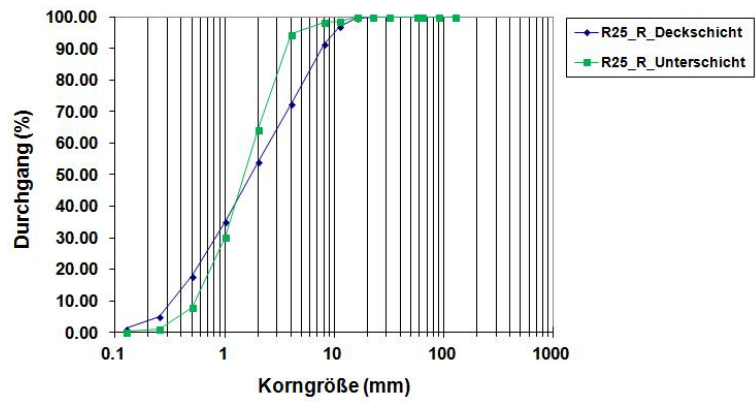


Abbildung 113: Probenentnahmestelle R25.

Abbildung 114: Korngrößenverteilung R25.



Abbildung 115: Profil R25.



Abbildung 116: Profil R14.

Die Probenentnahmestelle R14_L (Abbildung 117, Abbildung 118) ist repräsentativ für einen großen prozentuellen Anteil der Fließstecke. Vereinzelt Lücken zwischen dem deckschichtbildenden Mesolithal sind mit Sand bedeckt.

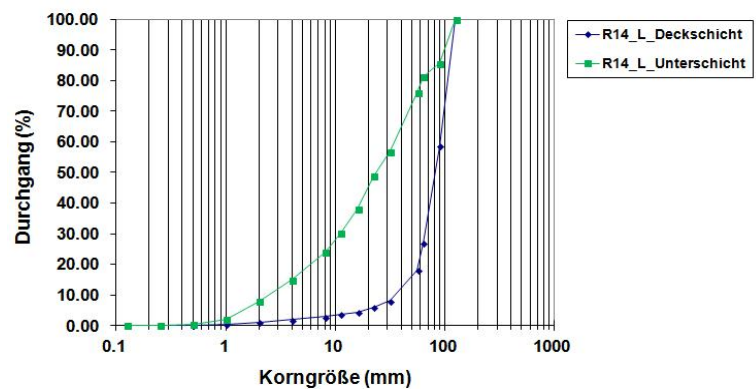


Abbildung 117: Probenentnahmestelle R14_L.

Abbildung 118: Korngrößenverteilung R14_L.

Versandungsgrad in den Steilstufen der Rodl

Die Probenentnahmestelle R9H3 (Abbildung 119, Abbildung 120) befindet sich in der Steilstufe zwischen Gramastetten und Rottenegg. In diesem Bereich sind oft Sandtaschen zwischen großen Blöcken ausgeprägt (Abbildung 119, Abbildung 120).



Abbildung 119: Sandtasche bei R9H3.



Abbildung 120: Sandtasche bei R9H3_R.

Auswertung Datenbank KGV in Bezug auf Einzugsgebietsgröße und Sohlgefälle

Im Einzugsgebiet der Rodl wurde für jede Sedimentprobe der maßgebende Korndurchmesser d_m und charakteristische Korndurchmesser d_{90} ermittelt. Unterschieden wurde hierbei zwischen Deckschicht, Unterschicht und Mischproben.

Ergebnisse Deckschicht

Es zeigt sich hinsichtlich der Deckschichtanalyse kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Sohlgefälle und Korndurchmesser d_m bzw. d_{90} (Abbildung 121, Abbildung 123). Auch eine mögliche Korrelation in Bezug auf die Einzugsgebietsgröße kann ausgeschlossen werden (Abbildung 122, Abbildung 124).

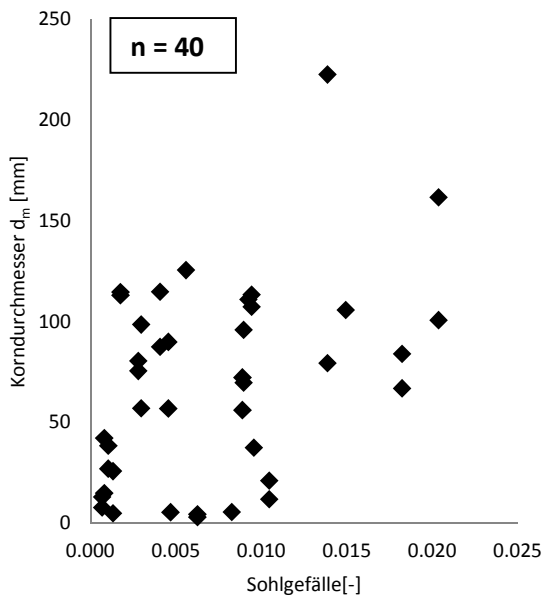


Abbildung 121: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

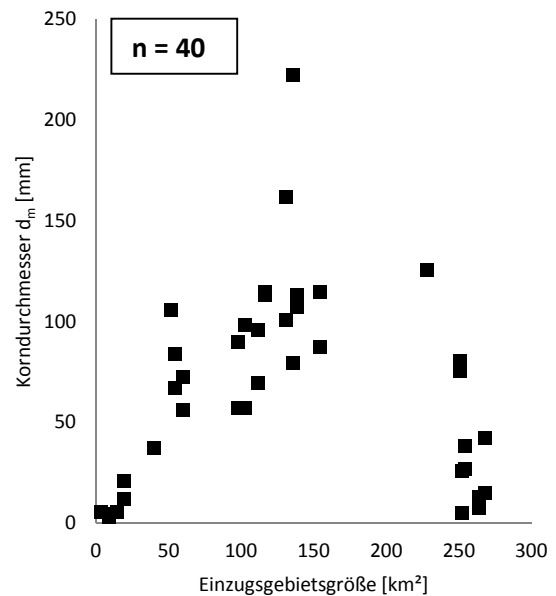


Abbildung 122: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

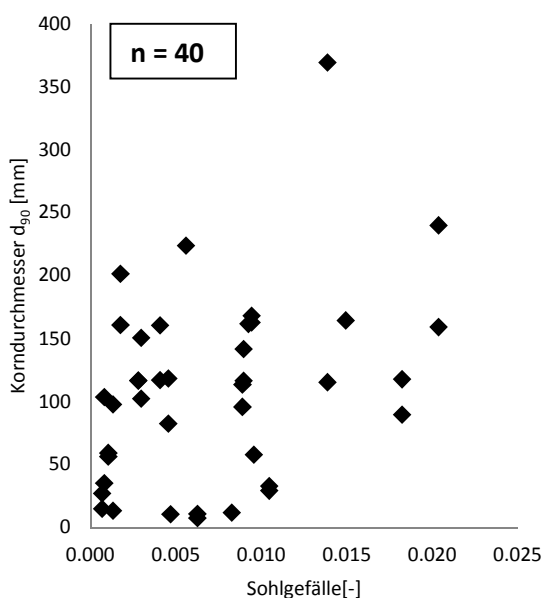


Abbildung 123: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

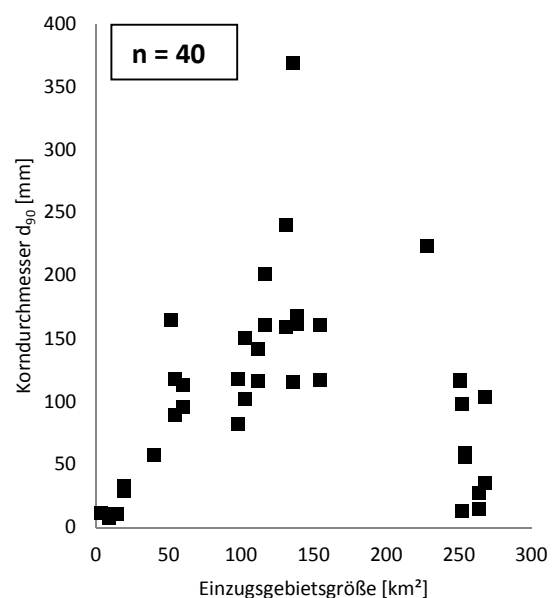


Abbildung 124: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

Ergebnis Unterschicht

Die Analyse der Unterschicht zeigt ein ähnliches Bild wie die Deckschichtanalyse. Es lässt sich hierbei ebenfalls kein zuverlässiger Zusammenhang zwischen maßgebenden Korndurchmesser d_m und Sohlgefälle bzw. Einzugsgebietsgröße erkennen (Abbildung 125, Abbildung 126). Dies gilt ebenfalls auch für den charakteristischen Korndurchmesser d_{90} (Abbildung 127, Abbildung 128).

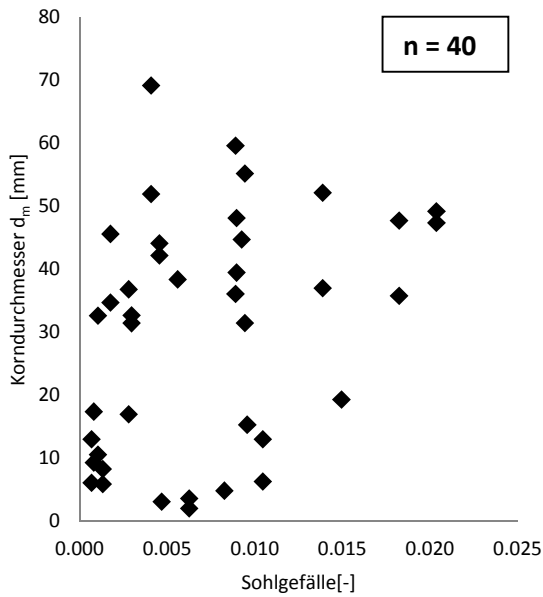


Abbildung 125: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

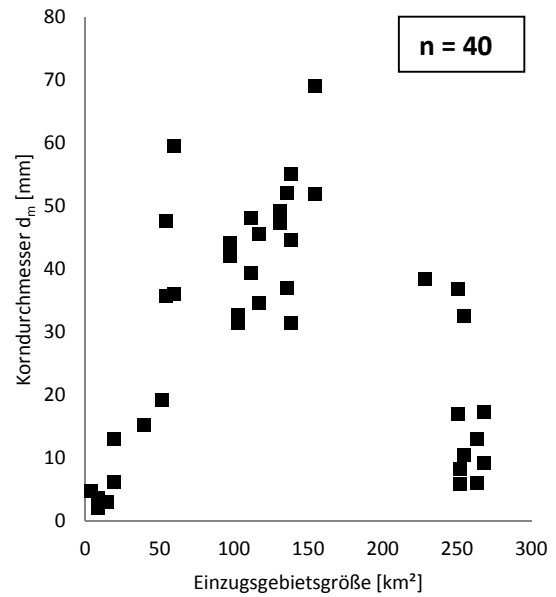


Abbildung 126: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

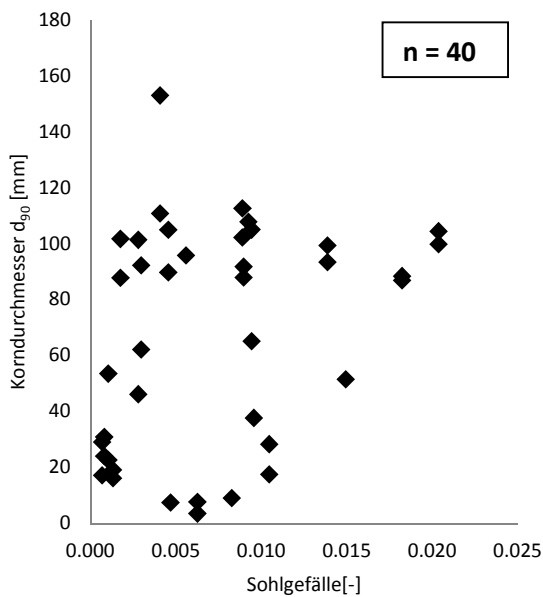


Abbildung 127: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

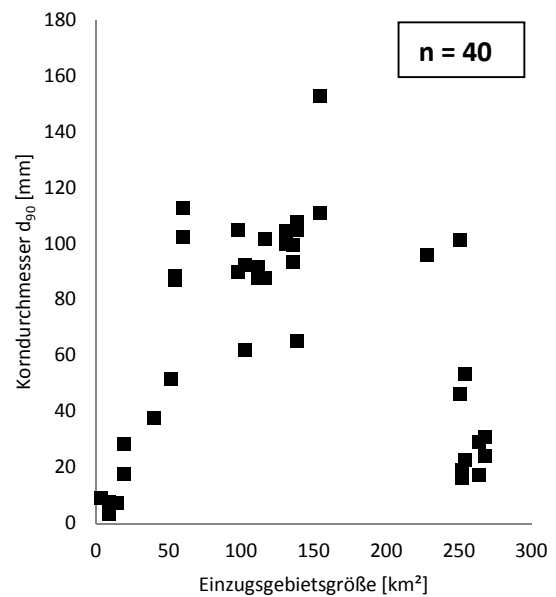


Abbildung 128: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

Ergebnis Mischproben (Versandungsproben)

Die Analysen der Mischproben zeigen keinen zuverlässigen Zusammenhang zwischen Korngröße und Sohlgefälle bzw. Einzugsgebietsgröße. Eine Abnahme des maßgebenden Korndurchmessers d_m sowie charakteristischen Korndurchmessers d_{90} ist zwar mit Zunahme der Einzugsgebietsgröße in Abbildung 130 und Abbildung 132 zu erkennen, jedoch muss aufgrund der geringen Anzahl an Proben ($n=4$)

dieses Ergebnis als nicht gesichert gewertet werden. Keine Korrelation ist im Bezug auf das Sohlgefälle und den beiden Korndurchmessern d_m und d_{90} festzustellen (Abbildung 129 und Abbildung 131).

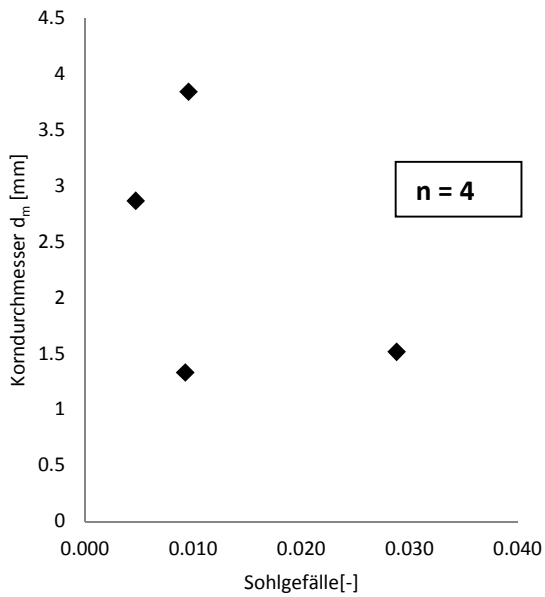


Abbildung 129: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

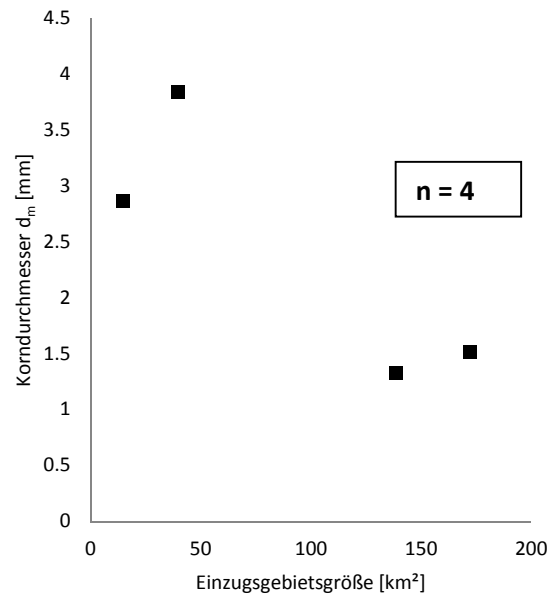


Abbildung 130: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

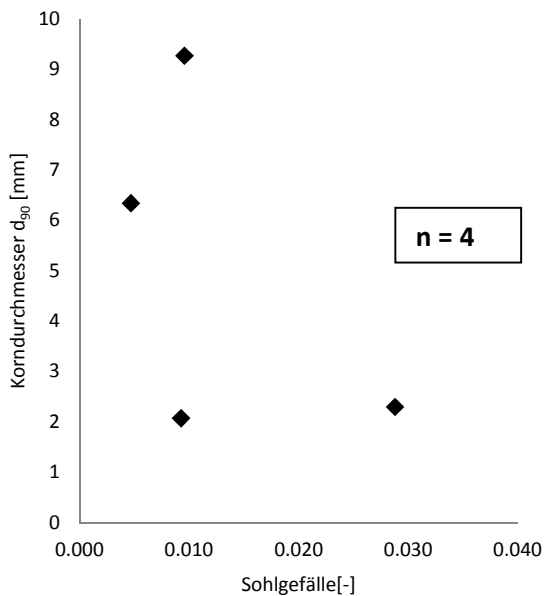


Abbildung 131: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

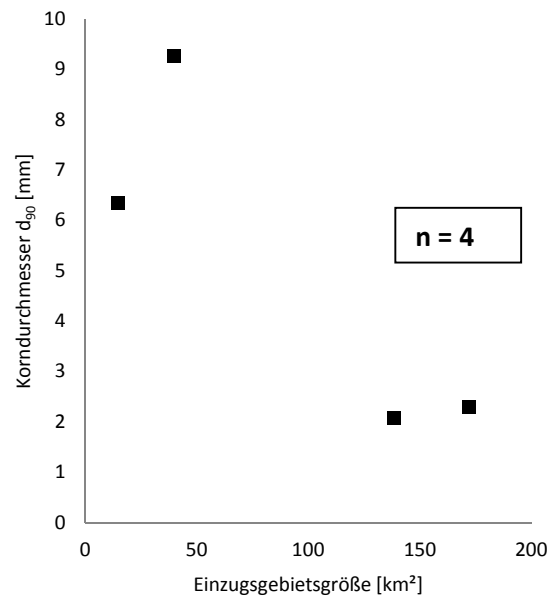


Abbildung 132: Auswertung Siebanalyse (Rodl, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

7.4.2. Korngrößenanalysen Große Mühl

Die Große Mühl entspringt im Böhmerwald auf deutschem Staatsgebiet an der oberösterreichisch-bayerischen-tschechischen Grenze in einer Seehöhe von ca. 1.260 m und mündet bei Untermühl in die Donau. Der Höhenunterschied zwischen Quelle und Mündung beträgt ca. 980 m. Die Fließstrecke ist 71 km lang und das Einzugsgebiet weist eine Größe von 560 km² auf. An der Großen Mühl wurden im Zeitraum zwischen 4.2.2014 und 20.5.2014 insgesamt 58 Proben entnommen (Abbildung 133).



Abbildung 133: Übersicht Untersuchungsgebiet: Große Mühl (Quelle: DORIS).

Verschiedene Versandungsgrade der Großen Mühl

Die Probenentnahmestelle GM22 (Abbildung 134, Abbildung 135) weist einen hohen Versandungsgrad auf. Dabei sind ganze Flussabschnitte zur Gänze mit Granitgrus bedeckt.

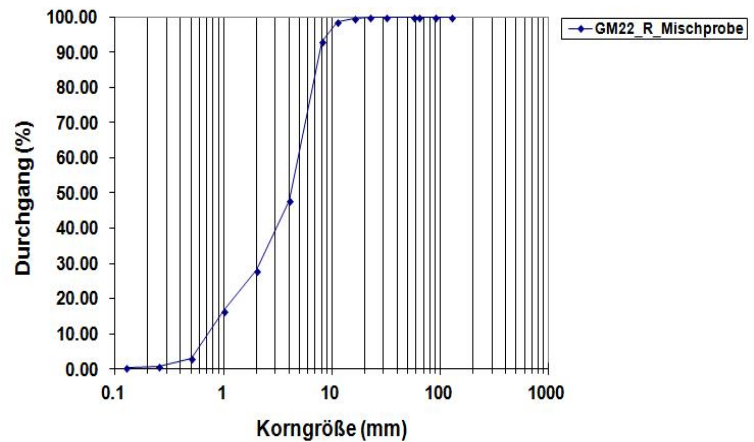


Abbildung 134: Probenentnahmestelle GM22. Abbildung 135: Korngrößenverteilung GM22.

Die Probenentnahmestelle GM8_R (Abbildung 136, Abbildung 137) ist repräsentativ für einen großen prozentuellen Anteil der Fließstecke. Es handelt sich dabei um eine stabile kompakte Sohle, welche einen sehr geringen Versandungsgrad aufweist.

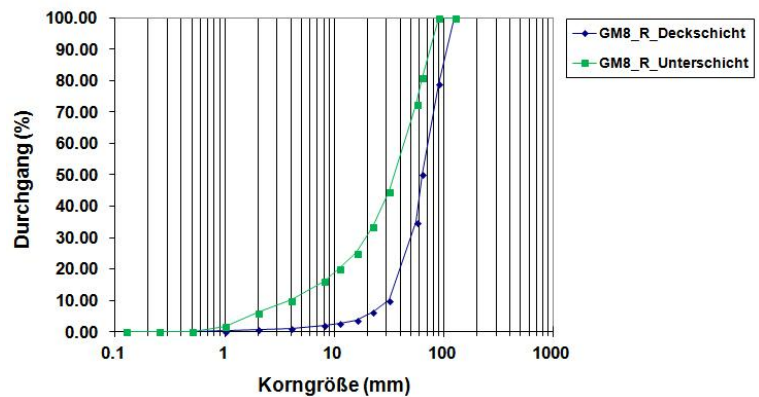


Abbildung 136: Probenentnahmestelle GM8_R. Abbildung 137: Korngrößenverteilung GM8_R.

Versandungsgrad in den Steilstufen der Großen Mühl

In der Steilstufe der Großen Mühl konnte keine Versandung der Sohle festgestellt werden (Abbildung 138). Der Grund dafür liegt am Stausee Neufelden (Kraftwerk Partenstein – Betreiber Energie_AG. Dieser fungiert wie ein überdimensionaler Sandfang (Abbildung 139).

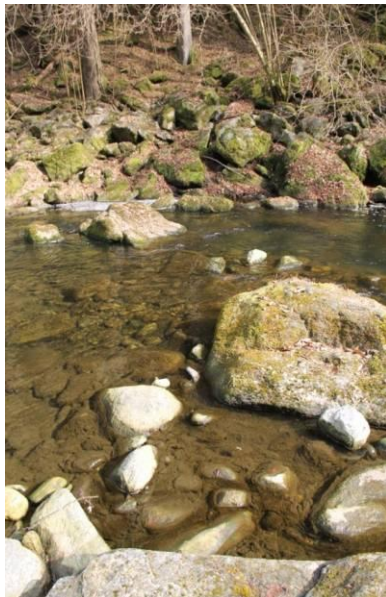


Abbildung 138: Probenentnahmestelle GM3.

Stausee Neufelden



Abbildung 139: Stausee Neufelden.

Auswertungen Datenbank KGV in Bezug auf Einzugsgebietsgröße und Sohlgefälle

Im Einzugsgebiet der Großen Mühl wurde für jede Sedimentprobe der maßgebende Korndurchmesser d_m und charakteristische Korndurchmesser d_{90} ermittelt. Unterschieden wurde hierbei zwischen Deckschicht, Unterschicht und Mischproben.

Ergebnis Deckschicht

Es zeigt sich kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Sohlgefälle und Korndurchmesser d_m bzw. d_{90} (Abbildung 140, Abbildung 142). Auch eine mögliche Korrelation in Bezug auf die Einzugsgebietsgröße kann ausgeschlossen werden (Abbildung 141, Abbildung 143).

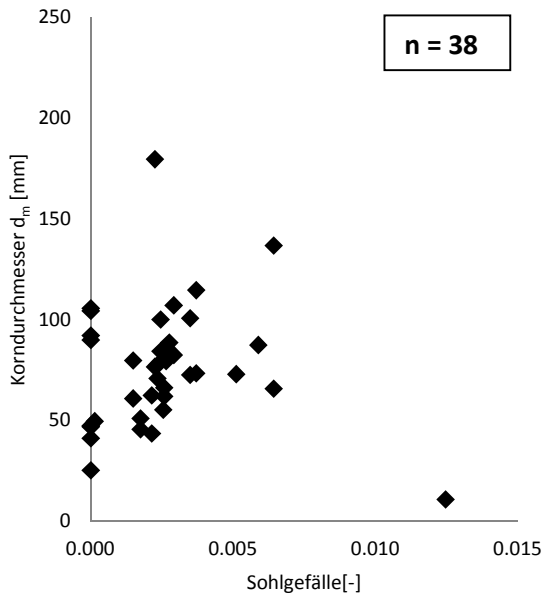


Abbildung 140: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

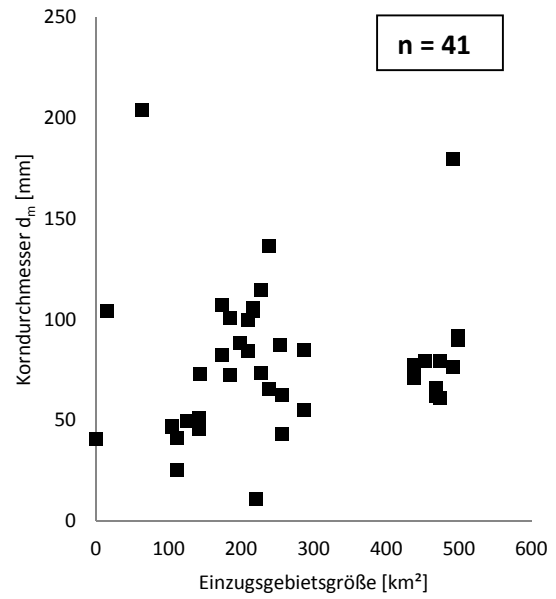


Abbildung 141: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

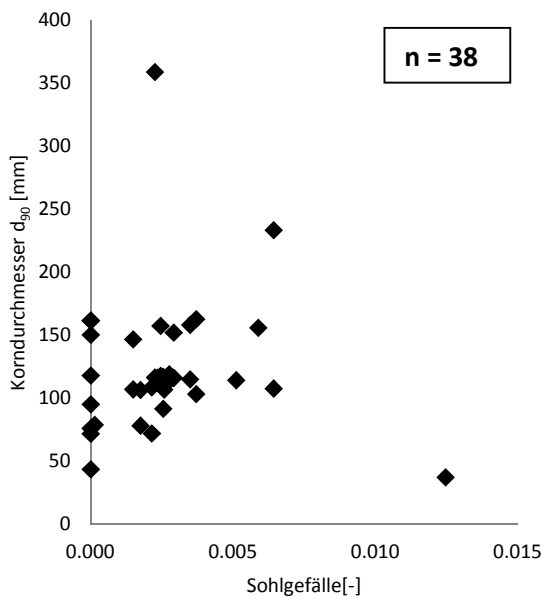


Abbildung 142: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

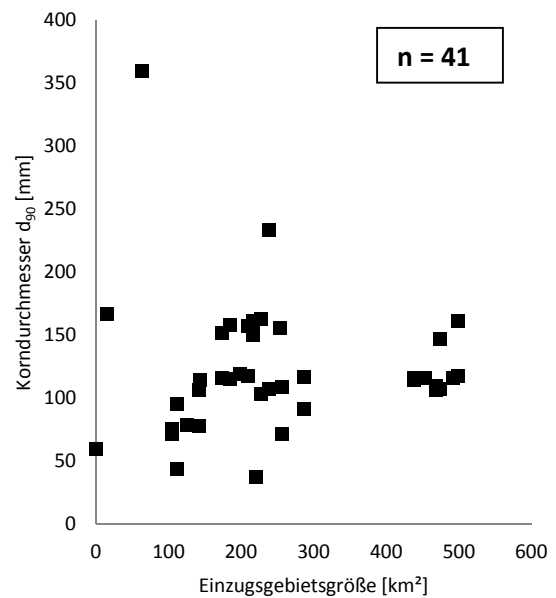


Abbildung 143: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

Ergebnis Unterschicht

Auch die Substratanalyse der Unterschicht zeigt keinen gesicherten Zusammenhang zwischen Korndurchmesser und Sohlgefälle bzw. Einzugsgebietsgröße. Dies gilt für den maßgebenden Korndurchmesser d_m (Abbildung 144, Abbildung 145) und den charakteristischen Korndurchmesser d_{90} (Abbildung 146, Abbildung 147).

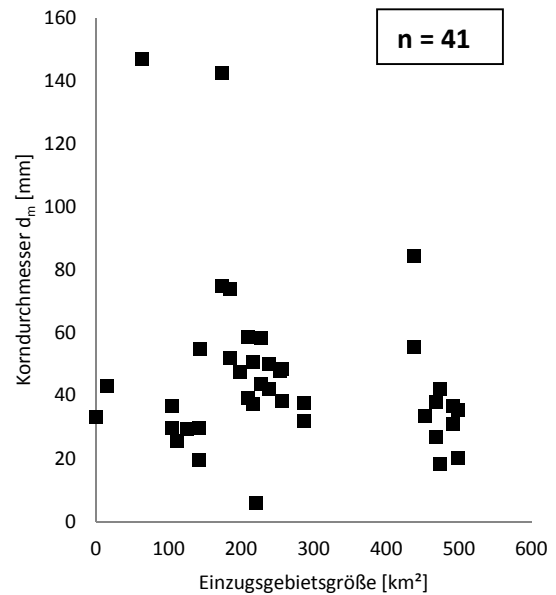
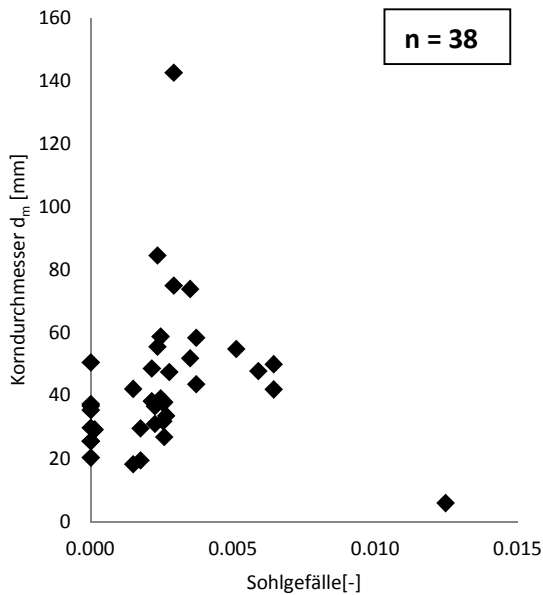


Abbildung 144: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 145: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

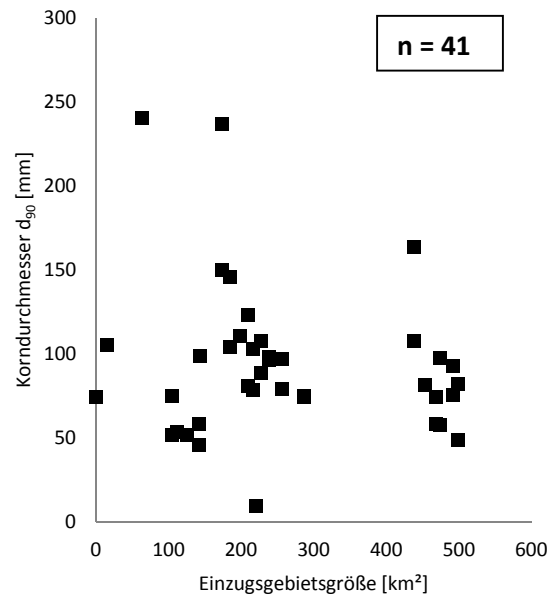
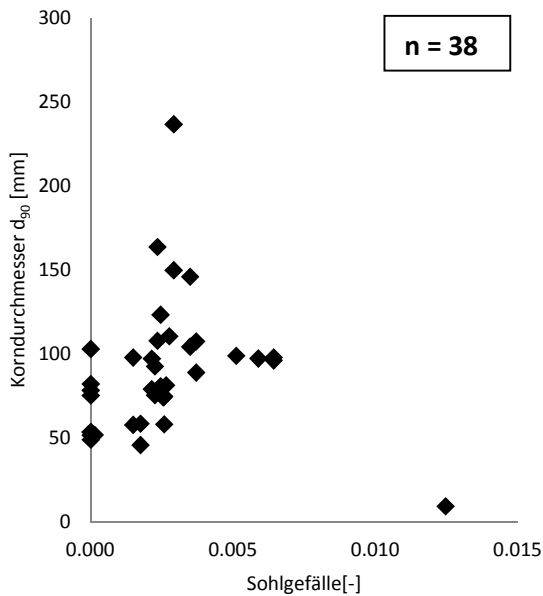


Abbildung 146: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 147: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

Ergebnis Mischprobe (Versandungsproben)

Es zeigt sich auch bei den Analysen der Mischproben keine Korrelation zwischen Korndurchmesser und Sohlgefälle bzw. Einzugsgebietsgröße (Abbildung 148, Abbildung 149, Abbildung 150, Abbildung 151).

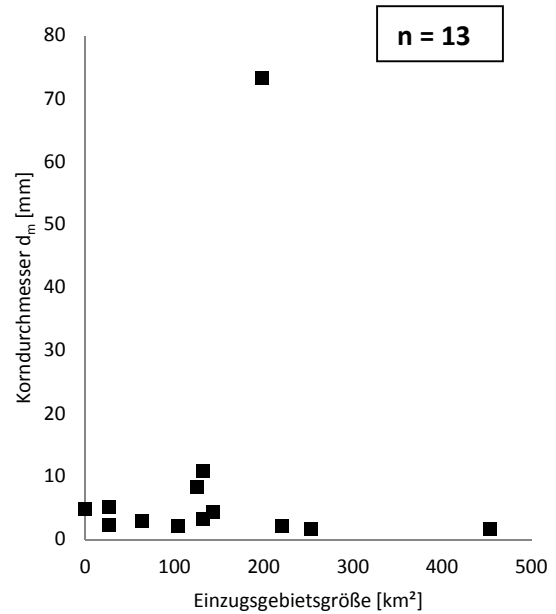
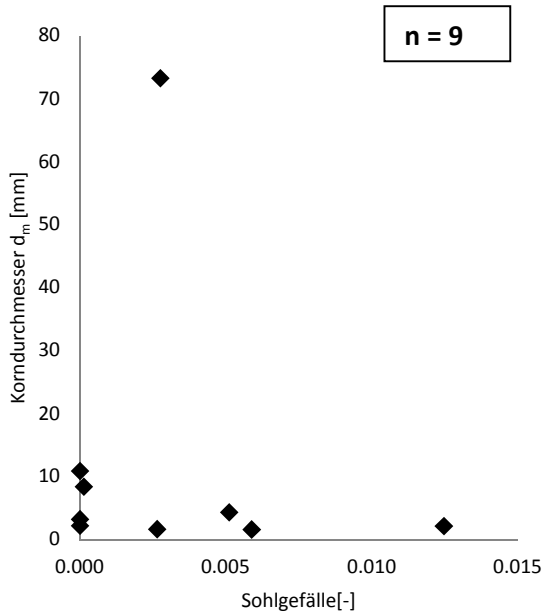


Abbildung 148: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 149: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

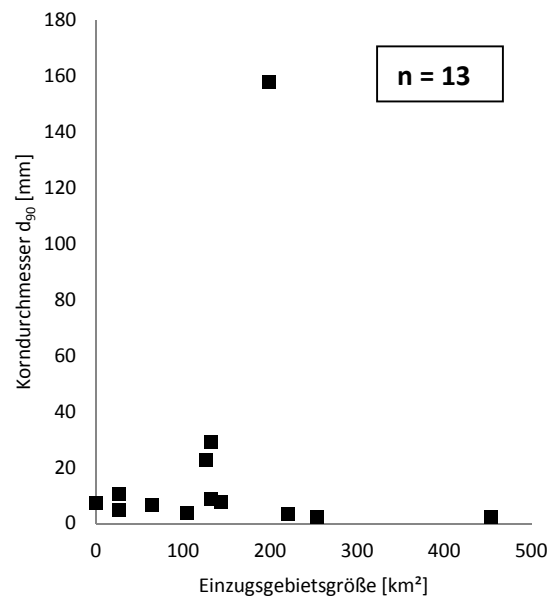
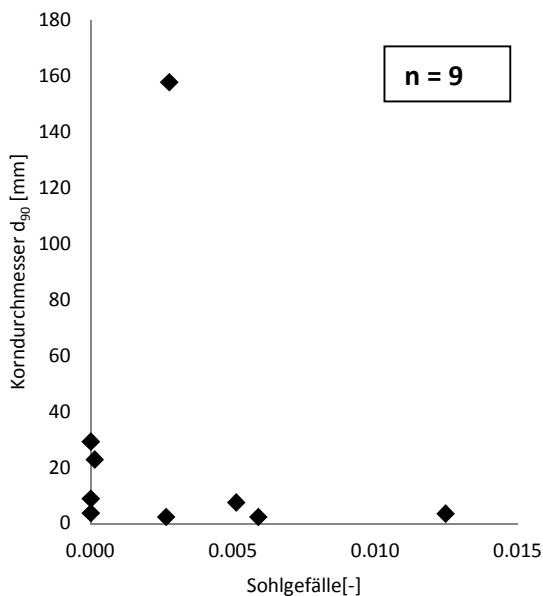


Abbildung 150: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 151: Auswertung Siebanalyse (Gr. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

7.4.3. Korngrößenanalysen Kleine Mühl

Die Kleine Mühl entspringt in der Bräuerau (nahe Julbach) und mündet bei Obermühl in die Donau. Der Höhenunterschied zwischen Quelle und Mündung beträgt ca. 396 m. Die Fließstrecke ist 32,5 km lang und das Einzugsgebiet weist eine Größe von 201 km² auf. An der Kleinen Mühl wurden im Zeitraum zwischen 19.2.2014 und 18.3.2014 insgesamt 34 Proben entnommen (Abbildung 152).



Abbildung 152: Übersicht Untersuchungsgebiet: Kleine Mühl (Quelle: DORIS).

Verschiedene Versandungsgrade der Kleinen Mühl

Die Probenentnahmestelle KM4_Kolk (Abbildung 153, Abbildung 154) weist einen hohen Versandungsgrad auf. Ein Großteil der Fließstrecke im Oberlauf der Kleinen Mühl ist von einer derartigen Versandung betroffen.

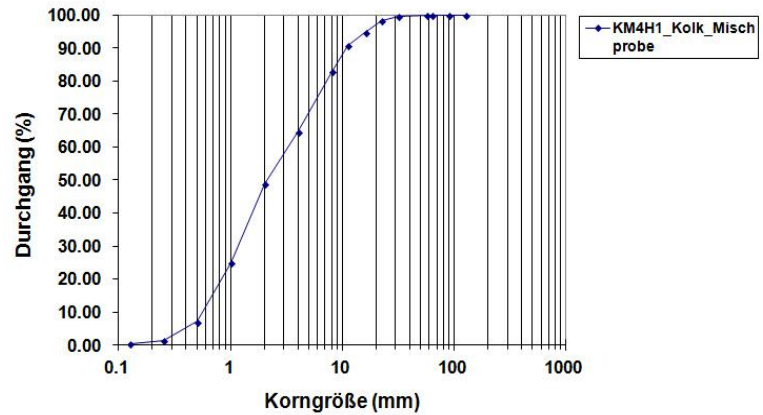


Abbildung 153: Probenentnahmestelle KM4_Kolk. Abbildung 154: Korngrößenverteilung KM4_Kolk.

An manchen Stellen kommt es durch den hohen Versandungsgrad zu Riffelbildung welche eine hohe Mobilität bei geringen Abflüssen zeigen (Abbildung 155).

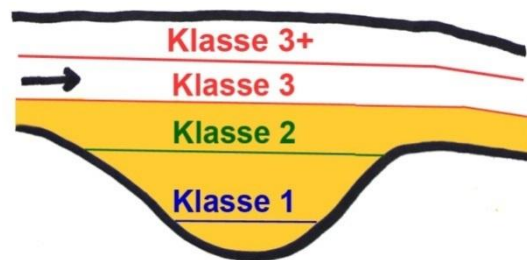


Abbildung 155: Riffelbildung (Kleine Mühl).

Abbildung 156: Schema Versandungsgrad (Furt-Kolk-Typ).

Nach den mit Granitgrus aufgefüllten Kolken, weisen darauf folgende Furtbereiche oft keine Versandung auf (Abbildung 157). Dieser Zustand der aufgefüllten Kolke und freien Furten wurde als Versandungsgrad Klasse 2 definiert (Abbildung 156).

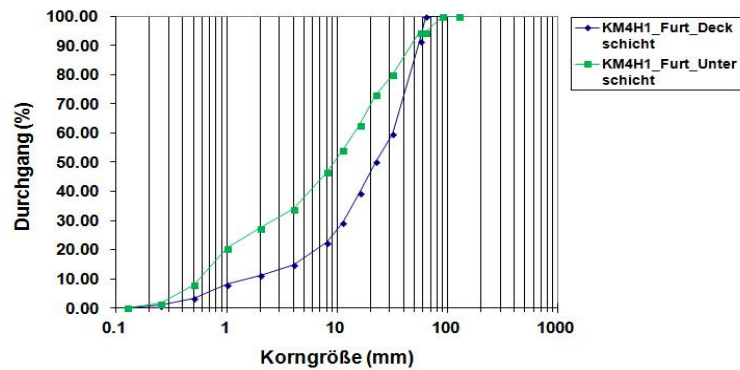
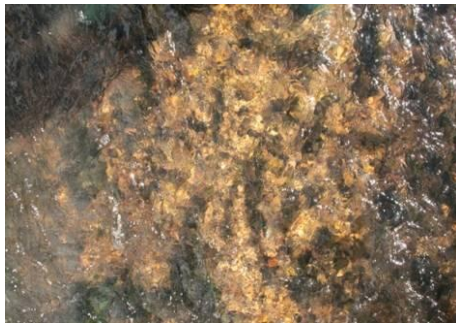


Abbildung 157: Probenentnahmestelle KM4_Furt. Abbildung 158: Korngrößenverteilung KM4_Furt.

Versandungsgrad in den Steilstufen der Kleinen Mühl

Die Steilstufe der Kleinen Mühl weist nur einen sehr geringen Versandungsgrad der Sohle auf (Abbildung 160). Der Grund dafür liegt in der weitläufigen Verebnungsfläche vor dieser Steilstufe (Abbildung 159).



Abbildung 159: Verebnungsfläche vor Steilstufe.



Abbildung 160: Probenentnahmestelle KM16.

Auswertungen Datenbank KGV in Bezug auf Einzugsgebietsgröße und Sohlgefälle

Im Einzugsgebiet der Kleinen Mühl wurde für jede Sedimentprobe der maßgebende Korndurchmesser d_m und charakteristische Korndurchmesser d_{90} ermittelt. Unterschieden wurde hierbei zwischen Deckschicht-, Unterschicht-, und Mischproben.

Ergebnis Deckschicht

Es zeigt sich ein Zusammenhang zwischen Sohlgefälle und charakteristischen Korndurchmesser d_{90} (Abbildung 163). Die geringe Anzahl an Stichproben ($n=7$) könnten hierbei aber das Ergebnis maßgeblich beeinflussen. Keine Korrelation kann hingegen für den maßgebenden Korndurchmesser d_m und Sohlgefälle festgestellt werden (Abbildung 161). Weiters kann ein Einfluss der Einzugsgebietsgröße auf die Korngröße ausgeschlossen werden. Dies zeigt sich für die beiden untersuchten Korngrößen d_m und d_{90} (Abbildung 162, Abbildung 164).

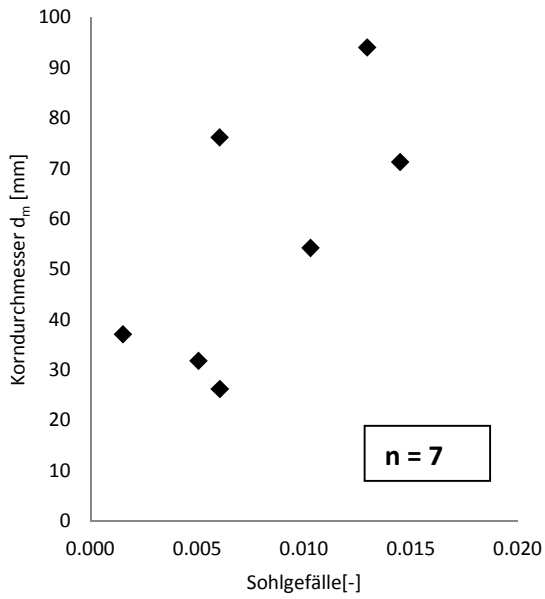


Abbildung 161: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

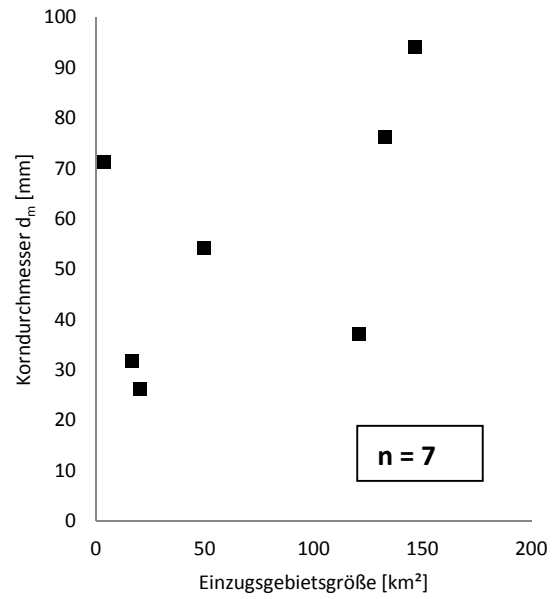


Abbildung 162: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

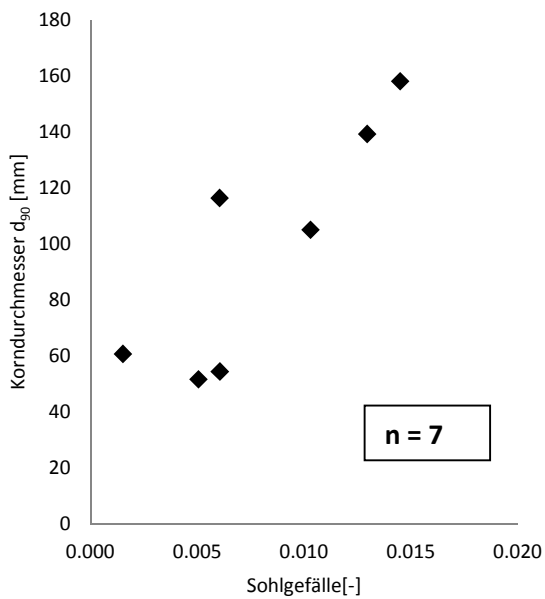


Abbildung 163: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

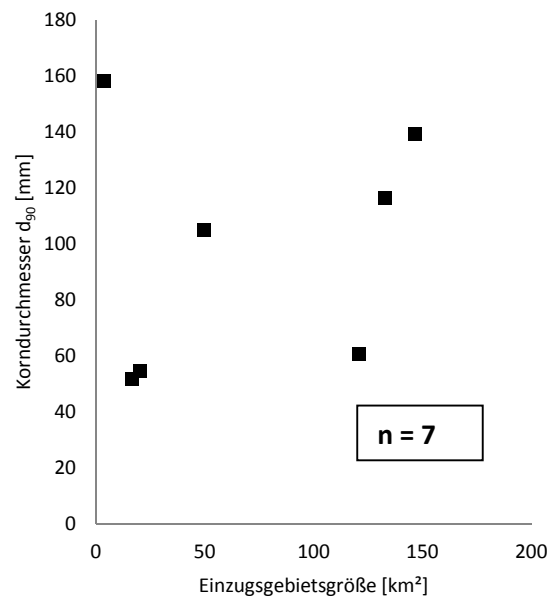


Abbildung 164: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

Ergebnis Unterschicht

Die Analyse des Einflusses des Sohlgefälles zeigt keinen Zusammenhang zwischen charakteristischen Korndurchmesser d_m bzw. d_{90} (Abbildung 165, Abbildung 167). In Bezug auf die Einzugsgebietsgröße zeigt sich grafisch eine Korrelation. Aufgrund des geringen Regressionskoeffizienten ($R^2 = 0,33 - 0,44$) kann dieses Ergebnis aber nicht als gesichert gewertet werden (Abbildung 166, Abbildung 168).

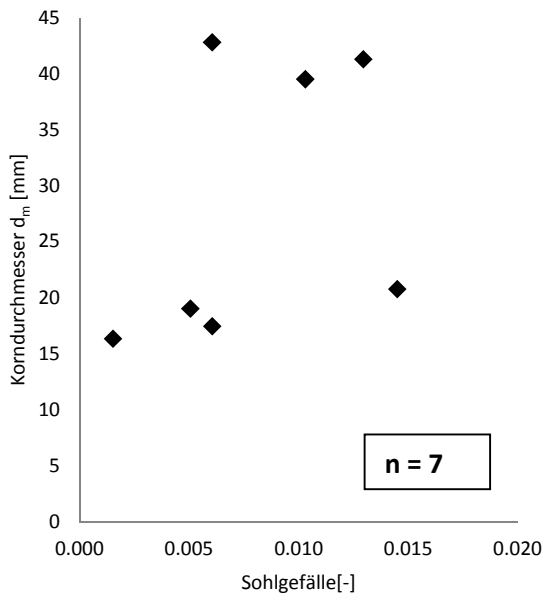


Abbildung 165: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

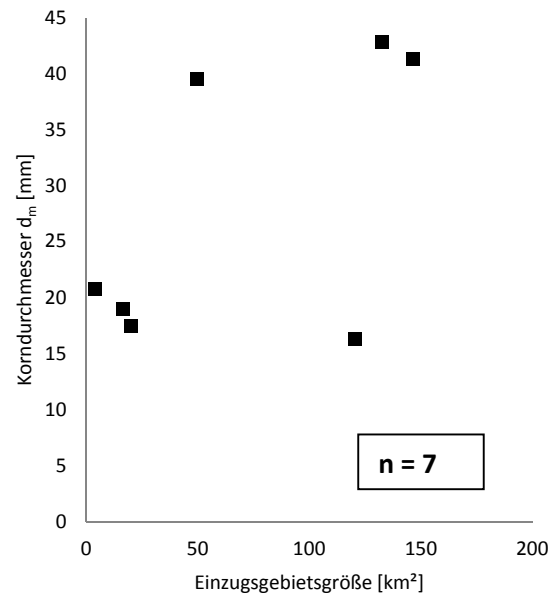


Abbildung 166: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

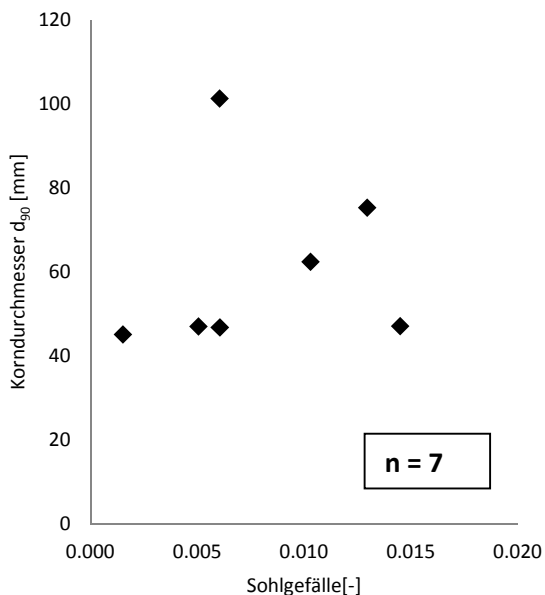


Abbildung 167: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

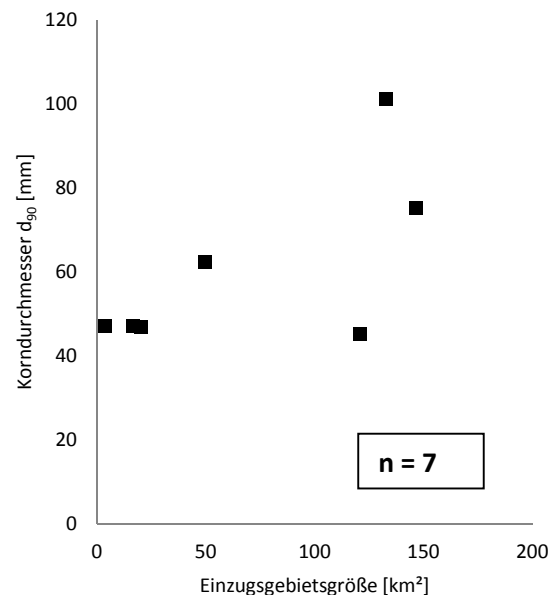


Abbildung 168: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

Ergebnis Mischprobe (Versandungsproben)

Ebenfalls ist kein Zusammenhang zwischen Sohlgefälle bzw. Einzugsgebietsgröße und charakteristischen Korndurchmesser d_m bzw. maßgebenden Korndurchmesser d_{90} erkennbar (Abbildung 169, Abbildung 170, Abbildung 171, Abbildung 172).

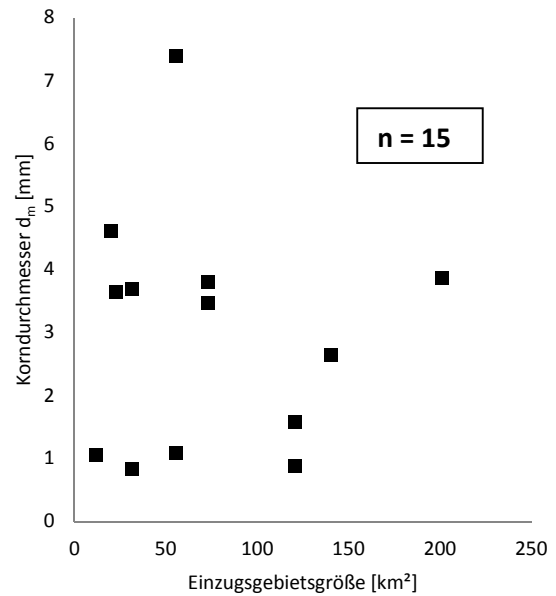
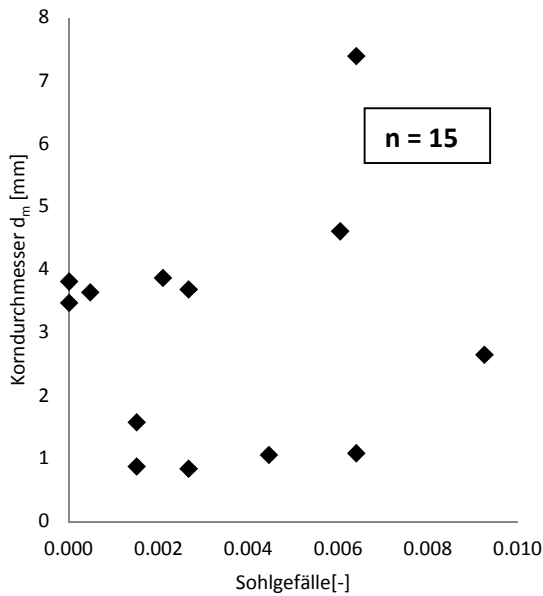


Abbildung 169: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 170: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

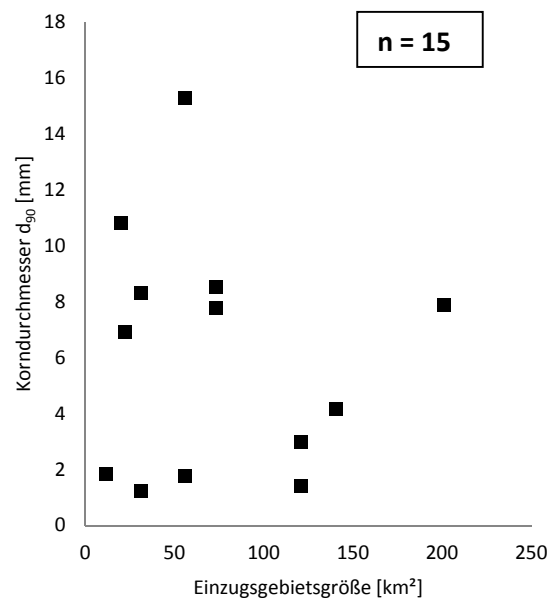
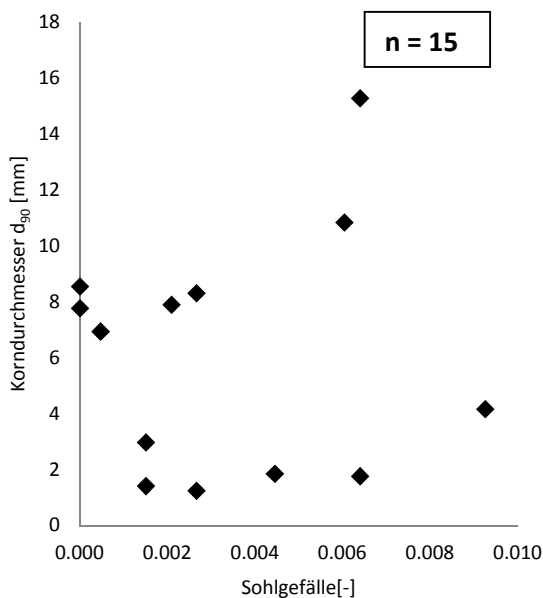


Abbildung 171: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 172: Auswertung Siebanalyse (Kl. Mühl, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

7.4.4. Korngrößenanalysen Gusen

Die Große Gusen und die Kleine Gusen bilden ab Katsdorf den Fluss Gusen, dieser mündet bei Langenstein in die Donau. Zusammen mit der als Oberlauf gesehenen Großen Gusen beträgt die Fließstrecke 39,8 km. Das Einzugsgebiet weist eine Größe von 293,8 km² auf. An der Gusen wurden im Zeitraum zwischen 17.3.2014 und 25.3.2014 insgesamt 50 Proben entnommen (Abbildung 173).

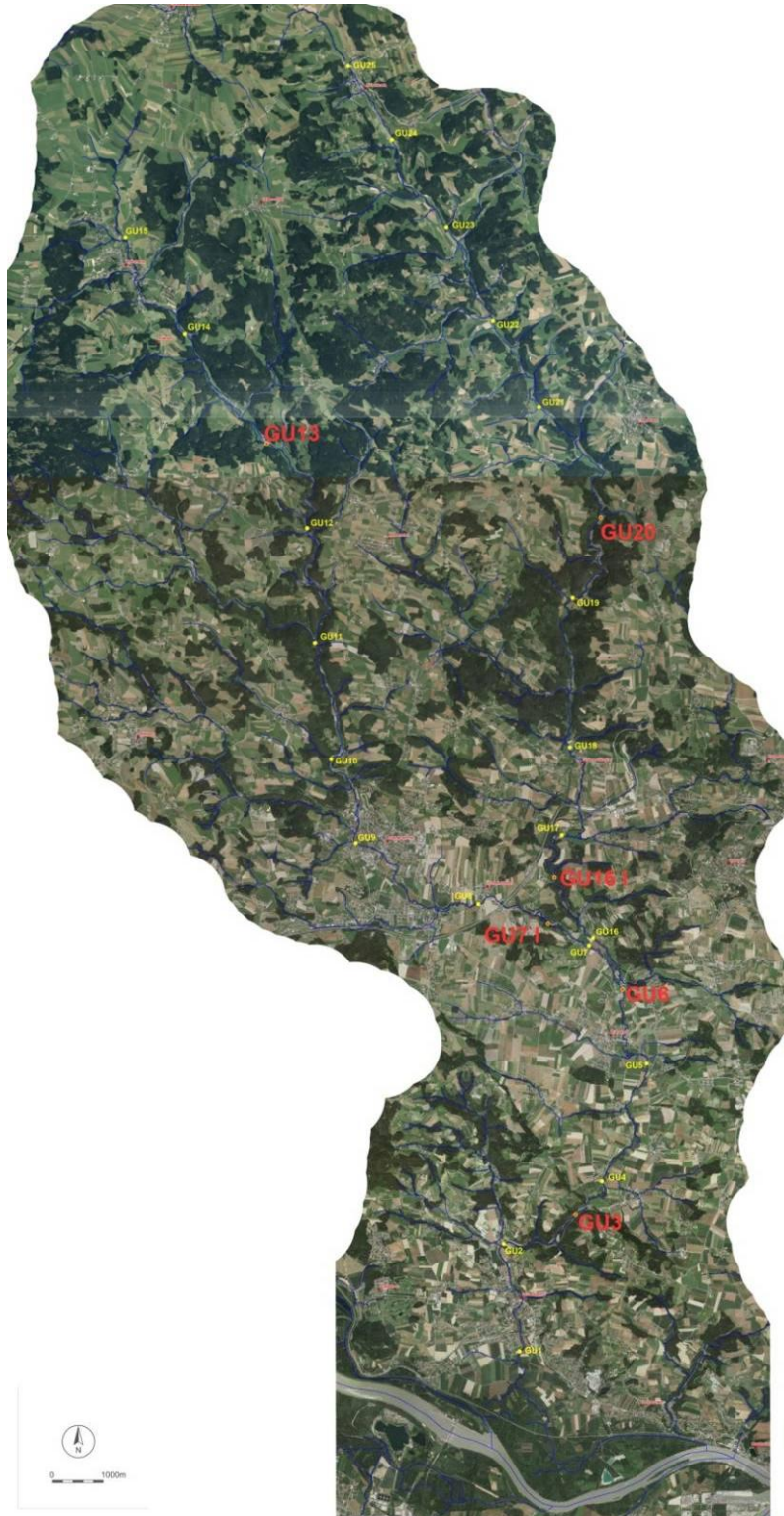


Abbildung 173: Übersicht Untersuchungsgebiet: Gusen (Quelle: DORIS).

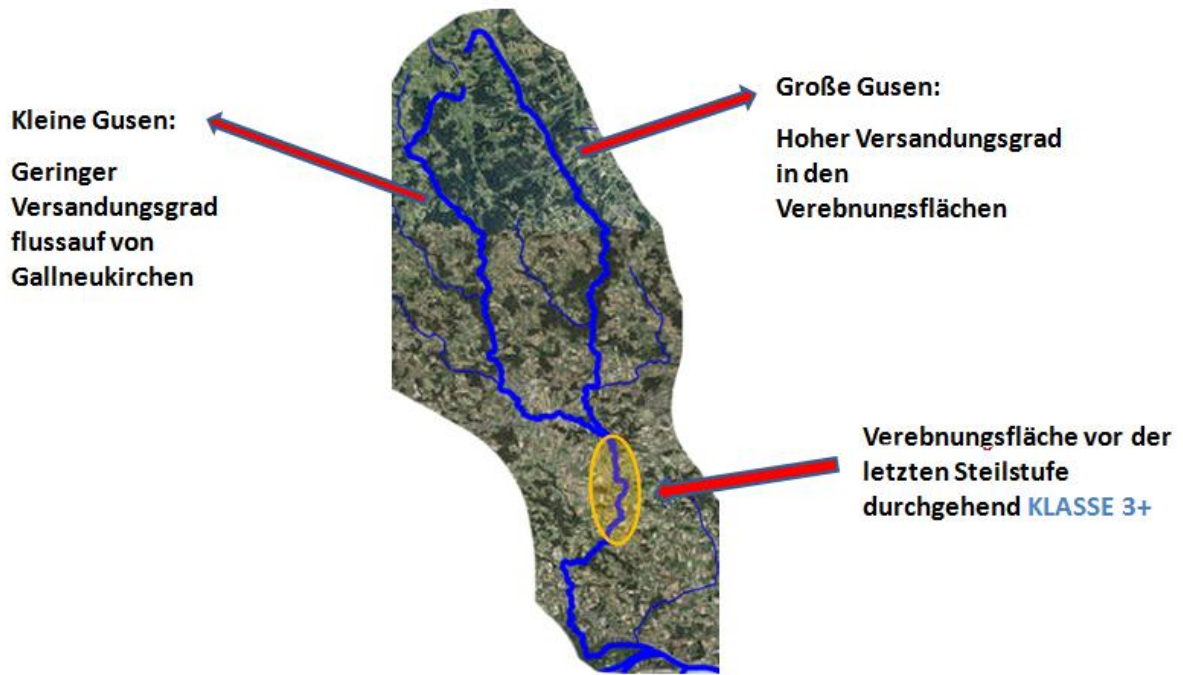


Abbildung 174: Übersicht Versandungsgrad, Große Gusen und Kleine Gusen.

Die Probenentnahmestelle GU6 (Abbildung 175, Abbildung 176) liegt flussab der Vereinigung von Großer und Kleiner Gusen. Es handelt sich dabei um die schon oben erwähnte große Verebnungsfläche vor der letzten Steilstufe, welche durchgehend einen Versandungsgrad der Klasse 3+ aufweist. Dieser Grad der Versandung beinhaltet die ständige Mobilität des Granitgruses auch bei Mittel- bzw. teilweise auch bei Niederwasserführung.



Abbildung 175: Probenentnahmestelle GU6.

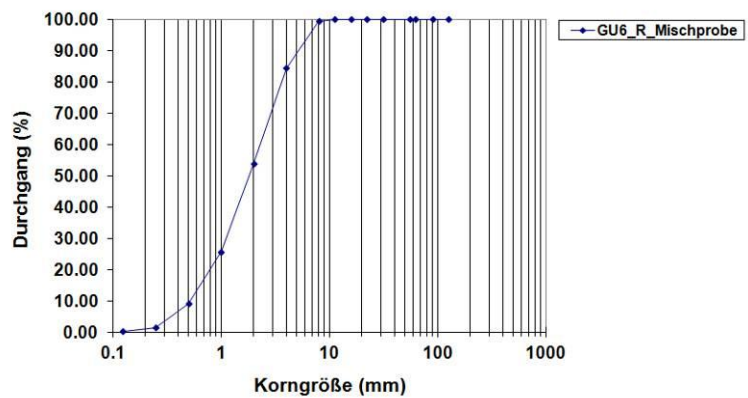


Abbildung 176: Korngrößenverteilung GU6.

Auch an der Große Gusen findet man einige Flussabschnitte mit hohen Versandungsgraden. Bei der Probenentnahmestelle GU20 (Abbildung 177, Abbildung 178) handelt es sich um einen Staubereich für ein Pumpwerk.



Abbildung 177: Probenentnahmestelle GU20.

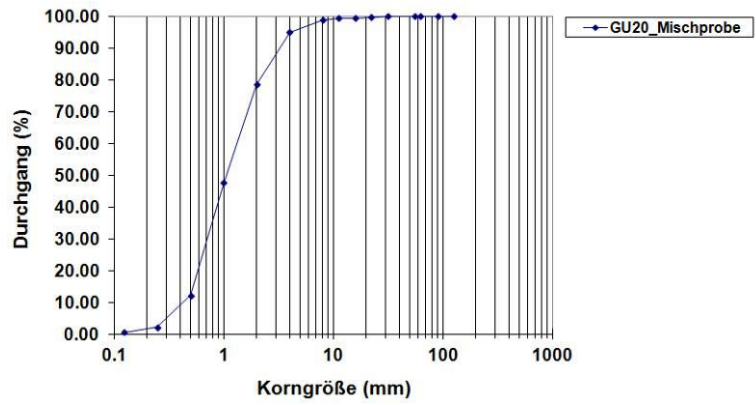


Abbildung 178: Korngrößenverteilung GU20.

An der Kleinen Gusen findet man vereinzelt Furt-Kolk-Abschnitte mit Versandungsgrad 2. Die Probenentnahmestelle GU13 Furt (Abbildung 179, Abbildung 180) weist keine Versandung auf. Der Kolk GU13 (Abbildung 181, Abbildung 182) ist jedoch mit Granitgrus aufgefüllt.



Abbildung 179: Probenentnahmestelle GU13_Furt.

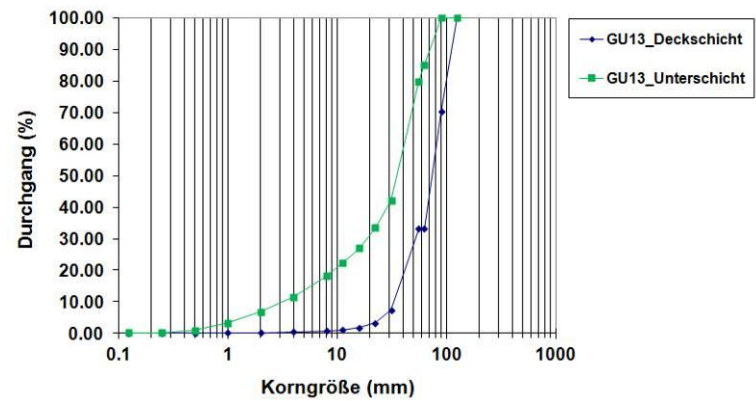


Abbildung 180: Korngrößenverteilung GU13_Furt.



Abbildung 181: Probenentnahmestelle GU13_Kolk.

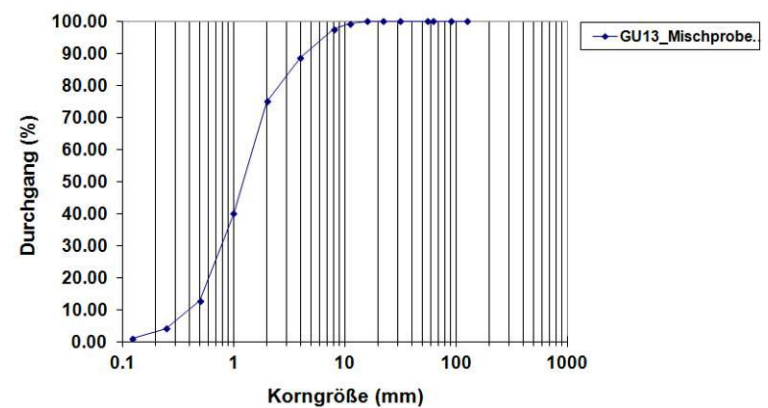


Abbildung 182: Korngrößenverteilung GU13_Kolk.

Versandungsgrad in den Steilstufen der Gusen

Die Steilstufen der Kleinen Gusen weisen aufgrund des allgemein besseren Zustands nur einen sehr geringen Versandungsgrad der Sohle auf (Abbildung 183). Die Steilstufen der Großen Gusen enthalten immer wieder Stellen, bei denen Zwischenräume mit Granitgrus bedeckt sind (Abbildung 184). Die Steilstufe der Gusen hat einen geringen Versandungsgrad, weil wiederum die weitläufige Verebnungsfläche vor dieser Steilstufe die Sandmassen noch zurückhält (Abbildung 185).



Abbildung 183: Probenentnahmestelle GU3.



Abbildung 184: Probenentnahmestelle GU16_I.



Abbildung 185: Probenentnahmestelle GU7_I.

Auswertung Datenbank KGV in Bezug auf Einzugsgebietsgröße und Sohlgefälle

Im Einzugsgebiet der Gusen wurde für jede Sedimentprobe der maßgebende Korndurchmesser d_m und charakteristische Korndurchmesser d_{90} ermittelt. Unterschieden wurde hierbei zwischen Deckschicht-, Unterschicht-, und Mischproben.

Ergebnis Deckschicht

Es zeigt sich eine leichte Korrelation zwischen Sohlgefälle und den maßgebenden Korndurchmesser d_m . Hierbei nimmt die Korngröße mit größerem Sohlgefälle ab (Abbildung 186). Für den charakteristischen Korndurchmesser d_{90} zeigt sich ein ähnlicher Trend (Abbildung 188). Die Ergebnisse sind insofern interessant als man eigentlich eine Zunahme des Korndurchmessers mit steigendem Gefälle erwarten würde. Bei genauerer Betrachtung der Abbildungen zeigt sich jedoch dass ein Einzelwert diesen Trend maßgeblich bestimmt und mitunter als Ausreißer zu bezeichnen ist. Ein Zusammenhang in Bezug auf die Einzugsgebietsgröße kann ebenfalls nicht festgestellt werden (Abbildung 187, Abbildung 189).

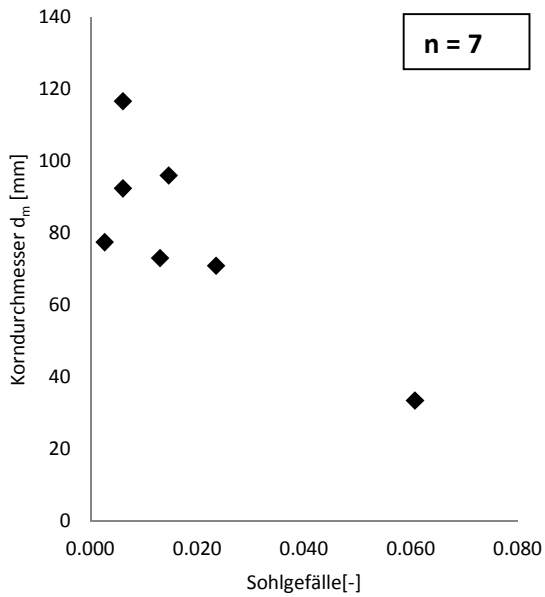


Abbildung 186: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

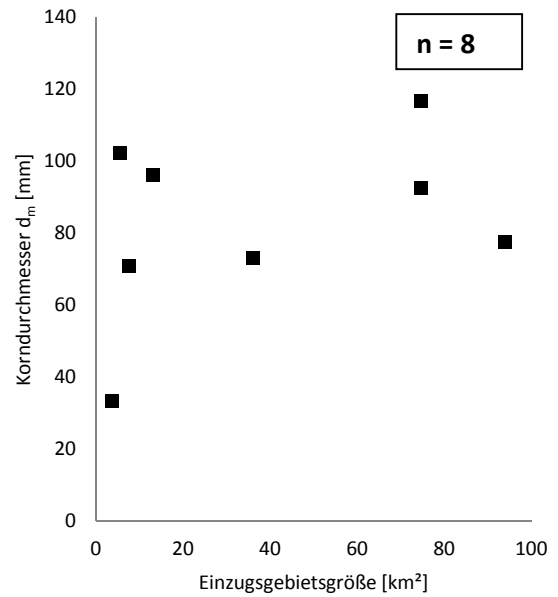


Abbildung 187: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

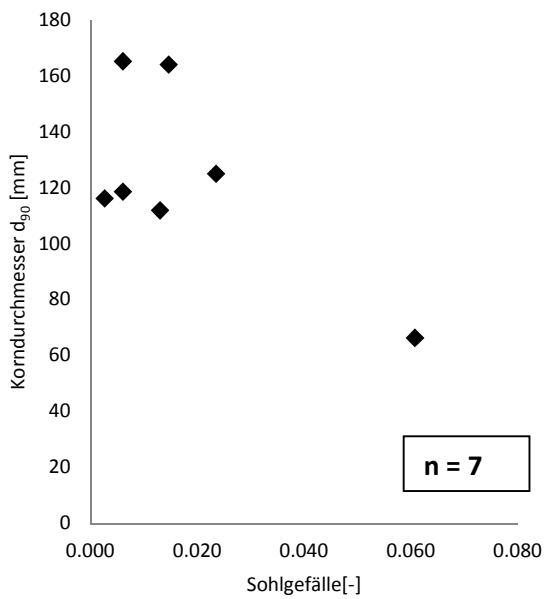


Abbildung 188: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

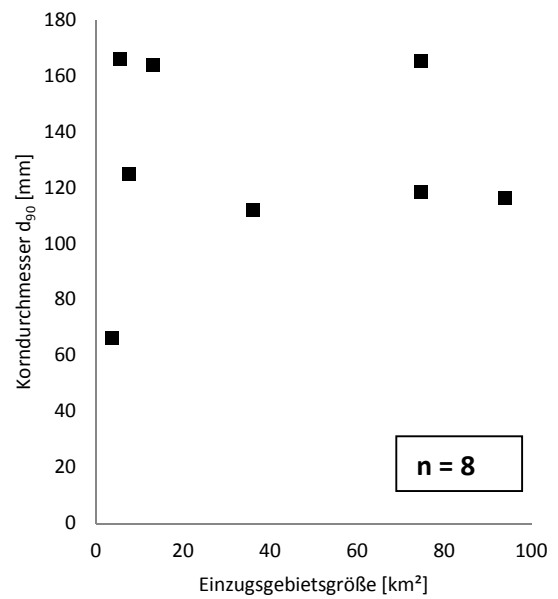


Abbildung 189: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

Ergebnis Unterschicht

Die Analysen des charakteristischen Korndurchmessers d_m und maßgebenden Korndurchmessers d_{90} zeigen keinen eindeutigen Zusammenhang in Bezug auf das Sohlgefälle bzw. die Einzugsgebietsgröße (Abbildung 190, Abbildung 191, Abbildung 192, Abbildung 193).

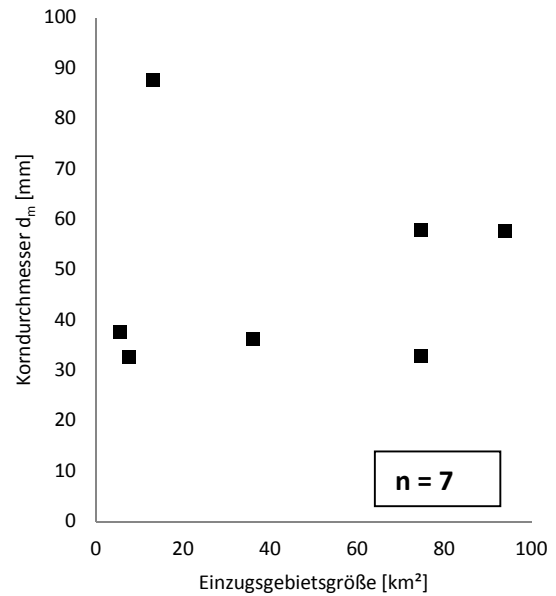
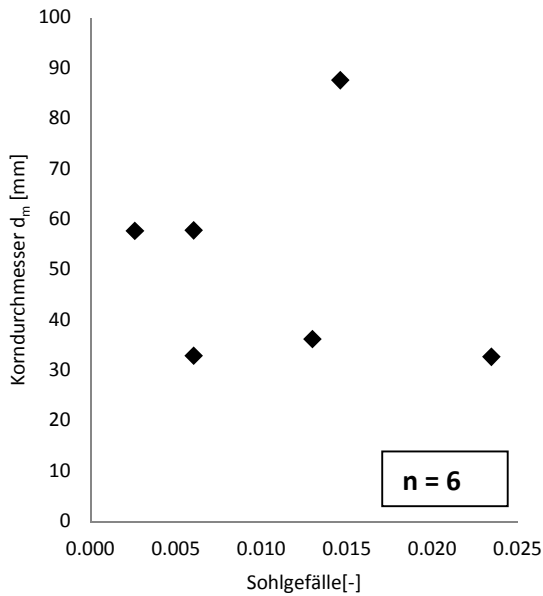


Abbildung 190: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 191: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

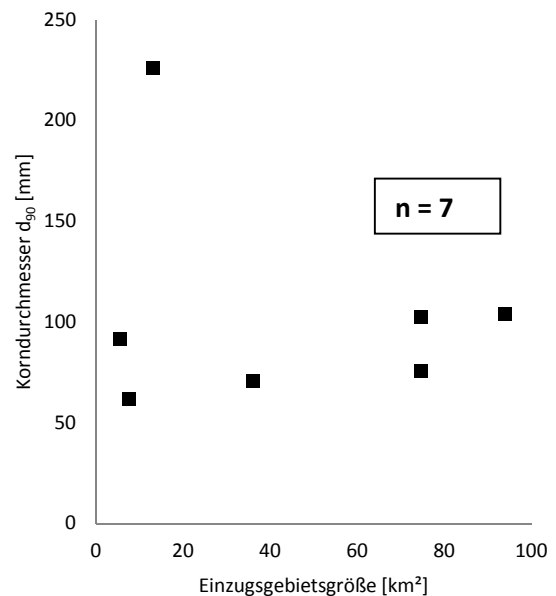
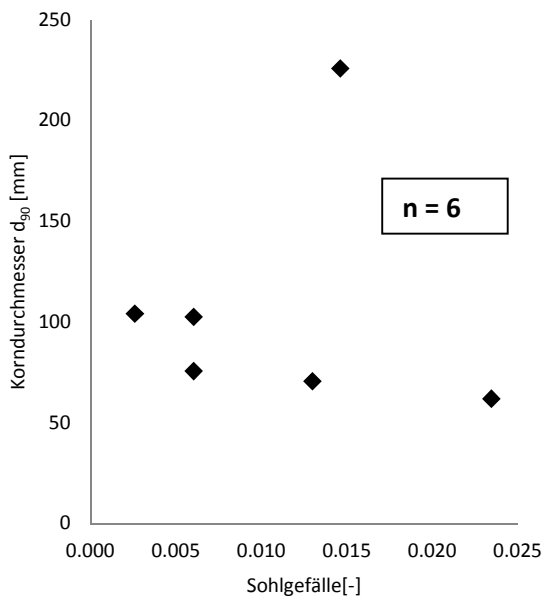


Abbildung 192: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 193: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

Ergebnis Mischproben (Versandungsproben)

Auch die Untersuchungen der Mischproben zeigen keine Korrelation zwischen den Korngrößen d_m bzw. d_{90} in Bezug auf das Sohlgefälle und Größe des Einzugsgebiets (Abbildung 194, Abbildung 195, Abbildung 196, Abbildung 197).

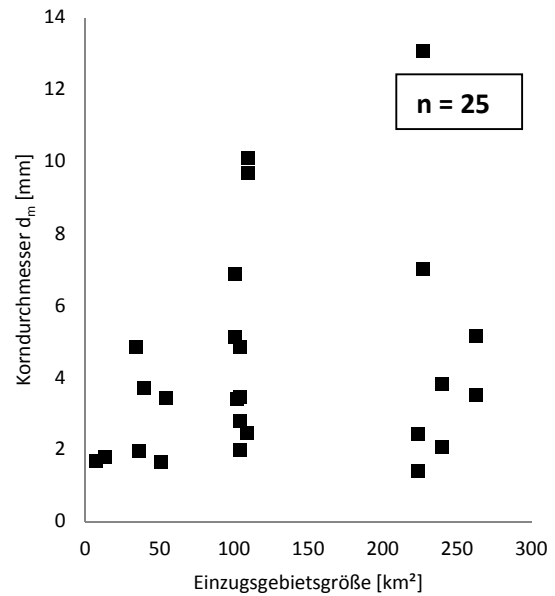
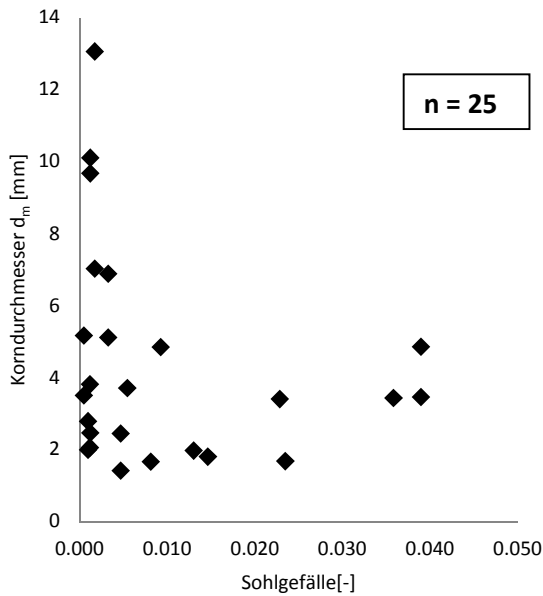


Abbildung 194: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 195: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

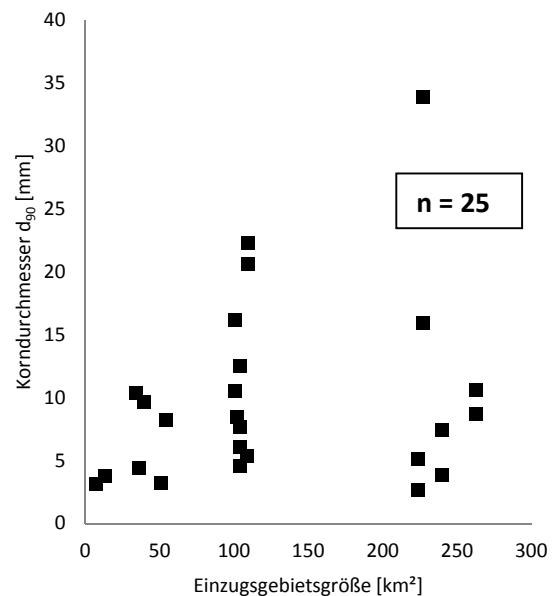
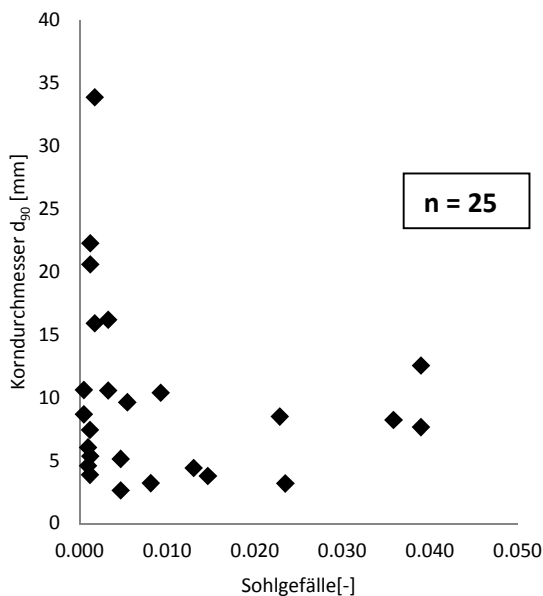


Abbildung 196: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 197: Auswertung Siebanalyse (Gusen, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

7.4.5. Korngrößenanalysen Osterbach

Der Osterbach ist Grenzbach zwischen Bayern und Oberösterreich im Böhmerwald. Er entspringt in der Kohlstatt (nahe Julbach) und mündet bei Oberkappel in die Ranna. Am Osterbach wurden im Zeitraum zwischen 28.3.2014 und 25.4.2014 insgesamt 28 Proben entnommen (Abbildung 198).

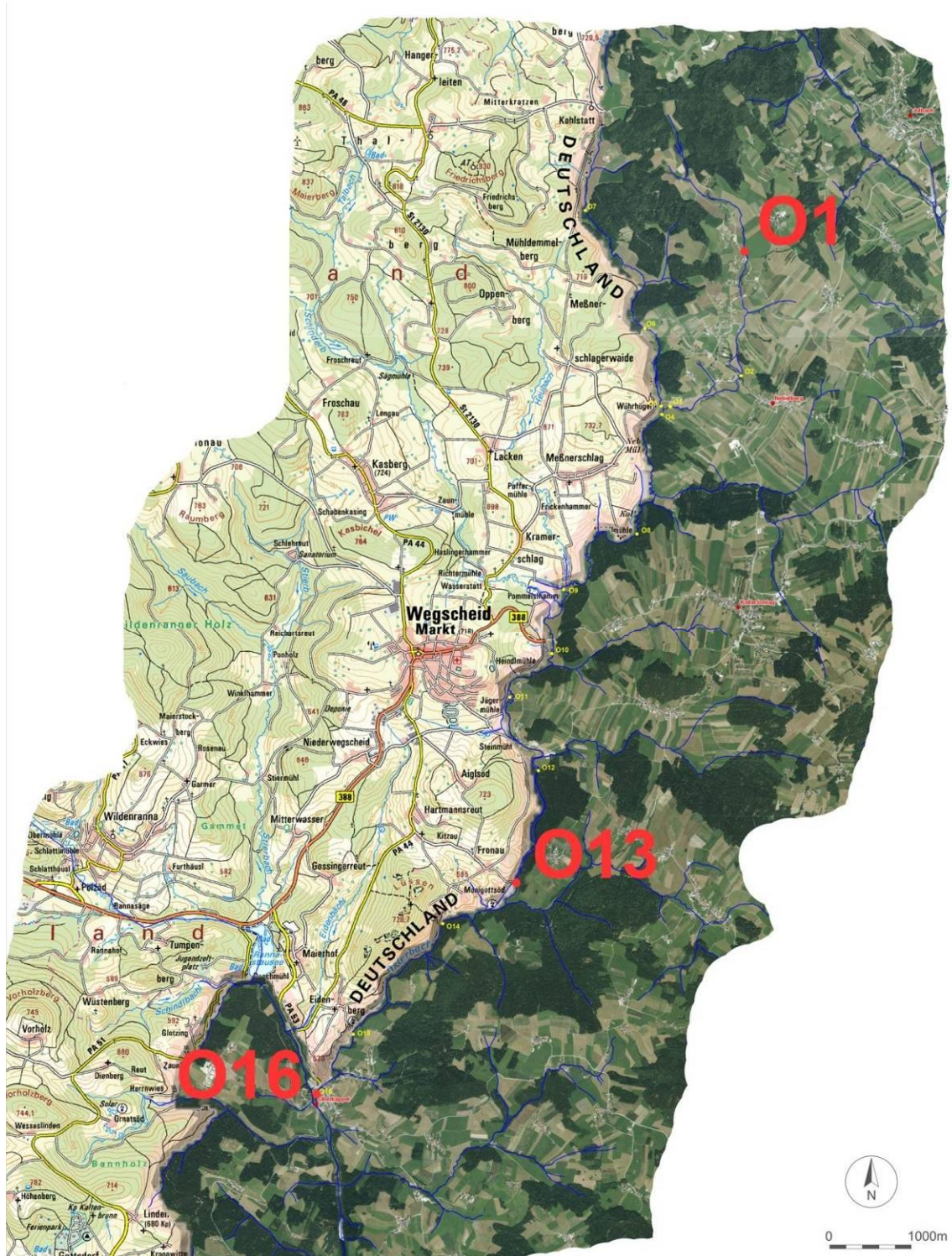


Abbildung 198: Übersicht Untersuchungsgebiet: Osterbach (Quelle: DORIS).

Versandungsgrade am Osterbach

Der Osterbach ist im Oberlauf bis Wegscheid, mit Ausnahme von mehreren Unterbrechungen durch steilere Strecken stark versandet. Die Probenentnahmestelle O1 (Abbildung 199, Abbildung 200) weist einen hohen Versandungsgrad auf.

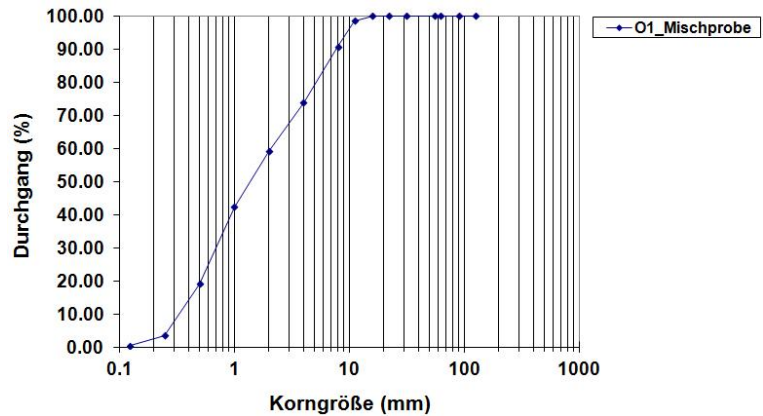


Abbildung 199: Probenentnahmestelle O1. Abbildung 200: Korngrößenverteilung O1.

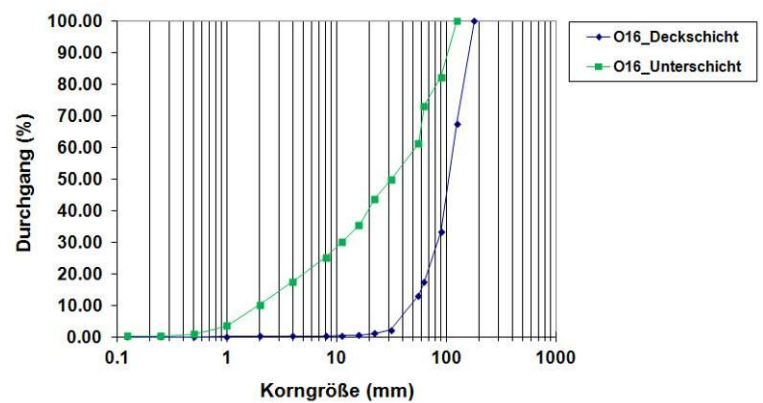


Abbildung 201: Probenentnahmestelle O16. Abbildung 202: Korngrößenverteilung O16.

Die Fließstrecke von Wegscheid bis Oberkappel besteht zu einem großen Teil aus Steilstufen. Vor diesen steileren Abschnitten gibt es vereinzelt Sohlen mit sehr hoher Substratqualität und geringen Versandungsgraden. Die Probenentnahmestelle O16 (Abbildung 201, Abbildung 202) stellt eine Ausnahme dar. Die Stelle liegt im Ortsgebiet Oberkappel. Die Beschaffenheit der Sohle unterscheidet sich von den übrigen Probenentnahmestellen erheblich. An diesem kurzen Abschnitt gibt es keine Versandung.

Versandungsgrad in den Steilstufen des Osterbachs

Die Probenentnahmestelle O13 (Abbildung 203) kann stellvertretend für alle Steilstufen am Osterbach gesehen werden. Sämtliche steilere Abschnitte weisen einen sehr geringen Versandungsgrad auf.



Abbildung 203: Probenentnahmestelle O13.

Auswertung Datenbank KGV in Bezug auf Einzugsgebietsgröße und Sohlgefälle

Im Einzugsgebiet des Osterbachs wurde für jede Sedimentprobe der maßgebende Korndurchmesser d_m und charakteristische Korndurchmesser d_{90} ermittelt. Unterschieden wurde hierbei zwischen Deckschicht-, Unterschicht-, und Mischproben.

Ergebnis Deckschicht

In Abbildung 204 und Abbildung 206 ist ein Zusammenhang zwischen Sohlgefälle und den Korngrößen d_m sowie d_{90} zu erkennen. Die Korngröße nimmt mit größer werdendem Sohlgefälle zu. Auch hier muss die geringe Anzahl der Stichproben ($n=7$) als Unsicherheitsfaktor beachtet werden. Eine Korrelation in Bezug auf die Einzugsgebietsgröße ist des weiteren nicht zu erkennen (Abbildung 205, Abbildung 207).

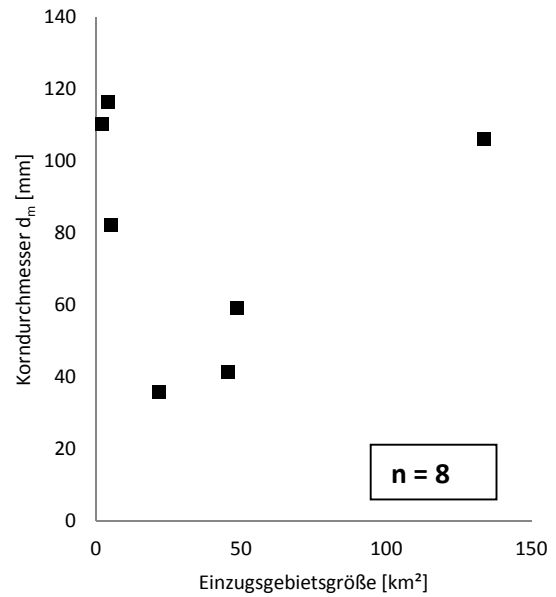
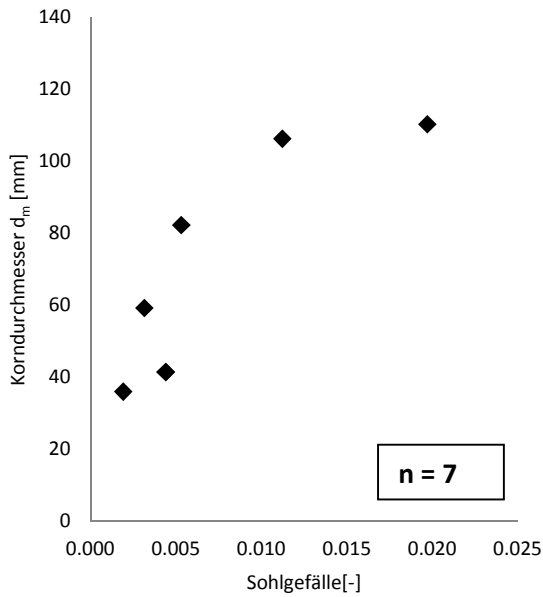


Abbildung 204: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 205: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

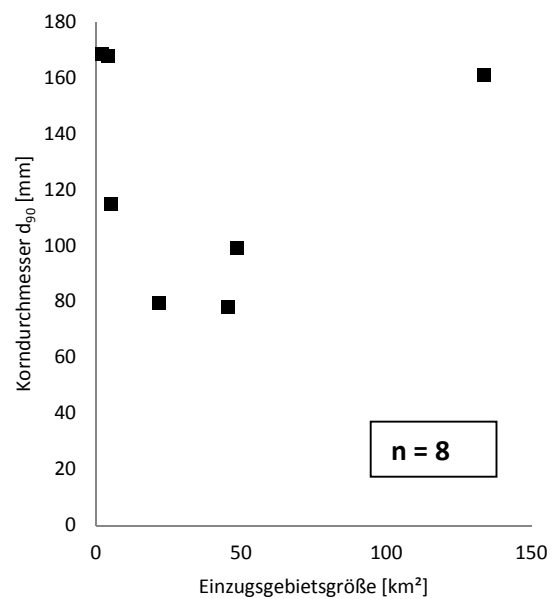
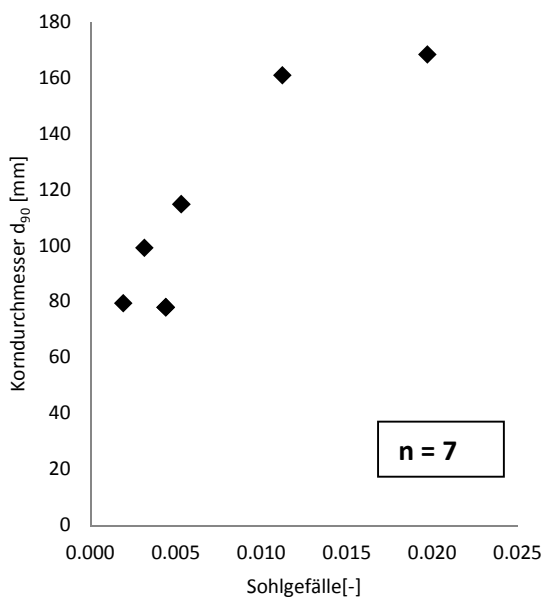


Abbildung 206: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 207: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

Ergebnis Unterschicht

Die Korngrößen Analyse der Unterschicht zeigt, im Gegenteil zur Deckschicht, keinen zuverlässigen Zusammenhang zwischen den untersuchten Korngrößen (d_m , d_{90}) und Sohlgefälle (Abbildung 208, Abbildung 210). Auch in Bezug auf die Einzugsgebietsgröße zeigt sich keine Korrelation (Abbildung 209, Abbildung 211).

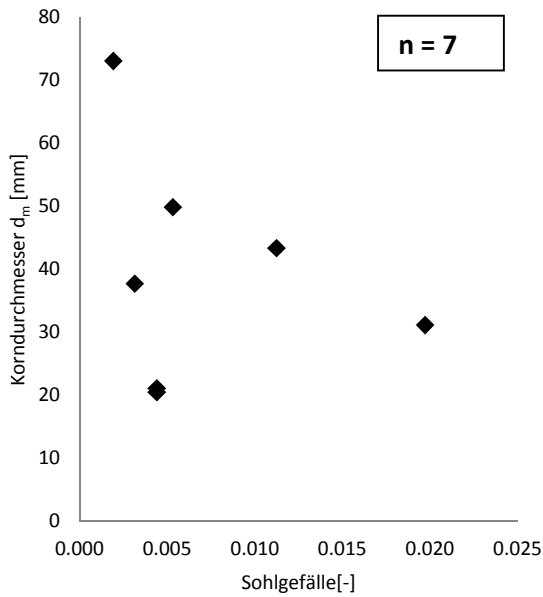


Abbildung 208: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

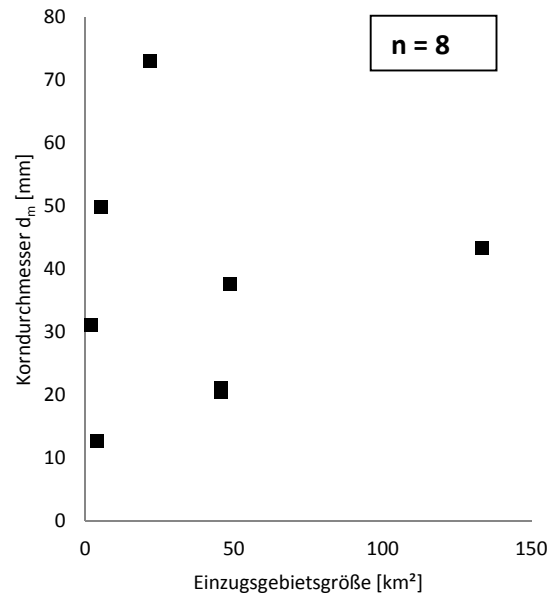


Abbildung 209: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

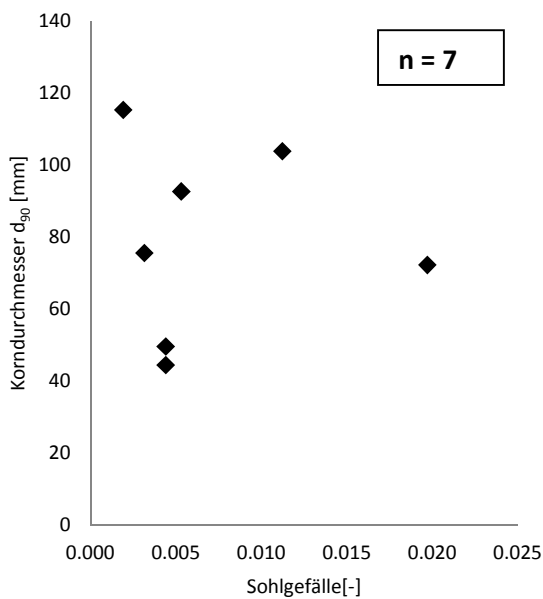


Abbildung 210: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

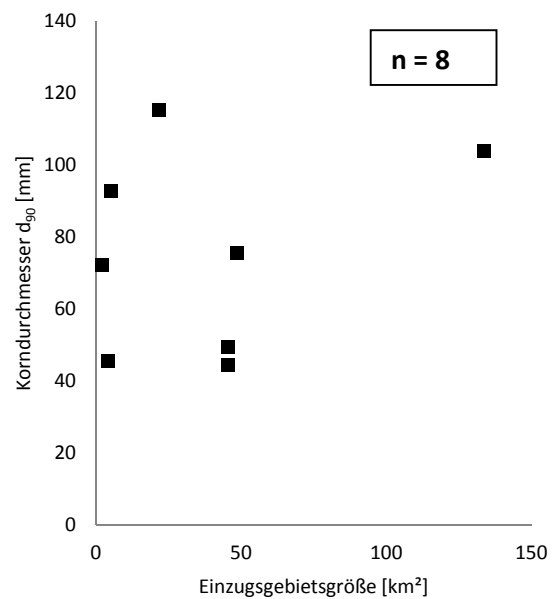


Abbildung 211: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

Ergebnis Mischproben (Versandungsproben)

Auch die Substratanalysen der Mischproben zeigen keinen Zusammenhang der ermittelten Korngrößen (d_m , d_{90}) und Sohlgefälle bzw. Einzugsgebietsgröße (Abbildung 212, Abbildung 213, Abbildung 214, Abbildung 215).

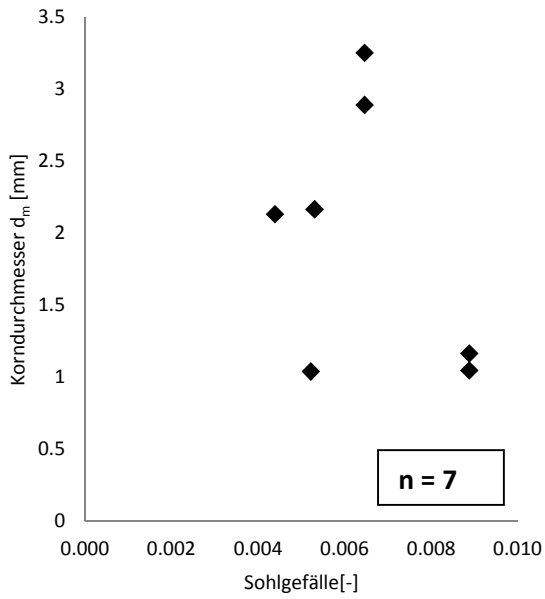


Abbildung 212: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

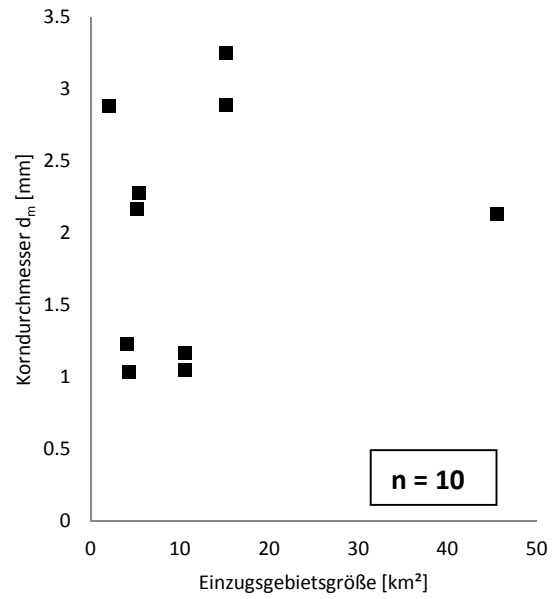


Abbildung 213: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

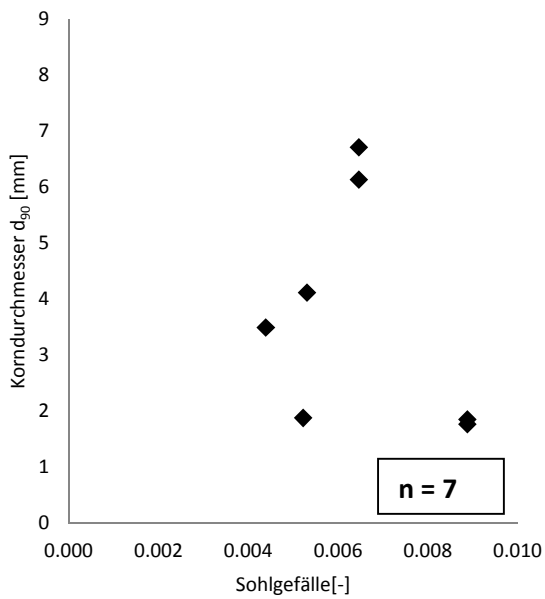


Abbildung 214: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

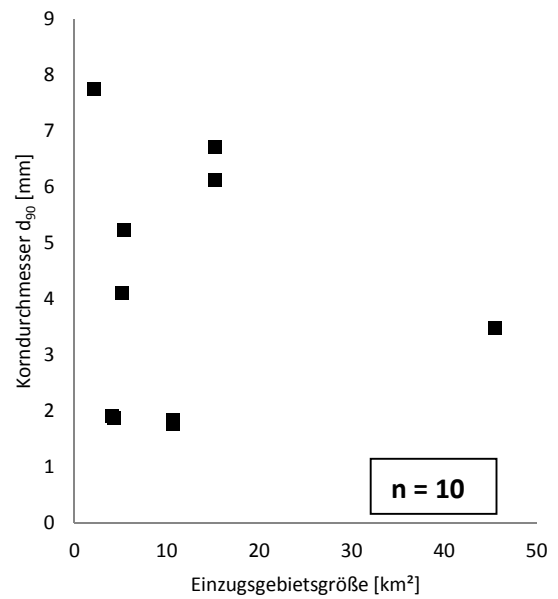


Abbildung 215: Auswertung Siebanalyse (Osterbach, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

7.4.6. Korngrößenanalysen Erlau

Die Erlau entsteht durch den Zusammenfluss von Saußbach und Pfeffermühlbach bei Waldkirchen und mündet bei der Ortschaft Erlau in die Donau. Als Ursprung wird der Abfluss aus dem Erlauzieseler See definiert. Der Höhenunterschied zwischen Quelle und Mündung beträgt ca. 305 m. An der Erlau wurden im Zeitraum zwischen 21.5.2014 und 6.6.2014 insgesamt 38 Proben entnommen (Abbildung 216).

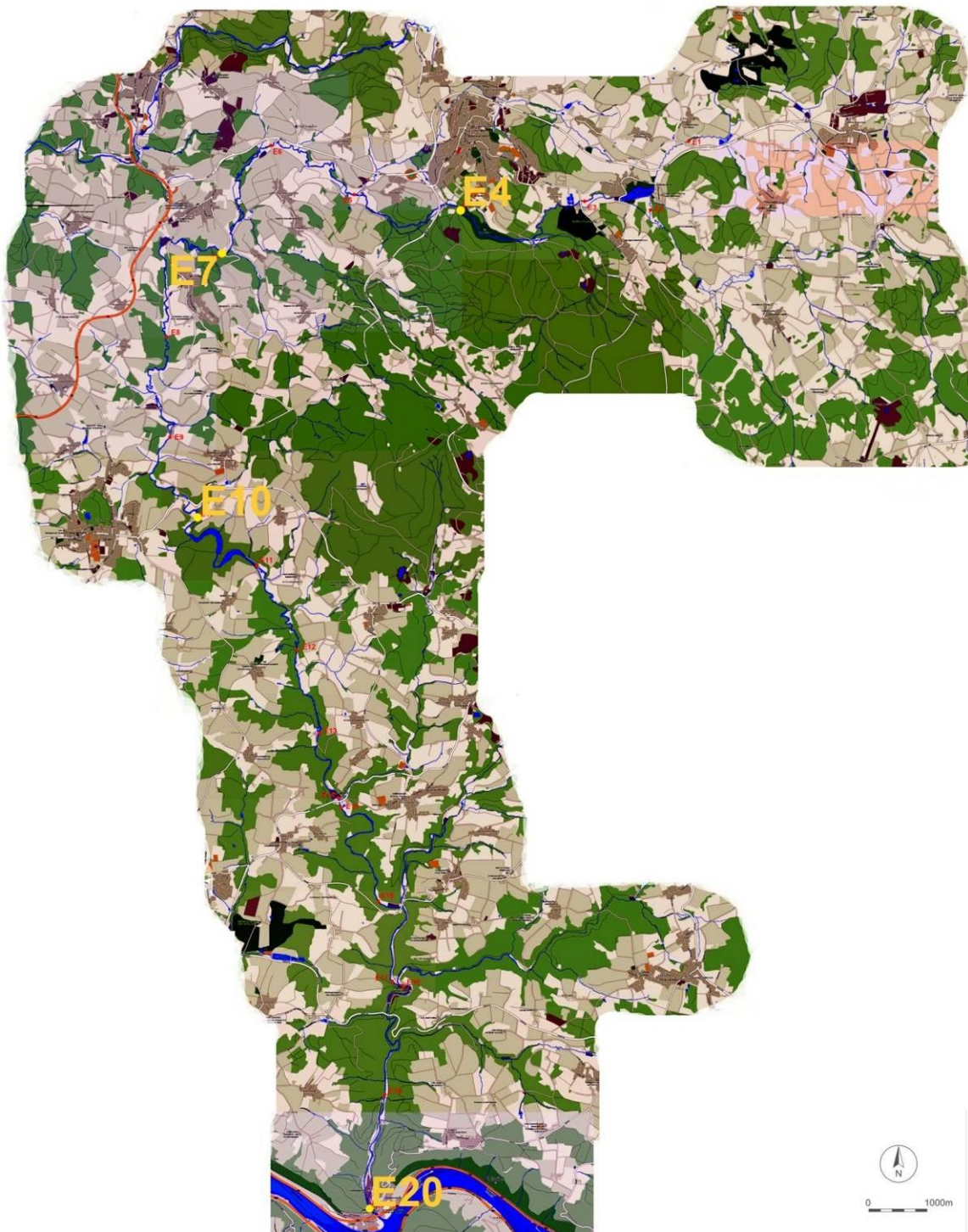


Abbildung 216: Übersicht Untersuchungsgebiet: Erlau (Quelle: GoogleMaps).

Versandungsgrade an der Erlau

Die Probenentnahmestelle E7_L (Abbildung 217, Abbildung 218) weist einen niedrigen Versandungsgrad auf. Diese Stelle ist repräsentativ für den Großteil dieses Fließgewässers.

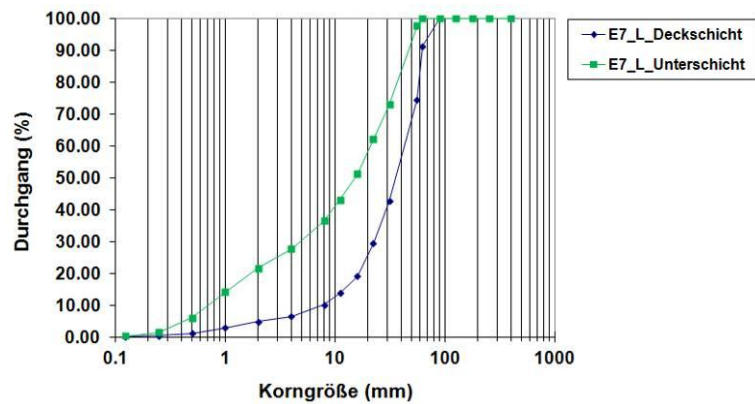


Abbildung 217: Probenentnahmestelle E7_L. Abbildung 218: Korngrößenverteilung E7_L.

Die Probenentnahmestelle E20 (Abbildung 219, Abbildung 220) liegt kurz vor der Mündung in die Donau. Dieser Abschnitt ist als einziger von einer massiven Versandung betroffen.

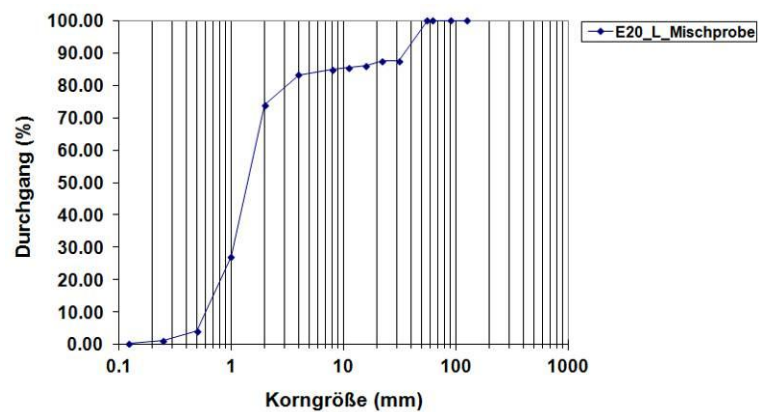


Abbildung 219: Probenentnahmestelle E20. Abbildung 220: Korngrößenverteilung E20.

Versandungsgrad in den Steilstufen an der Erlau

Die Probenentnahmestelle E4 (Abbildung 221) ist nicht von dem Problem der Versandung betroffen. Die Probenentnahmestelle E10 (Abbildung 222) weist als einziger Steilstufenabschnitt eine größere Versandungstendenz auf, welche jedoch auf eine lokale anthropogen bedingte Belastung mit Feinsedimenten zurückzuführen ist.



Abbildung 221: Probenentnahmestelle E4.



Abbildung 222: Probenentnahmestelle E10.

Auswertung Datenbank KGV in Bezug auf Einzugsgebietsgröße und Sohlgefälle

Im Einzugsgebiet der Erlau konnte ein Einfluss der Substratzusammensetzung nur auf die Einzugsgebietsgröße untersucht werden. Ermittelt wurde hierfür der maßgebende Korndurchmesser d_m und der charakteristische Korndurchmesser d_{90} . Unterschieden wurde weiters zwischen Deckschicht-, Unterschicht-, und Mischproben.

Ergebnis Deckschicht

Es zeigt sich kein Zusammenhang zwischen Korngröße d_m bzw. d_{90} und Größe des Einzugsgebiets (Abbildung 223, Abbildung 224).

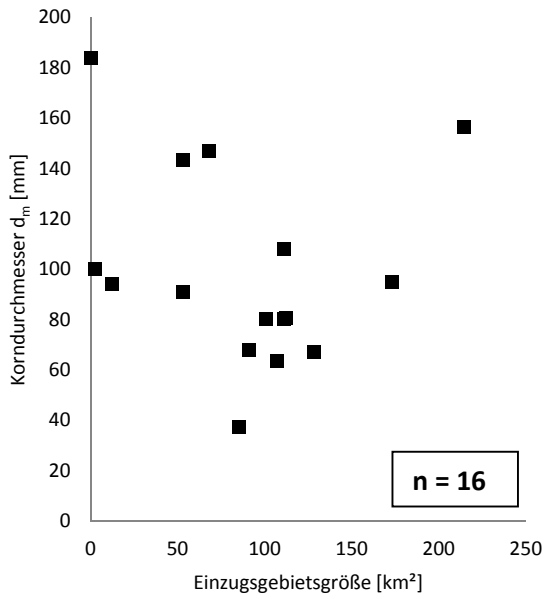


Abbildung 223: Auswertung Siebanalyse (Erlau, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

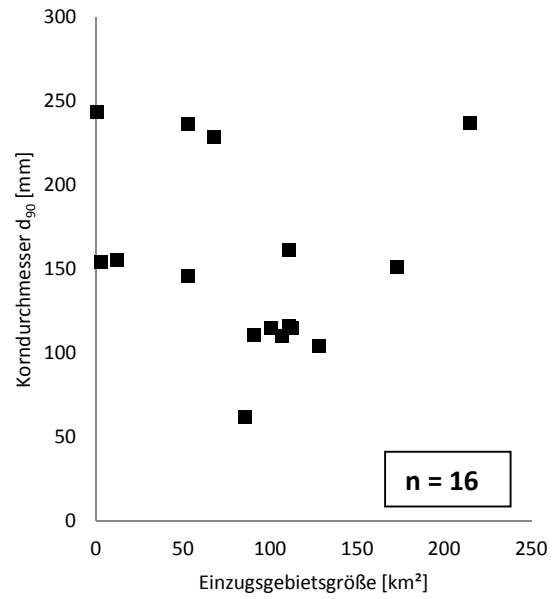


Abbildung 224: Auswertung Siebanalyse (Erlau, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

Ergebnis Unterschicht

Auch die Analysen der Unterschicht zeigen keinen zuverlässigen Zusammenhang zwischen Einzugsgebietsgröße und den ermittelten Korngrößen d_m bzw. d_{90} (Abbildung 225, Abbildung 226).

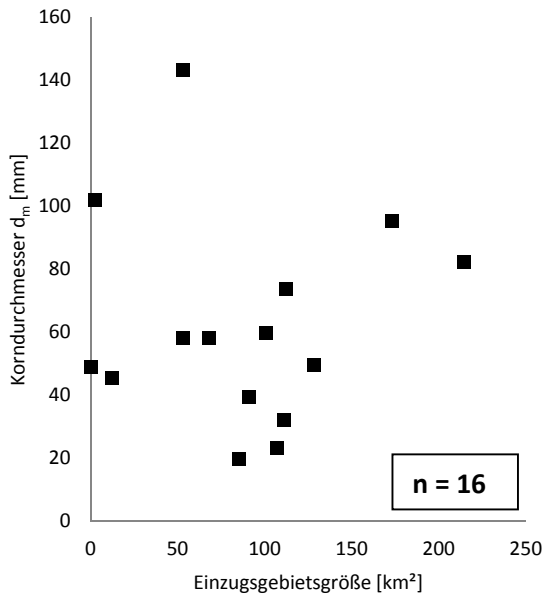


Abbildung 225: Auswertung Siebanalyse (Erlau, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

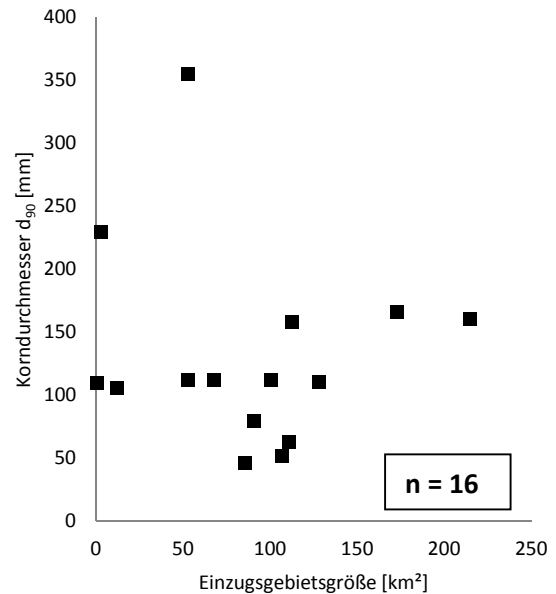


Abbildung 226: Auswertung Siebanalyse (Erlau, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

Ergebnis Mischproben (Versandungsproben)

Die Untersuchungen der Mischproben zeigen ebenfalls keine Korrelation zwischen Einzugsgebietsgröße und den ermittelten Korngrößen d_m bzw. d_{90} (Abbildung 227, Abbildung 228).

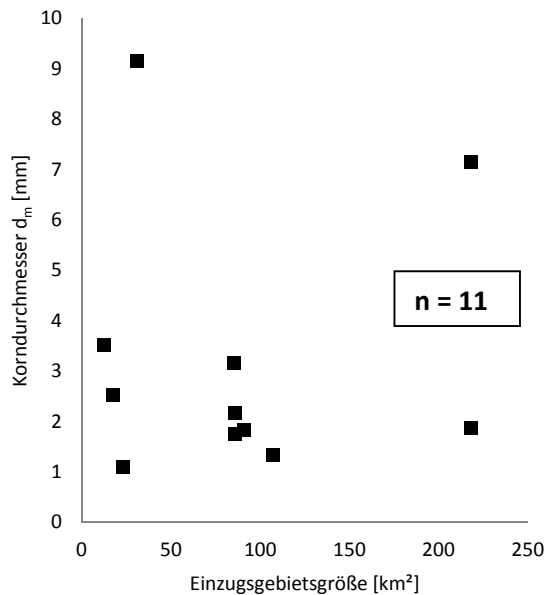


Abbildung 227: Auswertung Siebanalyse (Erlau, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

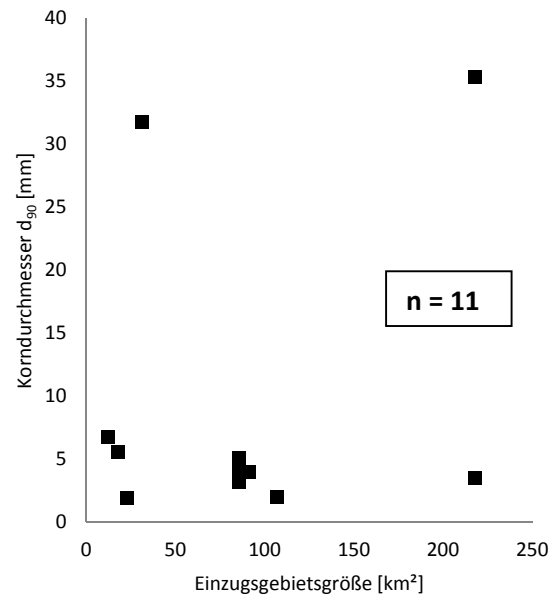


Abbildung 228: Auswertung Siebanalyse (Erlau, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

7.4.7. Korngrößenanalysen Naarn

Die Große Naarn und die Kleine Naarn bilden ab Pierbach den Fluss Naarn, dieser mündet bei Mitterkirchen in die Donau. Das Einzugsgebiet weist eine Größe von 480,9 km² auf. An der Naarn wurden im Zeitraum zwischen 11.6.2014 und 15.7.2014 insgesamt 43 Proben entnommen (Abbildung 229).



Abbildung 229: Übersicht Untersuchungsgebiet: Naarn (Quelle: DORIS).

Versandungsgrade an der Naarn

Die Probenentnahmestelle N12 (Abbildung 230, Abbildung 231) zeigt einen Versandungsgrad der Klasse 3. Dieser Zustand zieht sich über weite Strecken der Großen Naarn und der Naarn. Dieser hohe Versandungsgrad wird stellenweise abgelöst von Versandungsgrad Klasse 2. Die Probenentnahmestelle N18 (Abbildung 232, Abbildung 233) zeigt einen Abschnitt mit einer sehr gut strukturierten Sohle. Diese Situation ist auf einen Zubringer zurückzuführen, der in die Große Naarn geeigneten Laichkies einstößt.



Abbildung 230: Probenentnahmestelle N12.

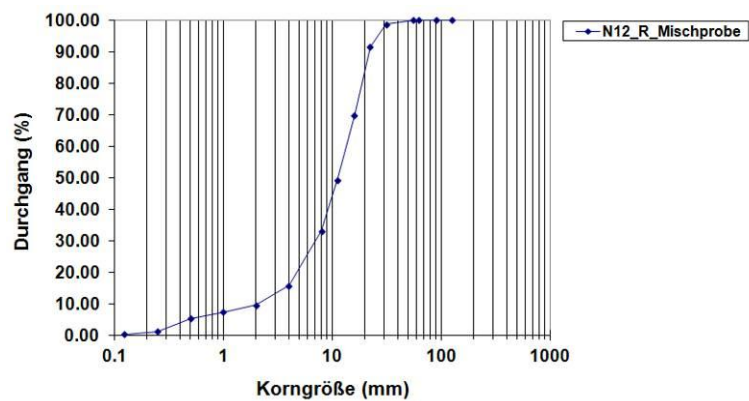


Abbildung 231: Korngrößenverteilung N12_R.



Abbildung 232: Probenentnahmestelle N18.

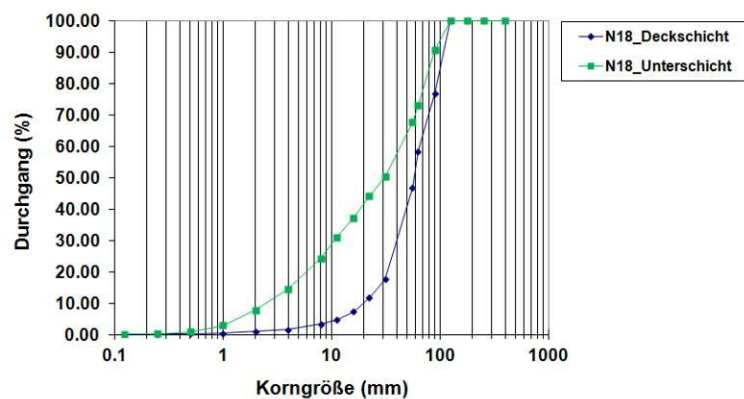


Abbildung 233: Korngrößenverteilung N18.

Versandungsgrad in den Steilstufen an der Naarn

Durch die sehr hohe Versandung der Naarn, sind auch in den Steilstufen die Zwischenräume von großen Blöcken mit Granitgrus bedeckt. Die Probenentnahmestelle N5 (Abbildung 234) veranschaulicht eine solche Situation. Frei von Versandung sind nur steilere Stellen, wie zum Beispiel Probenentnahmestelle N7 (Abbildung 235).



Abbildung 234: Probenentnahmestelle N5. Abbildung 235: Probenentnahmestelle N7.

Auswertung Datenbank KGV in Bezug auf Einzugsgebietsgröße und Sohlgefälle

Im Einzugsgebiet der Naarn wurde für jede Sedimentprobe der maßgebende Korndurchmesser d_m und charakteristische Korndurchmesser d_{90} ermittelt. Unterschieden wurde hierbei zwischen Deckschicht-, Unterschicht-, und Mischproben.

Ergebnis Deckschicht

Auf Grund der Auswertungen wäre ein Zusammenhang zwischen Sohlgefälle und den ermittelten Korngrößen d_m bzw. d_{90} festzustellen. Hierbei nimmt die Korngröße linear mit dem Sohlgefälle zu (Abbildung 236, Abbildung 238). Jedoch gilt es auch hier, wie am Beispiel der Gusen, neben der geringen Stichprobenanzahl ($n=7$) auch die Auswirkungen einer Einzelprobe auf die Statistik zu bewerten. Jener vergleichsweise hohe Korrelationswert kommt nur auf Grund eines möglichen Ausreißers zustande. Aus diesem Grunde ist es in einer gesamtheitlichen Bewertung ähnlich zur Größe des Untersuchungsgebiets zu sehen wo keine Korrelation zwischen Einzugsgebietsgröße und den Korngrößen d_m bzw. d_{90} erkennbar ist (Abbildung 237, Abbildung 239).

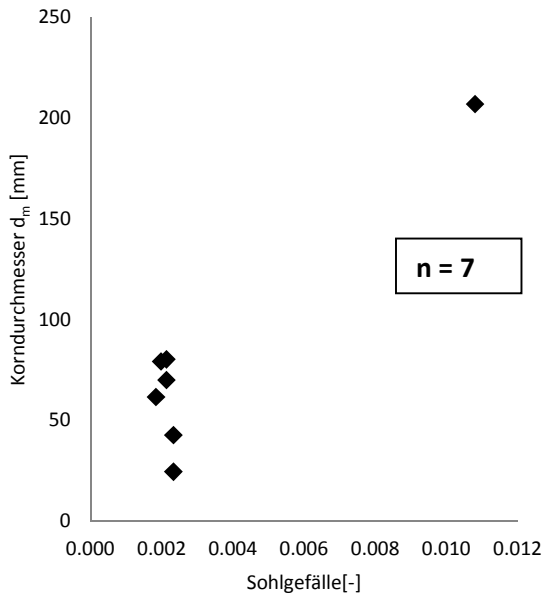


Abbildung 236: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

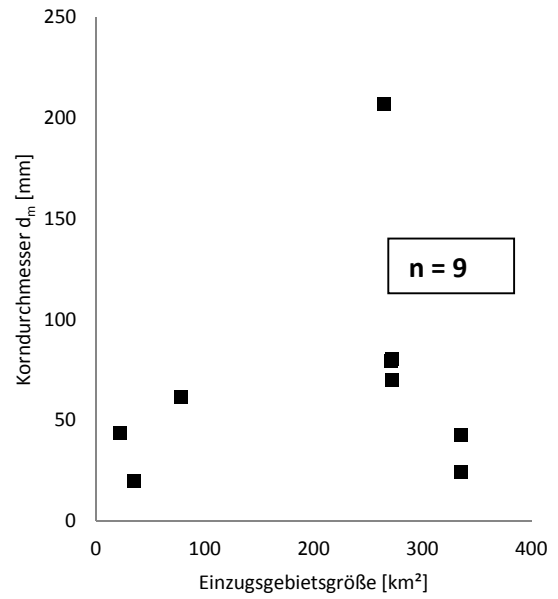


Abbildung 237: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

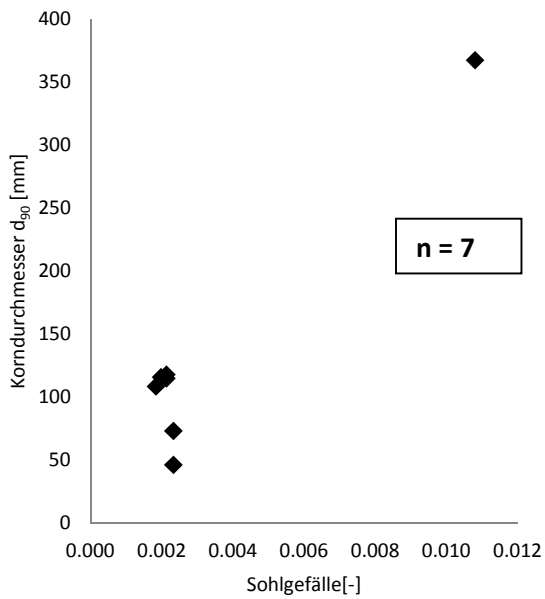


Abbildung 238: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

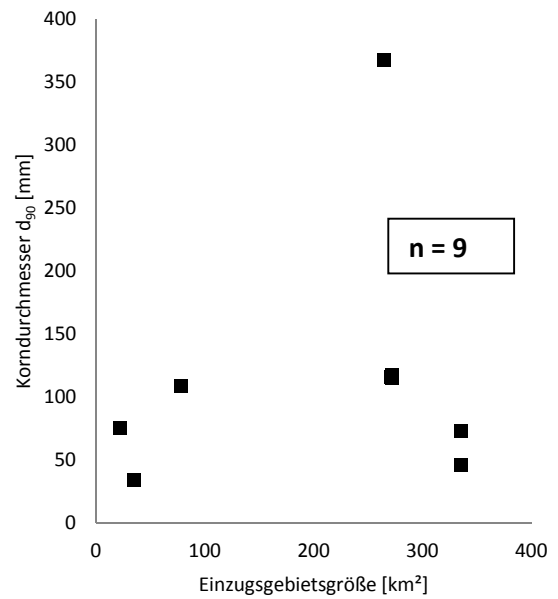


Abbildung 239: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

Ergebnis Unterschicht

Die Analysen der Unterschicht weisen keine Korrelation zwischen Sohlgefälle bzw. Einzugsgebietsgröße und ermittelten Korngrößen d_m sowie d_{90} auf (Abbildung 240, Abbildung 241, Abbildung 242, Abbildung 243).

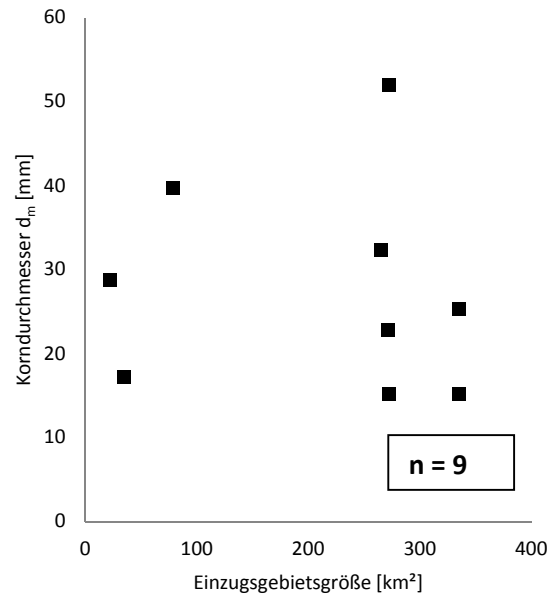
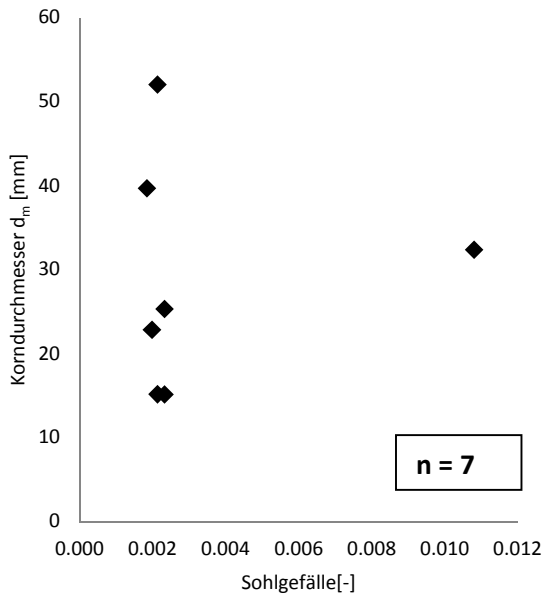


Abbildung 240: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 241: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

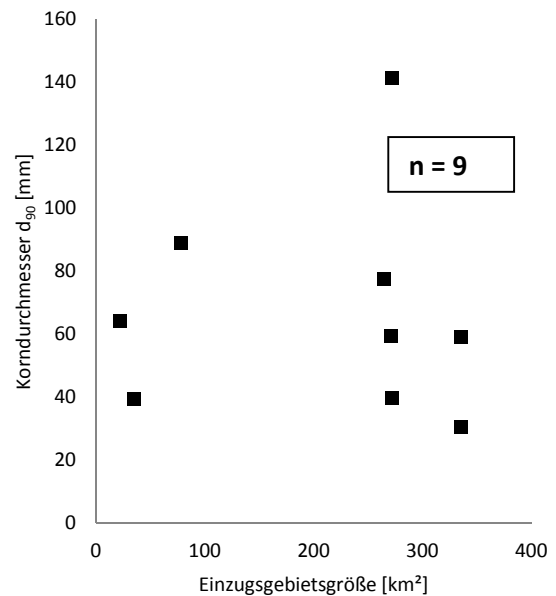
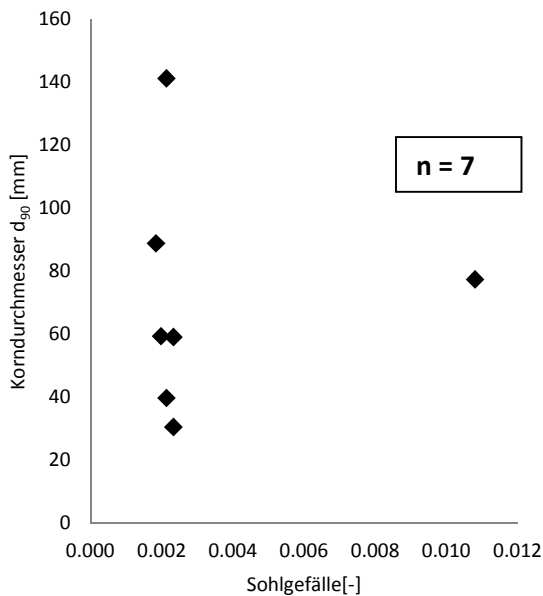


Abbildung 242: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 243: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

Ergebnis Mischproben (Versandungsproben)

Auch die Untersuchungen der Mischproben ergaben keinen zuverlässigen Zusammenhang zwischen den ermittelten Korndurchmessern (d_m , d_{90}) und Sohlgefälle bzw. Einzugsgebietsgröße (Abbildung 244, Abbildung 245, Abbildung 246, Abbildung 247).

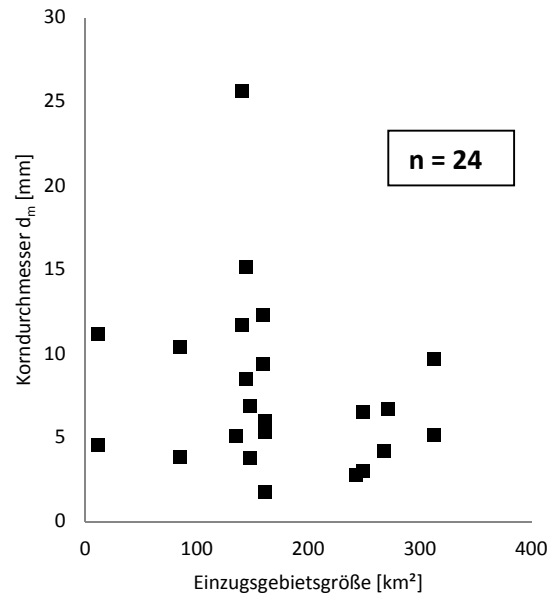
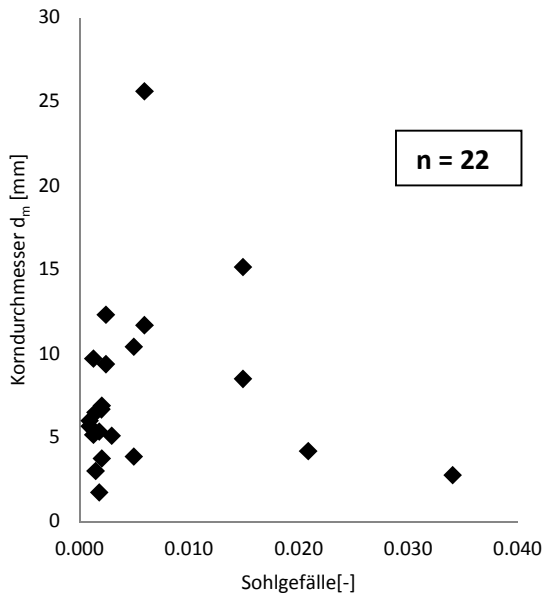


Abbildung 244: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 245: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

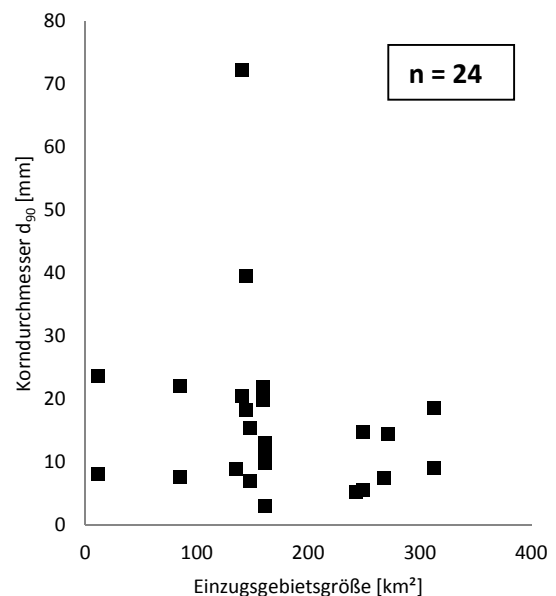
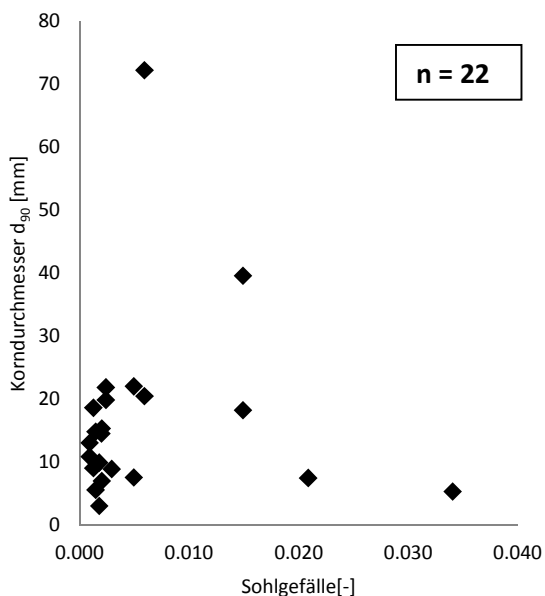


Abbildung 246: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 247: Auswertung Siebanalyse (Naarn, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km².

7.4.8. Korngrößenanalysen Aist

In Hohensteg (südlich von Pregarten) vereinigen sich die Feld- und Waldaist zur Aist. Die Aist hat bis zur Mündung in die Donau eine Länge von 14 Kilometern. Zusammen mit der Waldaist kommt sie auf eine Länge von rund 72 km. Das Einzugsgebiet weist eine Größe von 647 km² auf. An der Aist wurden im Zeitraum zwischen 04.7.2014 und 15.8.2014 insgesamt 44 Proben entnommen (Abbildung 248).



Abbildung 248: Übersicht Untersuchungsgebiet: Aist (Quelle: DORIS).

Verschiedene Versandungsgrade an der Feldaist, Waldaist und Aist

Die Probenentnahmestellen A10 (Abbildung 249, Abbildung 250) und A17 (Abbildung 251, Abbildung 252) stehen beispielhaft für jene wenigen Abschnitte der Feldaist, welche von massiver Versandung betroffen sind. Bei A10 werden die Feststoffe von dem Zubringer Flanitz in die Feldaist eingebracht. Der Abschnitt in dem sich die Probenentnahmestelle A17 befindet, ist eine mäandrierende Verebnungsstrecke kurz vor dem Zusammenfluss mit der Waldaist. An diesem Abschnitt findet man Versandungsgrade von Klasse 2 bis 3.



Abbildung 249: Probenentnahmestelle A10_L.

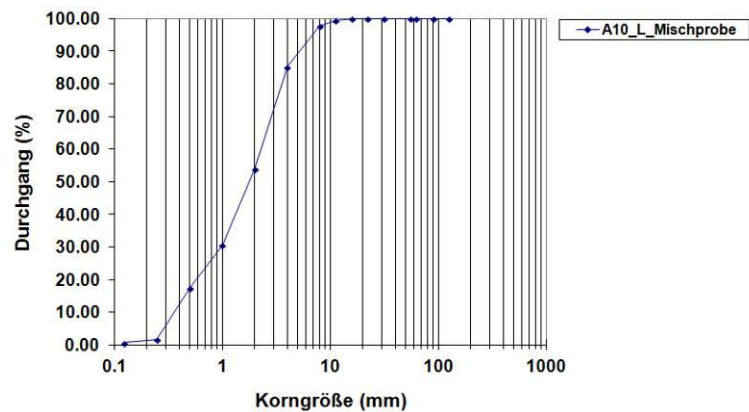


Abbildung 250: Korngrößenverteilung A10_L.

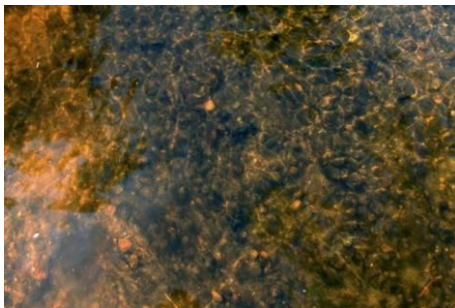


Abbildung 251: Probenentnahmestelle A17_Kolk.

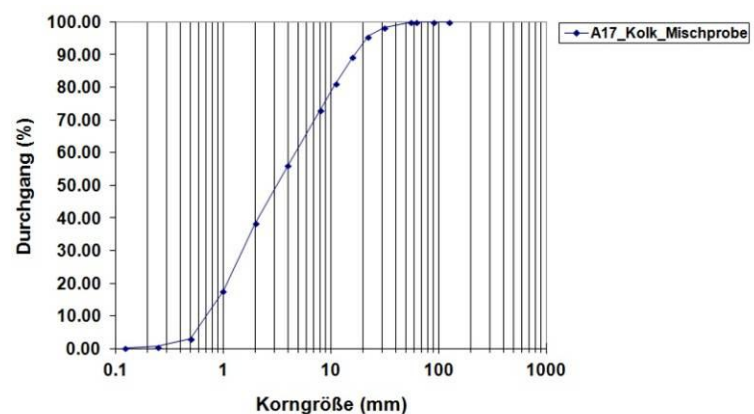


Abbildung 252: Korngrößenverteilung A17_Kolk.

Bei der Waldaist gibt es nur einen größeren Abschnitt der hohe Versandungsgrade aufweist. Die Probenentnahmestelle WA7 (Abbildung 253, Abbildung 254) befindet sich am Ende dieser Strecke. Die Probenentnahmestelle WA18 (Abbildung 255, Abbildung 256) ist ein Beispiel für die oft an der Waldaist vorkommenden gut strukturierten Sohlbereiche.



Abbildung 253: Probenentnahmestelle WA7_L.

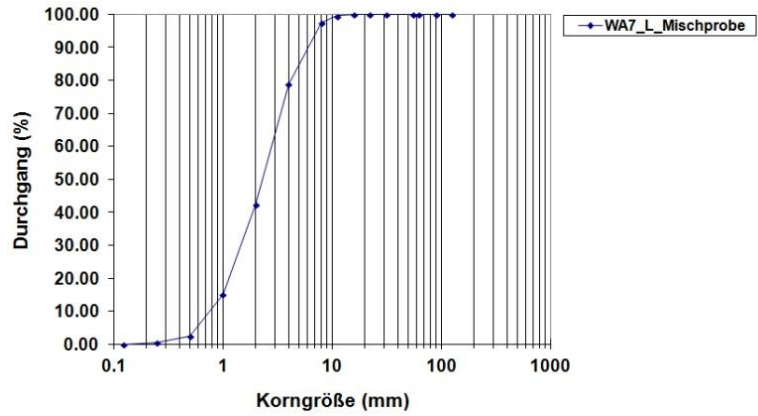


Abbildung 254: Korngrößenverteilung WA7_L.



Abbildung 255: Probenentnahmestelle WA18_R.

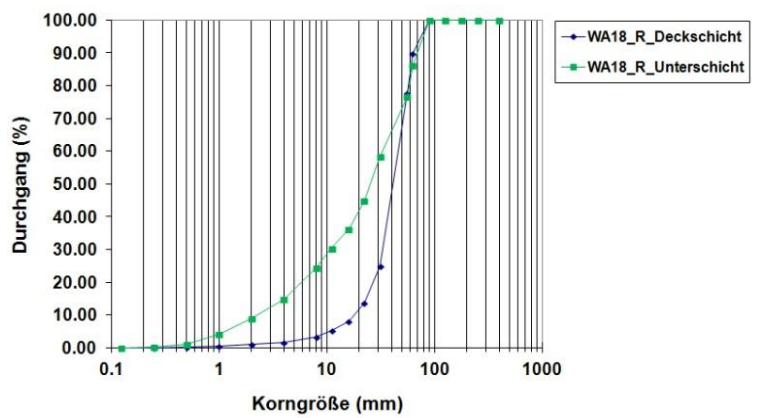


Abbildung 256: Korngrößenverteilung WA18_R.

Im Unterlauf weist die Aist eine massive Versandung auf. Bei der Probenentnahmestelle A23 (Abbildung 257, Abbildung 258) handelt es sich um einen Aufweitungsstrecke, in der sich sehr viel Material abgelagert hat.



Abbildung 257: Probenentnahmestelle A23.

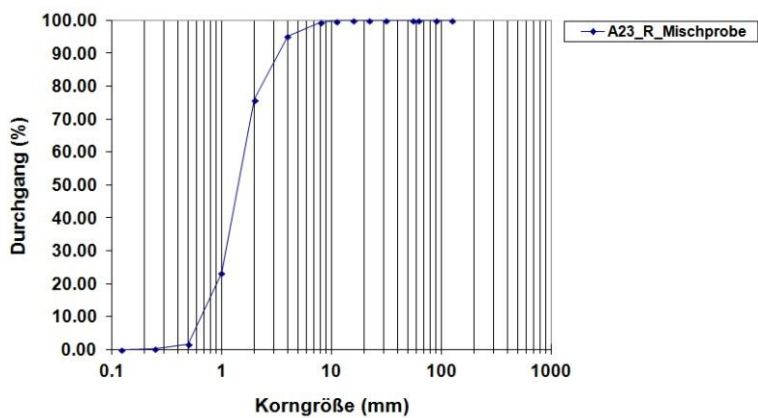


Abbildung 258: Korngrößenverteilung A23_R.

Versandungsgrad in den Steilstufen am Flusssystem Aist

Die Steilstufen am Unterlauf der Waldaist und jene flussauf von Schwertberg an der Aist weisen immer wieder erhebliche Versandungsgrade auf. Die Stellen WA12 (Abbildung 260) und WA10 (Abbildung 259) zeigen unterschiedliche Grade der Versandung.



Abbildung 259: Probenahmestelle WA10.



Abbildung 260: Probenahmestelle WA12.

Auswertung Datenbank KGV in Bezug auf Einzugsgebietsgröße und Sohlgefälle

Im Einzugsgebiet der Aist wurde für jede Sedimentprobe der maßgebende Korndurchmesser d_m und charakteristische Korndurchmesser d_{90} ermittelt. Unterschieden wurde hierbei zwischen Deckschicht-, Unterschicht-, und Mischproben.

Ergebnis Deckschicht

Es zeigt sich keine Korrelation zwischen maßgebenden Korndurchmesser d_m bzw. charakteristischer Korngröße d_{90} und Sohlgefälle (Abbildung 262, Abbildung 264). Weiters kann ein eindeutiger Zusammenhang in Bezug auf die Größe des Einzugsgebiets ausgeschlossen werden (Abbildung 261, Abbildung 263).

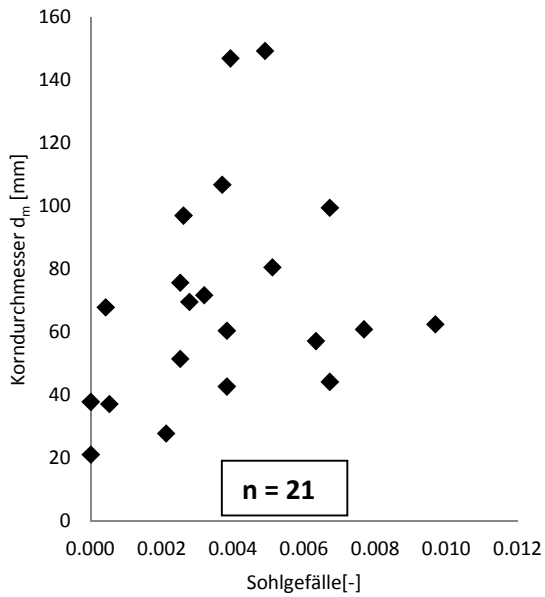


Abbildung 261: Auswertung Siebanalyse (Aist, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

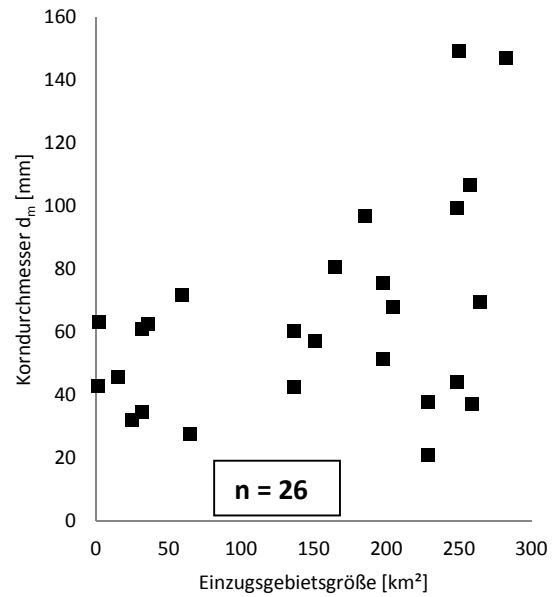


Abbildung 262: Auswertung Siebanalyse (Aist, Deckschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

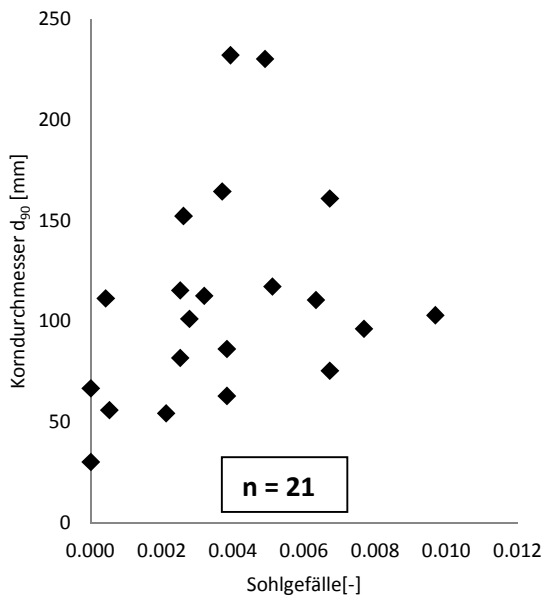


Abbildung 263: Auswertung Siebanalyse (Aist, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

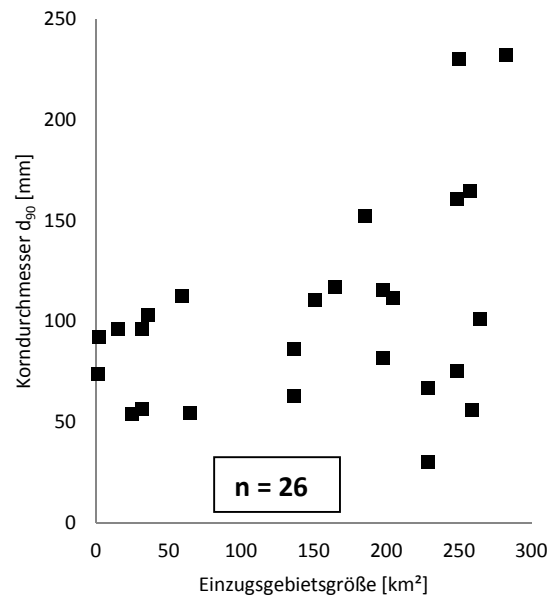


Abbildung 264: Auswertung Siebanalyse (Aist, Deckschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

Ergebnis Unterschicht

Die Analysen der Unterschicht lassen auf keinen Zusammenhang zwischen Korngröße (d_m , d_{90}) und Sohlgefälle bzw. Größe des Einzugsgebiets schließen (Abbildung 265, Abbildung 266, Abbildung 267, Abbildung 268).

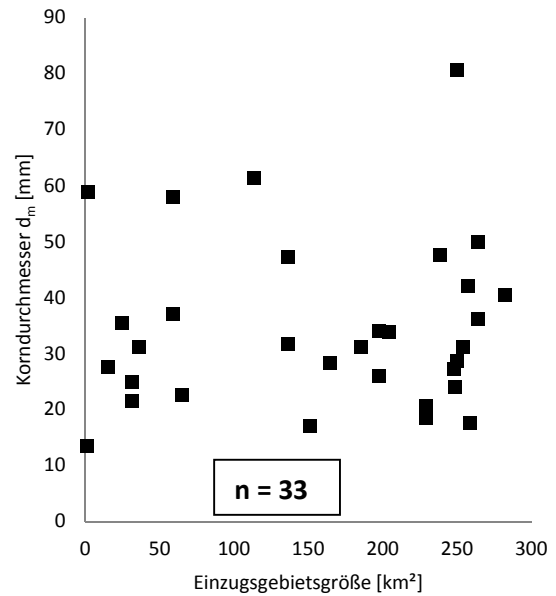
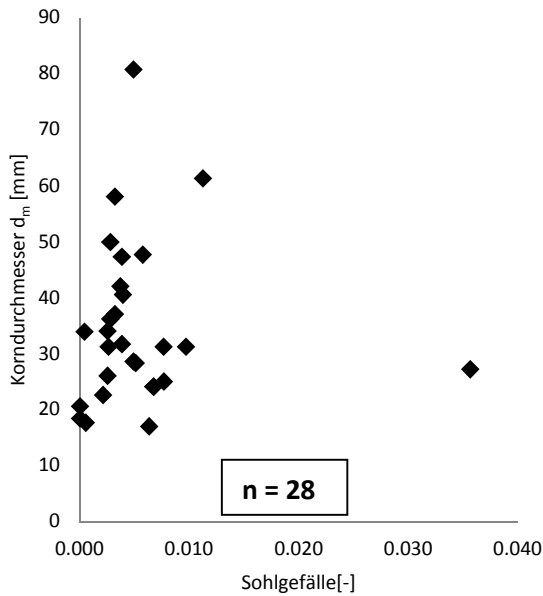


Abbildung 265: Auswertung Siebanalyse (Aist, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 266: Auswertung Siebanalyse (Aist, Unterschicht): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

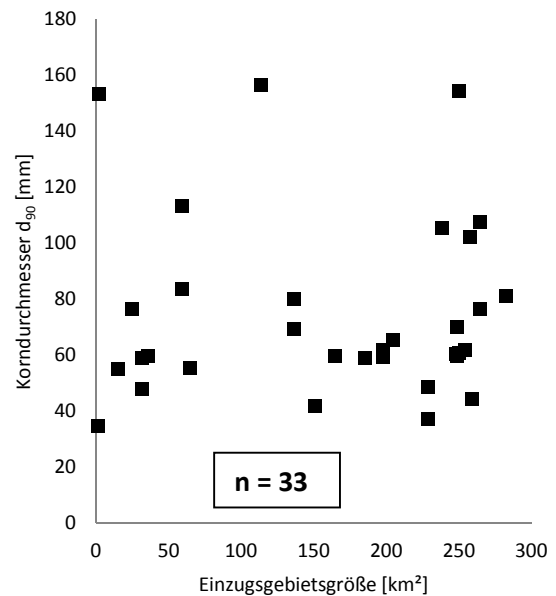
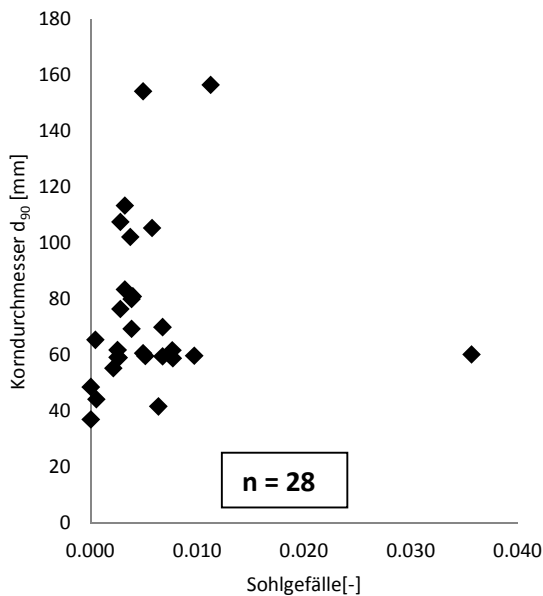


Abbildung 267: Auswertung Siebanalyse (Aist, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 268: Auswertung Siebanalyse (Aist, Unterschicht): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

Ergebnis Mischproben (Versandungsproben)

Auch die Untersuchungen der Mischproben zeigen keine Korrelation zwischen Korngröße (d_m , d_{90}) und Sohlgefälle bzw. Einzugsgebietsgröße (Abbildung 269, Abbildung 270, Abbildung 271, Abbildung 272).

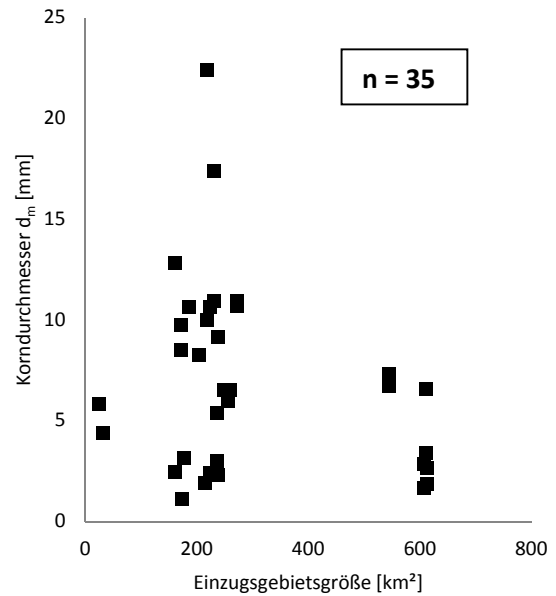
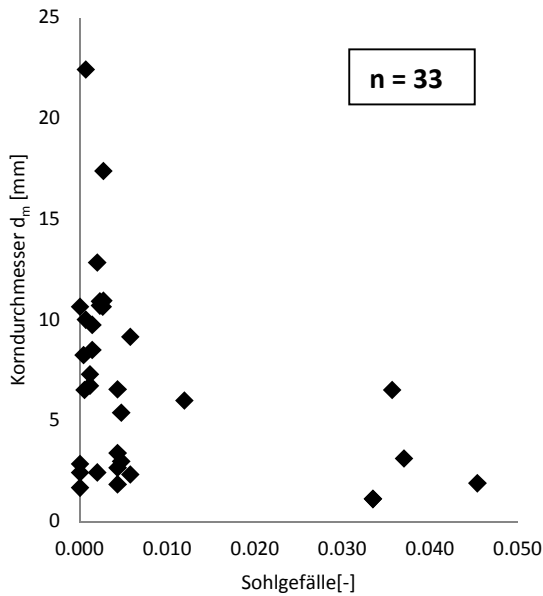


Abbildung 269: Auswertung Siebanalyse (Aist, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 270: Auswertung Siebanalyse (Aist, Mischprobe): Gegenüberstellung maßgebender Korndurchmesser d_m in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

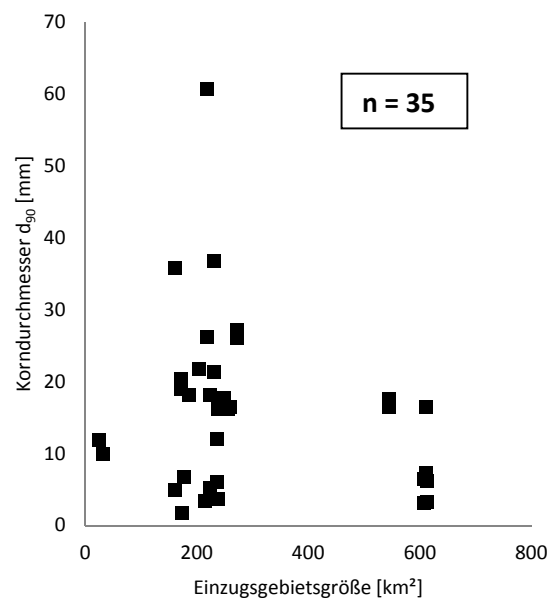
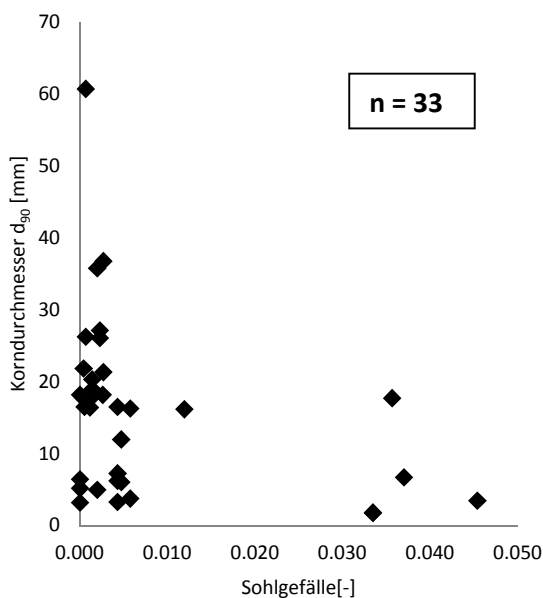


Abbildung 271: Auswertung Siebanalyse (Aist, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Sohlgefälle (Dimensionslos).

Abbildung 272: Auswertung Siebanalyse (Aist, Mischprobe): Gegenüberstellung charakteristischer Korndurchmesser d_{90} in mm und Einzugsgebietsgröße in km^2 .

8. Mineralogische Analysen

In Ergänzungen zu den volumetrischen Probenahmen, den Siebungen und der Erstellung einer Datenbank wurden für die untersuchten Fließgewässer mineralogische Untersuchungen des Versandungsmaterials durchgeführt. Diese wurden von Institut für Angewandte Geologie (Prof. Ottner) durchgeführt. Es wurde diesbzgl. aus jedem Flusssystem eine Versandungsprobe (Mischprobe) zu weiteren Untersuchungen im Labor herangezogen. In der Tabelle 6 sind detaillierte Angaben des jeweiligen Probenmaterials aufgelistet.

Tabelle 6: Untersuchte Sedimentproben aus dem Mühlviertel in Oberösterreich.

IAG Lab. Nr.	Beschreibung	Bezeichnung
15281	Kiesig sandiges Flusssediment	Feldaist
15282	Kiesig sandiges Flusssediment	Waldaist
15283	Kiesig sandiges Flusssediment	Erlau
15284	Kiesig sandiges Flusssediment	Große Gusen
15285	Kiesig sandiges Flusssediment	Kleine Gusen
15286	Kiesig sandiges Flusssediment	Große Mühl
15287	Kiesig sandiges Flusssediment	Kleine Mühl
15288	Kiesig sandiges Flusssediment	Osterbach
15289	Kiesig sandiges Flusssediment	Rodl
15296	Kiesig sandiges Flusssediment	Naarn

8.1. Methodik

8.1.1. Korngrößenanalysen

Die Korngrößenverteilung wurde durch Kombination von Trocken- und Nasssiebung ermittelt. Die feuchten Proben wurden bei 70°C getrocknet, gewogen und mit einem Siebsatz von 20mm, 6,3mm und 2 mm zur Ermittlung der Kiesanteile trocken gesiebt. Vom Durchgang <2mm wurde eine repräsentative Teilprobe von 200 g entnommen und nach einer Ultraschallbehandlung mit einem Siebsatz von 630 µm, 200 µm und 63 µm zur Bestimmung der Sandanteile nass gesiebt. Die einzelnen Fraktionen wurden bei 105 Grad C getrocknet und in Massenprozent der Einwaage angegeben. Daraus wurde die Korngrößenverteilung der Gesamtprobe ermittelt.

8.1.2. Gesamtmineralanalyse (GMA)

Mittels Röntgendiffraktometer-Analyse wurden die einzelnen Mineralphasen qualitativ und semiquantitativ erfasst.

Folgende Siebfraktionen wurden von jeder Probe untersucht:

- GK = Grobkies 20-63mm
- MK = Mittelkies 6,3-20mm
- FK = Feinkies 2,0-6,3mm
- GS = Grobsand 0,63-2mm
- MS – Mittelsand 0,2-0,63mm
- FS = Feinsand 0,063-0,2mm
- S+T= Schluff +Ton <0,063mm

Die untersuchten Proben wurden folgendermaßen bearbeitet:

Die einzelnen Proben wurden nach dem Trocknen in einer Scheibenschwingmühle zu Analysenfeinheit vermahlen. Die Messung erfolgte in einem Panalytical X'Pert Pro MPD Diffraktometer mit automatischem Divergenzschlitz, Cu LFF Röhre 45 kV, 40 mA, und einem X'Cellerator Detektor. Die Messzeit war 25s, mit einer Schrittweite von 0,017 von 3° bis 70° 2 θ .

Die Röntgenbeugungsreflexe der einzelnen Mineralphasen dienen sowohl zur Identifizierung als auch zur semiquantitativen Mengenbestimmung. Die Peakflächen der Hauptreflexe wurden vermessen (Halbwertsbreite) und nach der Methode von Schultz (1964) über Korrekturfaktoren die Zusammensetzung der Probe berechnet. Quarz wurde nach vorhandenen Standardreihen ausgewertet.

Zusätzlich wurde mit dem Programm X'Pert HighScore Plus - nach der Rietveld Methode die semiquantitative Zusammensetzung der Proben verfeinert.

8.2. Ergebnisse

8.2.1. Korngrößenanalysen

Die Ergebnisse der granulometrischen Untersuchungen sind in der Tabelle 7 zusammengefasst. Weiters sind in Abbildung 273 sind alle 10 Summenkurven zusammen abgebildet. In den Beilagen 1-10 (Anhang) sind sie einzeln als Summenkurven und in histogrammform grafisch dargestellt. Die einzelnen Kornklassen sind jeweils in grob, mittel und fein untergliedert.

Tabelle 7: Zusammenfassung der Korngrößenverteilung der untersuchten Sedimentproben aus Oberösterreich (Angaben in Masse %).

Lab. Nr.	Bezeichnung	Kies	Sand	Schluff+ Ton	Median [mm]
15281	Feldaist	32,6	66,9	0,5	1,1
15282	Waldaist	42,5	57,3	0,3	1,5
15283	Erlau	17,0	82,4	0,5	1,1
15284	Große Gusen	60,5	39,3	0,2	3,0
15285	Kleine Gusen	52,3	47,6	0,1	2,1
15286	Große Mühl	47,0	52,5	0,5	1,8
15287	Kleine Mühl	27,5	71,5	1,0	1,0
15288	Osterbach	45,1	53,5	1,3	1,5
15289	Rodl	22,5	75,8	1,6	1,1
15296	Naarn	59,2	40,6	0,2	2,5

In drei der untersuchten Sedimentproben dominiert in der Kornverteilung der Kiesanteil (in Tabelle 2 grün unterlegt): Große Gusen 60,5%, Kleine Gusen 52,3% und Naarn 59,2%. Auch die jeweiligen Mediane liegen mit 2,1 bis 3,0 mm im Kiesbereich. In den 7 anderen Flusssedimenten ist die Sandfraktion (gelb unterlegt) dominant. Die Anteile reichen von 52,5 in der Großen Mühl bis 82,4 in der Erlau. Die Mediane befinden sich mit 1,0 bis 1,8 mm ebenfalls im Sandbereich.

Vollkommen untergeordnet sind die Anteile von Schluff und Ton. Der geringste Wert konnte in der Kleinen Gusen mit 0,1% bestimmt werden, den höchste Schluff+Ton Anteil enthält die Rodl mit 1,6%.

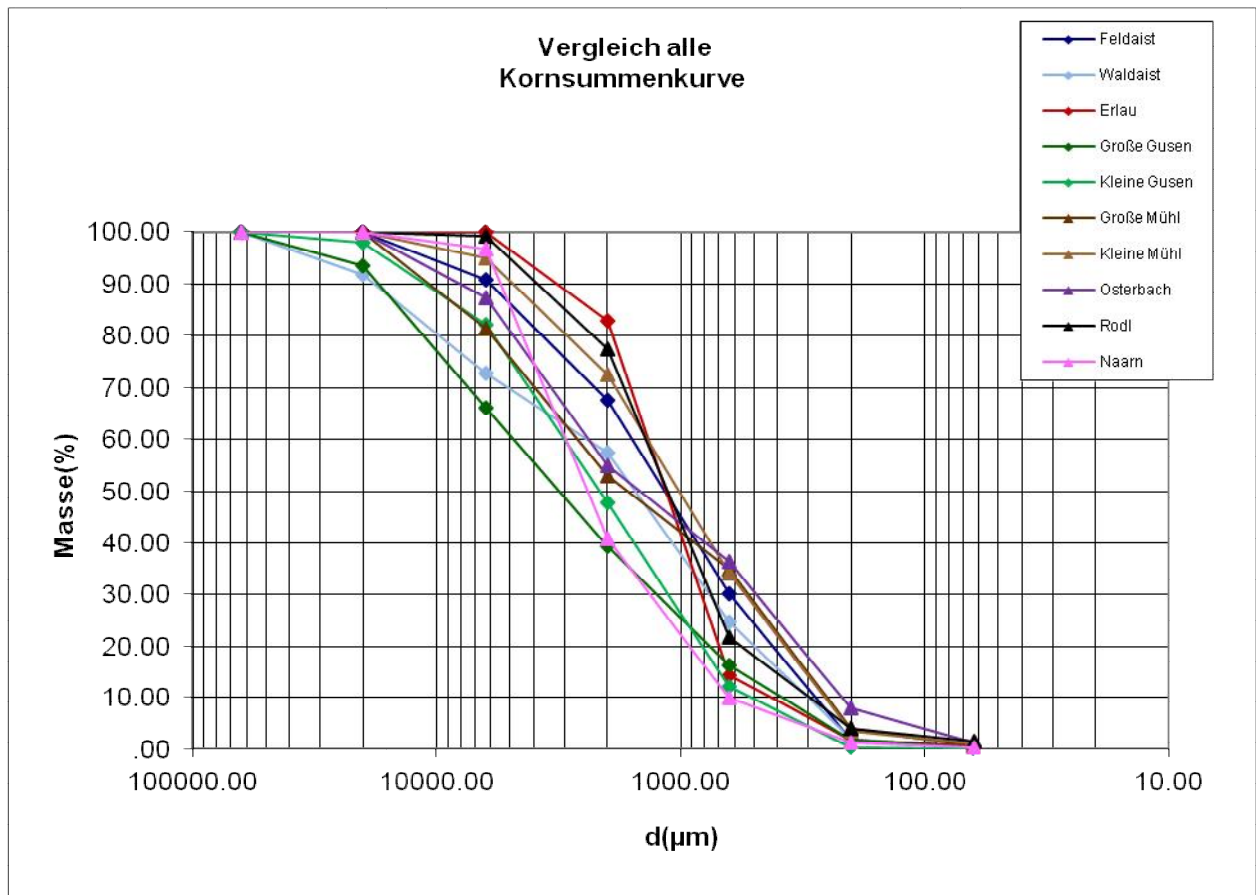


Abbildung 273: Summenkurven aller 10 untersuchten Flusssedimentproben

In Abbildung 273 ist trotz der 10 Kurven die große Variabilität der Kornverteilungen zu sehen. Es ist auch gut zu erkennen, dass der Feinsandanteil immer sehr untergeordnet auftritt und 10% nie erreicht.

8.2.2. Gesamtmineralanalyse der einzelnen Kornfraktionen

Von jeder Sedimentprobe liegen nun sechs bis sieben separierte Kornfraktionen vor. Sieben Fraktionen wenn auch Grobkies vorhanden ist (in drei Sedimenten), sonst eben nur sechs. Es werden somit 63 Kornfraktionen mineralogisch bearbeitet. Es sollen hier exemplarisch die Ergebnisse und Trends gezeigt werden.

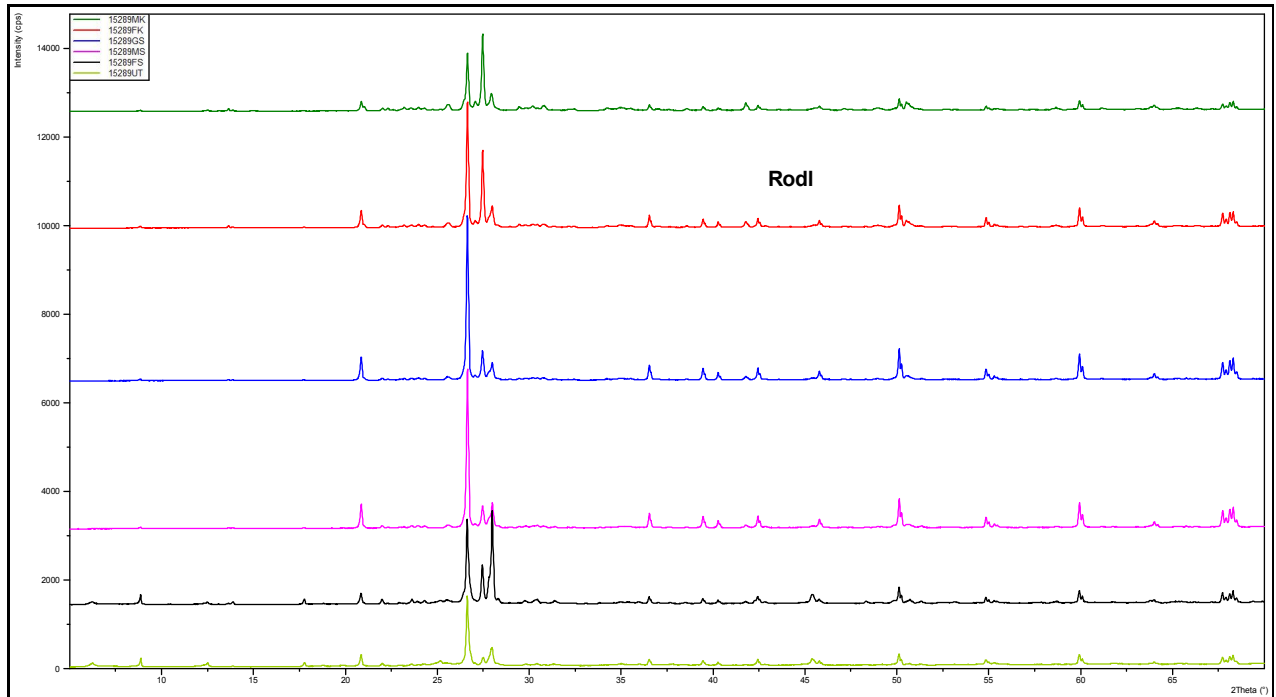


Abbildung 274: Röntgendiffraktogramme der sechs Fraktionen der Rodl: Oberstes Diffraktogramm ist Mittelkies, es folgt darunter Feinkies usw, der unterste Graph ist Schluff und Ton.

In Abbildung 274 sind alle sechs Fraktionen der Rodl dargestellt. Deutlich ist anhand der Peakintensitäten zu erkennen, dass von Fraktion zu Fraktion starke Unterschiede vorhanden sind. Insbesondere ist der Unterschied zwischen den Kiesfraktionen einerseits und den Sand bzw. Schluff- und Tonfraktionen andererseits auffällig.

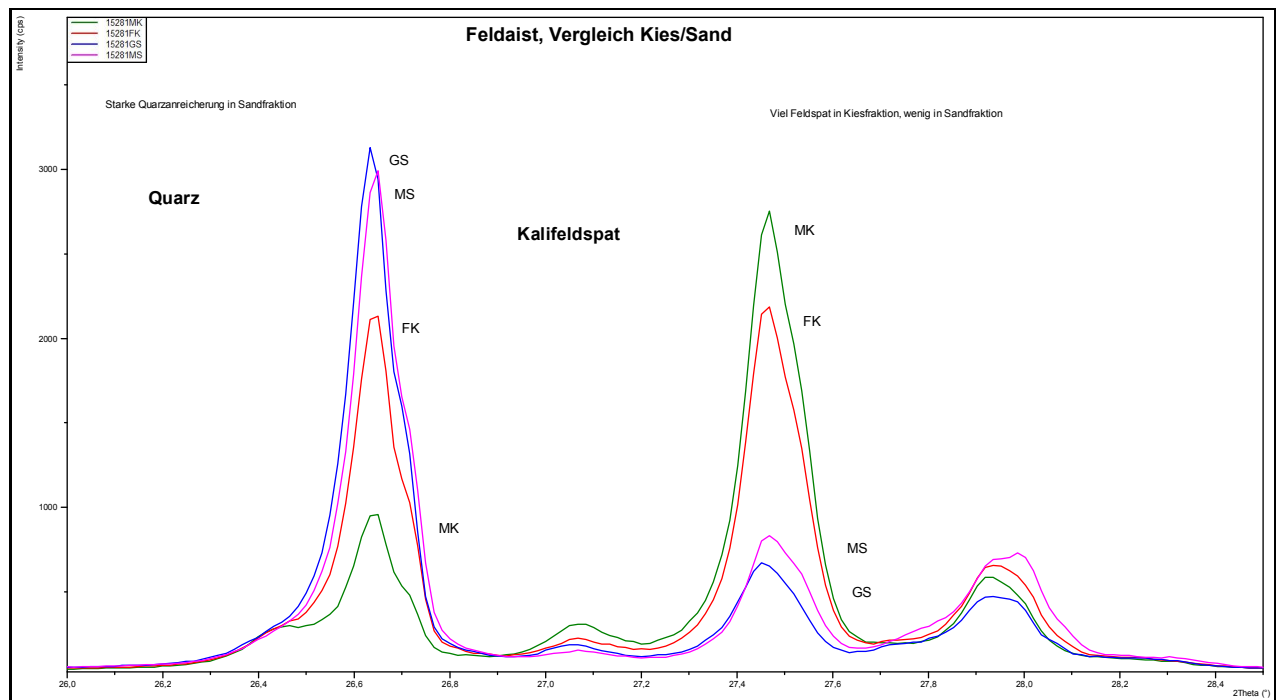


Abbildung 275: Vergleich der Sand und Kiesfraktionen der Feldaist anhand der Reflexe von Quarz und Kalifeldspat.

In Abbildung 275 links der wichtigste Quarzreflex und rechts der wichtigste Röntgenreflex von Kalifeldspat abgebildet. Die grüne Kurve (Mittelkies) zeigt bei Quarz nur einen sehr kleinen Peak während sie bei Kalifeldspat die größte Intensität aufweist. Die blaue Kurve (Grobsand) zeigt dagegen die höchste Intensität bei Quarz und eine deutlich geringere bei Kalifeldspat.

Das bedeutet, dass in der Kiesfraktion deutlich mehr Kalifeldspat vorhanden ist, der dann aber in der Sandfraktion deutlich geringer wird, weil sich der härtere und schwerer verwitterbare Quarz in der feineren Fraktion stark anreichert. Ähnliche Ergebnisse zeigen auch die ersten Auswertungen der weiteren Sedimentproben. Diese mineralogischen Eigenschaften des Versandungsmaterials sind somit als unabhängig vom Einzugsgebiet zu betrachten.

Die praktischen Schlussfolgerungen aus diesen Erkenntnissen müssen noch in weiterführenden Arbeiten untersucht werden.

9. Feststofffallen im Einzugsgebiet der Aist

Im Rahmen des Projektes „Feststoffmanagement im Mühlviertel und im Bayerischen Wald“ wurden im Einzugsgebiet der Aist (siehe Abbildung 276) insgesamt 6 Geschiebefallen (GF1 – GF6) installiert. Diese sind teils bei Entwässerungsgräben und teils in permanent wasserführenden Zubringern situiert. Die Wahl der Fallenstandorte wurde parallel zu den Kartierungsarbeiten im Einzugsgebiet der Aist bzw. nach den volumetrischen Probenahmen durchgeführt. Somit konnte eine gewisse Variabilität in ihrer Bedeutung für den Gesamteintrag bereits vorab abgeschätzt werden. Weiter befindet sich im Untersuchungsgebiet eine Niederschlagsmessstation (Gemeinde Gutau), welche Aussagen hinsichtlich Niederschlag und Sedimentmobilisierung ermöglichen sollte.



Abbildung 276: Geschiebefallenanordnung im Einzugsgebiet der Aist.

9.1. Aufbau der Geschiebefallen

Hierzu wurde jeweils ein Mörteltrog mit einem Volumen von 65 Litern an kleineren Zubringern oder Drainagegräben (siehe Abbildung 276) eingegraben. Die Oberkante des Mörteltroges schließt dabei jeweils mit der gegebenen Sohle des Gerinnes ab.

9.2. Monitoring

Die Geschiebefallen werden alle 14 Tage entleeren (Ausnahme: nach außergewöhnlichen Ereignissen wie plötzliche Schneeschmelze oder Starkniederschlag wird kurzfristig entleert). Der Inhalt der Fallen wird gewogen und prozentuell durch eine Schätzung in Schluff- und Granitgrusanteile aufgeteilt. Organische Bestandteile werden vernachlässigt.

9.3. Beschreibung der einzelnen Standorte

GF1

Die Geschiebefalle **GF1** wurde in einen in die Feldaist mündenden Drainagengraben eingebaut (siehe Abbildung 277). Das Gerinne weist ein Gefälle von 1 – 2 % auf. Das Einzugsgebiet dieses Grabens besteht zum Großteil aus Ackerflächen. Der Verlauf des Gewässerbetts ist anthropogen gestreckt und besitzt einen lehmigen Untergrund. Die Stelle wurde ausgewählt, da abgesehen von viel schluffigem Material auch offensichtlich Granitgrus (Ergebnisse Kartierung) transportiert wird.

GF2

Die Geschiebefalle **GF2** wurde in einen in die Flanitz mündenden Zubringer eingebaut (siehe Abbildung 278). Das Gerinne weist ein Gefälle von 5 – 10 % auf. Das Einzugsgebiet dieses Baches besteht zum Großteil aus Wald- und Wiesenflächen. Der Verlauf des Gewässerbetts ist natürlich gestreckt und besitzt einen kristallinen Untergrund. Die Stelle wurde aufgrund des hohen Gefälles und dem hohen Anteil an Granitgrus ausgewählt.

GF3

Die Geschiebefalle **GF3** wurde in einen in den Stampferbach mündenden Drainagegraben eingebaut (siehe Abbildung 279). Das Gerinne weist ein Gefälle > 10 % auf. Das Einzugsgebiet dieses Baches besteht zum Großteil aus Wald- und Wiesenflächen. Der Verlauf des Gewässerbetts ist natürlich gestreckt und besitzt im Unterlauf einen schluffigen Untergrund. Die Stelle wurde aufgrund des hohen Gefälles ausgewählt.

GF4

Die Geschiebefalle **GF4** wurde in einen in den Stampferbach mündenden Zubringer eingebaut (siehe Abbildung 280). Das Gerinne weist ein Gefälle von > 10 % auf. Das Einzugsgebiet dieses Grabens besteht zum Großteil aus Waldfläche. Der Verlauf des Gewässerbetts ist natürlich gestreckt und besitzt einen kristallinen Untergrund. Die Stelle wurde aufgrund des hohen Gefälles und dem hohen Anteil an Granitgrus ausgewählt.

GF5

Die Geschiebefalle **GF5** wurde in einen in den Stampferbach mündenden Zubringer eingebaut (siehe Abbildung 281). Das Gerinne weist ein Gefälle von 5 – 10 % auf. Das Einzugsgebiet dieses Baches besteht aus Wald und Wiesenflächen, sowie nennenswerter versiegelter Siedlungsflächen der Gemeinde St. Leonhart. Das Gewässer zeigt eine starke Eintiefung. Der Verlauf des Gewässerbetts ist natürlich gestreckt und besitzt einen anstehenden kristallinen Untergrund. Die Stelle wurde aufgrund des hohen Gefälles und dem hohen Anteil an Granitgrus ausgewählt.

GF6

Die Geschiebefalle **GF6** wurde in einen in die Flanitz mündenden Zubringer eingebaut (siehe Abbildung 282). Aufgrund von anstehenden Felsen konnte der Mörteltrog nicht zur Gänze eingegraben werden. Das Problem wurde durch das Abschneiden des Behälters gelöst. Die dadurch verringerte Tiefe ermöglichte den Abschluss der Oberkante mit dem Gewässerbett. Das Gerinne weist ein Gefälle von > 10 % auf. Das Einzugsgebiet dieses Grabens besteht zum Großteil aus Waldfläche. Der Verlauf des Gewässerbetts ist natürlich gestreckt und besitzt einen kristallinen Untergrund. Die Stelle wurde aufgrund des hohen Gefälles ausgewählt.

9.4. Ergebnisse Messungen 2015

Als Beispiel für die Vorgehensweise bzw. Protokollierung der Freilandarbeiten wird exemplarisch die Entleerung vom 16.01.2015 im Bericht beschrieben.

Reguläre Messung am 16.01.2015

Anmerkung: Aufgrund eines extremen Temperaturanstiegs, kurz vor dieser Messung, kam es zu einer raschen Schneeschmelze. Es ist daher diese reguläre Messung mit jener Messung eines Extremereignisses gleichzusetzen (siehe Kapitel 9.2).

Geschiebefalle 1

In der Geschiebefalle befand sich 33 kg Material (Abbildung 277). Es handelte sich zu 60 % um Granitgrus. Die restlichen 40 % bestanden aus schluffigem Material.



Abbildung 277: Feststoffe in der Geschiebefalle 1 am 16.01.2015

Geschiebefalle 2

In der Geschiebefalle befand sich 1 kg Material (Abbildung 278). Es handelte sich zu 100 % um Granitgrus.



Abbildung 278: Feststoffe in der Geschiebefalle 2 am 16.01.2015

Geschiebefalle 3

In der Geschiebefalle befand sich 0,5 kg Material (Abbildung 279). Es handelte sich zu 100 % um Schluff.



Abbildung 279: Feststoffe in der Geschiebefalle 3 am 16.01.2015

Geschiebefalle 4

In der Geschiebefalle befand sich 54 kg Material (Abbildung 280). Es handelte sich zu 100 % um Granitgrus. Auf Grund der Vollfüllung und tlw. Erosion von Material aus der Falle ist anzunehmen, dass der tatsächliche Materialtransport beim Ereignis der plötzlichen Schneeschmelze deutlich höher war als jener von der Falle aufgezeichnete Wert. Hier sollten in Zukunft Einzelmessungen das kontinuierliche Monitoring unterstützen.



Abbildung 280: Feststoffe in der Geschiebefalle 4 am 16.01.2015

Geschiebefalle 5

In der Geschiebefalle befand sich 43 kg Material (Abbildung 281). Es handelte sich zu 100 % um Granitgrus. Bei diesem Zubringer scheint das Problem der Ausspülung bei Extremereignissen noch ähnlich zu sein als bei GF4. Diese These wird durch Beobachtungen eines Anrainers bestätigt. Generell sollte in Zukunft eine Kombination von Monitoringmaßnahmen (kontinuierliche Messungen + ereignisbezogene Messungen) angestrebt werden.



Abbildung 281: Feststoffe in der Geschiebefalle 5 am 16.01.2015

Geschiebefalle 6

In der Geschiebefalle befanden sich 2 kg Material (Abbildung 282). Es handelte sich zu 20 % um Granitgrus. Die restlichen 80 % bestanden aus schluffigem Material.



Abbildung 282: Feststoffe in der Geschiebefalle 6 am 16.01.2015

Zusammenfassung der Messungen

In Tabelle 8 sind die Ergebnisse der Messungen für die jeweiligen Standorte für das Kalenderjahr 2015 zusammengefasst.

Tabelle 8: Zusammenfassung der Geschiebefallenmessungen für den Zeitraum 2015.

Geschiebefalle	Datum	Inhalt	Granitgrus	Schluff
GF1	16.01.2015	33 kg	60%	40%
GF2	16.01.2015	1 kg	100%	0%
GF3	16.01.2015	0,5 kg	0%	100%
GF4	16.01.2015	54 kg	100%	0%
GF5	16.01.2015	43 kg	100%	0%
GF6	16.01.2015	2 kg	20%	80%
GF1	03.02.2015	0,5 kg	10%	90%
GF2	03.02.2015	< 0,5 kg	70%	30%
GF3	03.02.2015	0,75 kg	0%	100%
GF4	03.02.2015	0,5 kg	100%	0%
GF5	03.02.2015	2 kg	100%	0%
GF6	03.02.2015	0,75 kg	0%	100%
GF1	13.02.2015	1 kg	80%	20%
GF2	13.02.2015	< 0,5 kg	100%	0%
GF3	13.02.2015	< 0,5 kg	0%	100%
GF4	13.02.2015	< 0,5 kg	100%	0%
GF5	13.02.2015	20 kg	100%	0%
GF6	13.02.2015	0,5 kg	40%	60%
GF1	27.02.2015	9 kg	35%	65%
GF2	27.02.2015	< 0,5 kg	50%	50%
GF3	27.02.2015	0,5 kg	0%	100%
GF4	27.02.2015	< 0,5 kg	100%	0%
GF5	27.02.2015	0,5 kg	100%	0%
GF6	27.02.2015	< 0,5 kg	10%	90%

Es ist geplant über das reguläre Projektsende hinaus noch weitere Entleerungen durchzuführen um in einer Jahresbilanz den Sedimenteintrag aus den gewählten natürlichen und anthropogen überprägten Zubringern abzuschätzen.

9.5. Unterscheidung Sand und Feinsediment

Das Problemfeld der stellenweise zu hohen Feinsedimentmengen in Gewässern ist in den letzten Jahrzehnten zunehmend in das Blickfeld des Interesses gerückt (vgl. z.B. Waters, 1995). Das grundsätzliche Problem und die damit verbundenen möglichen negativen Auswirkungen sowie Vorschläge zu deren Reduktion sind allerdings deutlich länger bekannt (z.B. Cordone & Kelley, 1961). Heute werden zu hohe Feinsedimentmengen neben hydromorphologischen Defiziten als die weltweit wichtigste Ursache für Fließgewässerdegradation angeführt (vgl. z.B. Us Epa (Hrsg.), 2007; Harrison et al., 2007; Owens et al., 2005; Bucher, 2002).

Im vorliegenden Fall ist die Beschäftigung mit dem Thema feine Sedimentanteile im Gewässer, aufgrund der speziellen geologischen Ausgangsbedingungen im Kristallin der Böhmisches Masse jedoch noch etwas komplexer und es bedarf zunächst einer Definition der betrachteten Kornfraktionen.

Die in Gewässern transportierten Feststoffe werden grundsätzlich in Geschiebe, Schweb- und Schwimmstoffe unterteilt. Während das Geschiebe an der Sohle und die Schwimmstoffe an der Oberfläche eines Fließgewässers transportiert werden, werden die Schwebstoffe in der fließenden Welle mittransportiert.

Ab welchem Zeitpunkt ein Teilchen als Geschiebe oder als Schwebstoff transportiert wird, hängt von der Fließgeschwindigkeit, der Schleppspannung und der Turbulenz aber auch von der Dichte und Form des Teilchens ab (vgl. z.B. Mangelsdorf & Scheurmann, 1980; Owens et al., 2005). Zur Ermittlung dieser kritischen Fließgeschwindigkeiten bzw. kritischen Sohlschubspannungen finden sich verschiedene Ansätze (z.B. Shields, Meyer-Peter, Hjulström (Abbildung 283), Strickler, etc.).

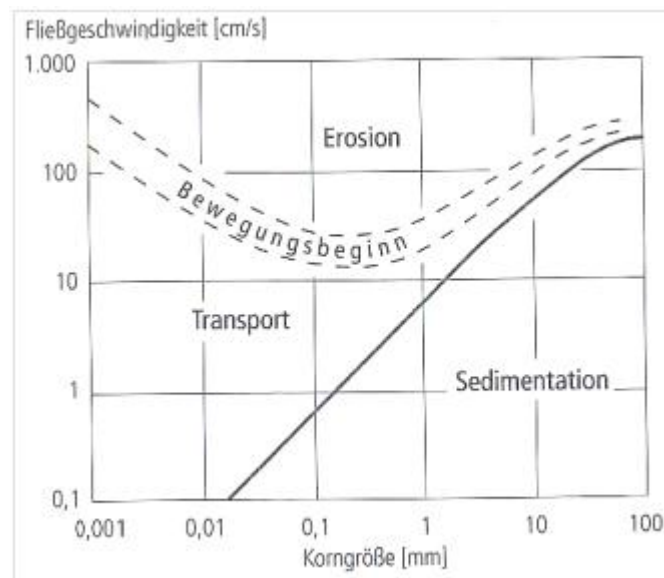


Abbildung 283: Grenzwert für die Erosion und Sedimentation von unterschiedlich großen Kornteilen (verändert nach HJULSTRÖM 1935, in AHNERT 1996).

Die Verhältnisse für den Bewegungsbeginn und den Sedimenttransport sind jedoch sehr individuell und müssen für Geschiebeberechnungen und -modellierungen fallweise adaptiert werden. Dies hat sich auch gerade in den vorliegenden Betrachtungen wieder gezeigt.

Als allgemeine Annäherung für die Unterscheidung zwischen Schwebstoff und Geschiebe wird häufig ein Grenzkorndurchmesser im Bereich von 0,2 bis 1 mm angegeben (vgl. Mangelsdorf & Scheurmann, 1980; Leopold, 1994).

Neben dieser Unterscheidung auf Grund des Transportes ist auch eine Einteilung nach Korngrößen möglich (vgl. Österreichisches Normungsinstitut, 2003: ÖNORM EN ISO 14688-1) (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Korngrößenklassen (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT, 2003: ÖNORM EN ISO 14688-1:2003 02 01; eigene Darstellung).

Bezeichnung	Größenklasse	Versandung	Feinsediment
Blöcke	> 20 cm		
Steine	6,3 - 20 cm		
Grobkies	2 - 6,3 cm		
Mittelkies	6,3 - 20 mm	x	
Feinkies	2,0 - 6,3 mm	x	
Grobsand	0,63 - 2 mm	x	x
Mittelsand	0,2 - 0,63 mm		x
Feinsand	0,063 - 0,2 mm		x
Schluff	0,002 - 0,063 mm		x
Ton	< 0,002 mm		x

Aus den genannten Abgrenzungsmöglichkeiten ergibt sich die gängige Definition des Begriffs „Feinsediment“. In den meisten Arbeiten werden Partikel kleiner als 2 mm zu diesem Begriff gezählt (z.B. Wood & Armitage, 1997; Owens et al., 2005; Bucher, 2002; Edwards et al., 2007). Das heißt die Kornfraktionen Sand, Schluff und Ton werden in die Betrachtungen einbezogen. Wobei den Teilchen < 0,63 mm vor allem hinsichtlich der biogeochemischen Eigenschaften eine besondere Bedeutung zukommt. Viele Nährstoffe und Verunreinigungen werden in dieser Fraktion gespeichert und transportiert (vgl. Owens et al., 2005; Wood & Armitage, 1997).

Im Bereich Mühlviertel und Bayerischer Wald ist vor allem in den anthropogen intensiv genutzten Einzugsgebieten ebenfalls eine Gewässerbeeinträchtigung durch diese feinsten Feststoffteilchen zu verzeichnen. Daneben tritt aber auch eine zunehmende „Versandung“ der Fließgewässer auf. Die dafür verantwortlichen Kornfraktionen sind zwischen 1 mm und 10 mm anzusiedeln, das entspricht Grobsand bis Mittelkies (siehe Tabelle 9).

Die Sandfraktion hat für das Gewässerökosystem ebenfalls eine große Bedeutung. Über die genaue Rolle und das Transportverhalten der Sandfraktion ist allgemein noch wenig bekannt. Die bestehenden Wissensdefizite diesbezüglich konnten im Rahmen der vorliegenden Studie deutlich reduziert werden.

Grundsätzlich wird Sand bei erhöhten Schleppkräften stoßweise und sohlnahe transportiert. Dabei geraten gut sortierte Sandfraktionen am schnellsten von allen Korngrößen in Bewegung (siehe Abbildung 283). Die Sandfraktion stellt einen bisher wenig beachteten Übergangsbereich zwischen Schwebstoff- und Geschiebetransport dar und wird durch den sohlnahen Transport bei den

Schwebstoffmessungen oftmals nicht erfasst (vgl. Nachtnebel et al., 1998; Wood & Armitage, 1997). Zum speziellen Transportverhalten von Sand wird in Kapitel 13 vertiefend eingegangen.

Aus gewässerökologischer Sicht entstehen durch die beiden unterschiedlichen Sedimentbestandteile verschiedene Probleme (Abbildung 284 bis Abbildung 286).

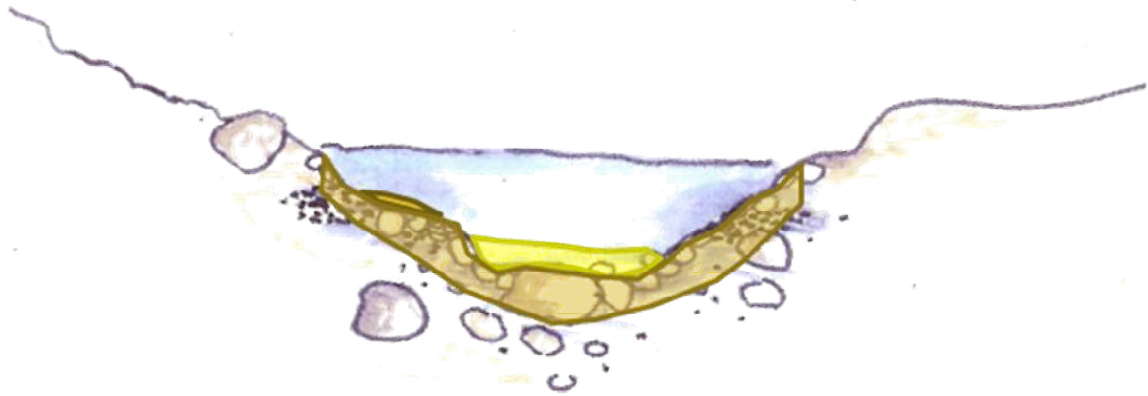


Abbildung 284: Schematische Darstellung des Einflusses von Feinsediment und Sand auf die Gewässersohle.



Abbildung 285: Auswirkungen von Feinsediment auf die Gewässersohle.



Abbildung 286: Auswirkungen von Versandung auf die Gewässersohle.

Aus gewässerökologischer Sicht resultiert aus der Kolmatierung der Gewässersohle durch Feinsedimente vor allem eine schlechte Durchströmung und damit Sauerstoffversorgung des Sohlsubstrates. Dadurch werden die Makrozoobenthosgemeinschaft, kieslaichende Fische (z.B. Äsche und Bachforelle) sowie die Flussperlmuschel, deren juvenile Stadien sich im Interstitial aufhalten, geschädigt (siehe auch Höfler & Gumpinger, 2014).

In den versandeten Bereichen herrscht zwar eine gute Sauerstoffversorgung (vgl. Lerchegger, 2012), dadurch, dass die Sandfraktion aber die hydraulisch mobilste ist (siehe Abbildung 283) und oftmals bereits bei Nieder- oder Mittelwasser in Bewegung ist, stellen diese Substratbereich ebenfalls keine guten Habitate für die Gewässerflora und -fauna dar. Die Makrozoobenthos-Organismen finden genauso wie juvenile und adulte Flussperlmuscheln keinen ausreichenden Halt (siehe Kapitel 10). Auch für die Anlage von Laichgruben für die Fischfauna ist das Material zu fein und zu mobil. Bestehende Laichgruben können von den wandernden Sandfronten überlagert werden.

In den in der vorliegenden Studie betrachteten Gewässern überlagern sich vielerorts die angesprochenen Beeinträchtigungen. Dies ist speziell auch hinsichtlich der Flussperlmuschel und deren Gefährdungstatus von entscheidender Bedeutung. Diese Studie rückt aber speziell den Themenkreis „Versandung“ in den Mittelpunkt der Betrachtungen.

10. Lebensraumqualität der Sohle

10.1. Einleitung und Zielsetzung

Die Überlagerung der Fließgewässersohle mit Feinsedimenten allochthonen Ursprungs wird vor allem in Fließgewässern des Tieflandes zunehmend als Stressor erkannt (Naden et al., 2003). Versandungsphänomene führen zu Reduktionen der Abundanz und Biomasse von benthischen Organismen v.a. durch eine Homogenisierung der Habitatstrukturen sowie durch Kolmationseffekte im hyporheischen Interstitial wobei Sauerstoffmangel im Lückensystem der Bachsohle eine weitere Folge sein kann (Eriksen, 1966; Rosenberg & Wiens, 1978; Lemly, 1982; Cline et al., 1982; Peckarsky, 1984; Culp et al., 1985; Erman & Ligon, 1988; Graham, 1990; Buddensiek, 1991, 1992; Richards & Bacon, 1994; Buddensiek & Ratzbor, 1995; Wood & Armitage, 1997; Ofenböck et al., 2008). Davon betroffen sind vor allem filtrierende Organismen, Arten der stabilen Hartsubstrate wie z.B. Weidegänger und Arten des Interstitials. Aufgrund der Langsamkeit der Prozesse werden die ökologischen Folgen erst spät erkannt. Oftmals werden heute sekundär versandete Bäche typologisch als „Sandbäche“ klassifiziert. Dies führt dazu, dass die Wasserrahmenrichtlinien-konforme Bewertung (Abweichung von einer gewässertypspezifischen Referenzstelle) zu hinterfragen ist.

Im Rahmen des Projektes wurde daher ein Schwerpunkt auf den Vergleich der benthischen Besiedlung zwischen Referenzstellen und von Versandung betroffenen Stellen gelegt, wobei zusätzlich detaillierte Untersuchungen von Habitat-Präferenzen unterschiedlicher Makrozoobenthos (MZB)-Elemente sowie auf Biomasseerhebung und -bilanzierung durchgeführt wurden. Vor allem letzteres wird mit der Wasserrahmenrichtlinien-konformen nationalen Bewertungsmethode aufgrund der starken saisonalen Variabilität meist nicht exakt erfasst, wie im Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente, Teil A2 – Makrozoobenthos (Ofenböck et al. 2010) klargestellt wird.

Aus diesem Grund zielt das Probennahme-Design auf folgende Fragenstellungen ab:

- Wie wirken sich hohe Feinsediment-Anteile im Gewässer auf das Makrozoobenthos hinsichtlich Diversität, Biomasse und Abundanz aus?
- Gibt es Feinsediment-spezifische Indikatoren, die im Rahmen von Bewertungsmethoden eingesetzt werden können?
- Wie wirkt sich der Grad der Versandung im Gewässerabschnitt auf die Benthoszönose aus und wie reagiert die nationale Methode zur Bewertung der ökologischen Zustandsklasse?

Um diese Fragen zu beantworten, wurden einerseits

- (Mikro-)Habitat-spezifische, quantitative Einzelproben entnommen und die hydraulischen Milieufaktoren des beprobten Habitat-Typs dokumentiert (Choriotop-Typ, siehe Tabelle 10 und Tabelle 11) und
- andererseits pro Fließgewässer Multi-Habitat-Proben (MHS) entnommen und gemäß dem Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente, Teil A2 – Makrozoobenthos (Ofenböck et al. 2010) bearbeitet und ausgewertet, um die Ergebnisse dieser Habitat-bezogenen Einzelproben mit dem ökologischen Zustand nach Wasserrahmenrichtlinien (WRRRL) konformer Methode auf Basis des Qualitätselementes Makrozoobenthos (MZB) im jeweiligen untersuchten Gewässerabschnitt zu analysieren und zu vergleichen.

Ziel dieser detaillierten Aufnahmen ist neben einer Dokumentation des Ist-Zustandes, eine fundierte Datenerhebung zur Gewährleistung einer Verschnaidung von sedimentologischen, hydromorphologischen und biologischen Parametern als Grundlage für Modellierungen im Rahmen von Managementvorschlägen.

10.2. Methodik

Im Zuge des Projektes wurden insgesamt fünf Fließgewässer im Mühlviertel/Bayerischen Wald untersucht:

- Große Mühl (bzw. Michelbach im Bayerischen Abschnitt)
- Große Rodl
- Gusen
- Kleine Mühl
- Osterbach

Im Zeitraum von 14. bis 16. April 2014 wurden an jedem Gewässer Referenzabschnitte und von Feinsediment beeinflusste Abschnitte unterschiedlicher Intensität (Versandungsklassen) MZB-Proben entnommen; lediglich an der Kleinen Mühl wurde kein Referenzabschnitt beprobt. Die Auswahl der Probenstellen wurde in Absprache mit der Projektleitung getroffen und richtet sich nach folgenden typologischen Aspekten:

Es wurde diesbzgl., wie auch im gesamten Projekt, drei Versandungsklassen unterschieden. Klasse 1 entspricht einem naturnahen Zustand der Gewässersohle. Hier ist Granitgrus als Teil des Sohlsubstrates vorhanden. Es sind dies aber prozentuell geringe Flächen mit keinerlei Auswirkungen auf die Sohlmorphologie oder die Oberflächenheterogenität des Gewässerbetts. Die Klasse 2 zeigt einen bedeutenden Anteil an Versandungsmaterial, wichtige Habitat (z.B. Kolke) werden dadurch negativ beeinflusst (z.B. Auffüllung der lokalen Tiefstellen). Bei der Klasse 3 kommt es zu einer Vollständigen Bedeckung der Sohle mit Granitgrus, es sind keine weiteren Substratklassen mehr ersichtlich und in der Klasse 3+ ist dieses Material auch bei geringen Abflüssen bereits mobil. Details zu den Klassifizierungen finden sich auch im Kartierungsbogen.

10.3. Untersuchungsstellen

Sämtliche Untersuchungsstellen der fünf beprobten Fließgewässer befinden sich im Oberösterreichischen Mühlviertel bzw. im Bayerischen Wald. Die Auswahl der Untersuchungsstellen wurde seitens des Auftraggebers festgelegt und die MZB-Beprobung von 14. bis 16. April 2014 durchgeführt. In Abbildung 287 ist die Lage der Untersuchungsstellen dargestellt.

10.3.1. Große Mühl

Die Untersuchungsstellen an der Großen Mühl wurden am 15.04.2014 beprobt. Es handelt sich um zwei Referenz- und zwei durch Versandung beeinträchtigte Abschnitte unterschiedlicher hydromorphologischer Ausprägung (Furt/Kolk und Flachbett Typ). Das Gewässer entspricht an allen Untersuchungsstellen der Flussordnungszahl 4 (Wimmer & Moog, 1995).

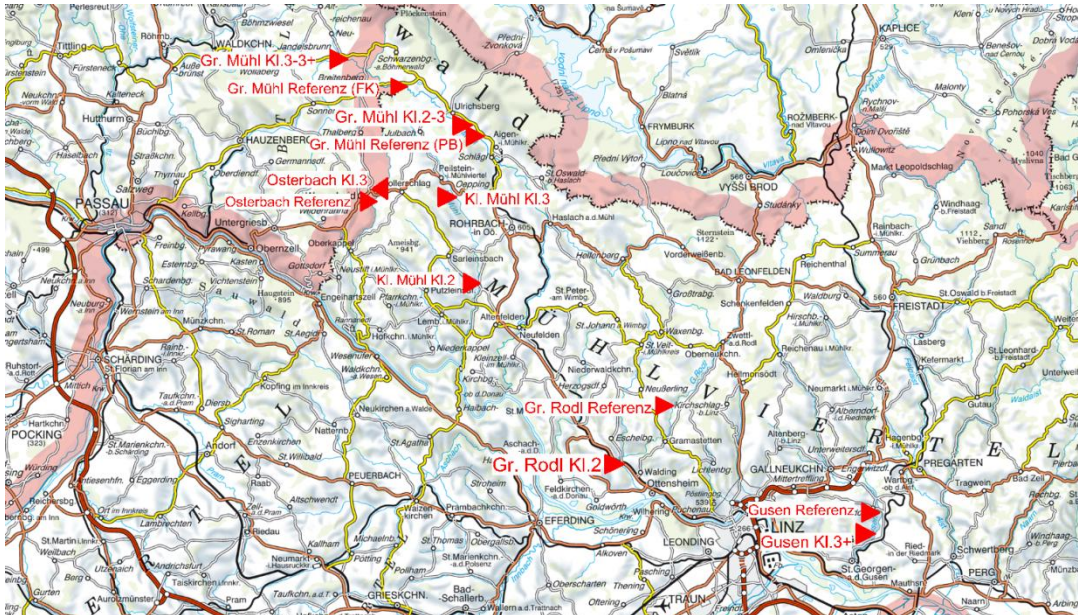


Abbildung 287: Untersuchungsstellen; Amap.

Große Mühl – Referenz (Furt/Kolk Typ)

Die Referenzstelle (Furt/Kolk Typ) befindet sich ca. 1 km oberhalb von Vorderanger auf einer Seehöhe von ca. 590 m. Das Gewässer zeigt im Beprobungsabschnitt einen gestreckten Verlauf, der Uferbewuchs ist spärlich, die Umlandnutzung von Wiesenflächen geprägt. Das Sohlsubstrat wird zu 65 % von Mesolithal dominiert, der restliche Anteil setzt sich aus Makro- und Mikrolithal sowie Akal zusammen, wobei der Feinsedimentanteil von 5 % (Akal) sehr gering ist.



Abbildung 288: Untersuchungsstelle Gr. Mühl Referenz (Furt/Kolk Typ).

Weitere detaillierte Angaben zur Probenstelle sind dem Probenahmeprotokoll zu entnehmen:

Untersuchungsstelle			
<i>Gewässername</i>	Große Mühl	<i>Gemeinde</i>	A-4163
<i>Untersuchungsstelle</i>	Referenz / Furt/Kolk Typ	<i>Koordinaten</i>	N 48°41'59" O 13°50'30"
<i>Datum</i>	15.04.2014		
<i>Entnahmezeit</i>	12:00	<i>Seehöhe [m]</i>	591
<i>MZB: Bioregion</i>	12	<i>Flussordnungszahl</i>	4
<i>Saprobieller Grundzustand</i>	1,75	<i>Einzugsgebiet [km²]</i>	100-1000
<i>Innere Differenzierung</i>	EZ-Kl. 2	<i>Flusskilometer</i>	-
Morphologische Daten			
<i>Mittlere Gewässertiefe [m]</i>	0,45	<i>Max. Gewässertiefe [m]</i>	0,70
<i>Gewässerbreite [m]</i>	7		
	<i>linkes Ufer</i>	<i>rechtes Ufer</i>	
<i>Uferaufbau</i>	natürlich	natürlich	
<i>Uferneigung</i>	flach-steil	flach-steil	
<i>Uferbewuchs</i>	Bäume/Sträucher/Gras	Bäume/Sträucher/Gras	
<i>Umland</i>	Wald, Grünland	<i>Einleitung oberhalb</i>	unbekannt
<i>Schutzwasserbauliche Maßnahmen</i>	vereinzelt Blockwurf	<i>See im Flusskontinuum oberhalb</i>	nein
Hydraulische Bedingungen			
<i>Mittl. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,4	<i>Strömungsbild</i>	aufgelöst
<i>Max. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,65		
Physikalischer Befund			
<i>Temperatur [°C]</i>	4,8	<i>Leitfähigkeit [µS]</i>	114,6
<i>pH-Wert</i>	9,00	<i>O₂Sättigung [%]</i>	99,4 (12,0 mg/l)
Wetter			
<i>Wetterlage vor Probenahme</i>	wechselhaft	<i>Lichtverhältnisse</i>	bewölkt
<i>Witterung bei Probenahme</i>	trocken	<i>Bewölkung [%]</i>	80
<i>Wind</i>	windstill		
Hydrographie aktuell			
<i>Abflusssituation</i>	MQ	<i>Tendenz Wasserführung</i>	gleichbleibend
<i>Schwall/Sunk Verhältnis</i>	nein	<i>Bezugspegel</i>	
Organoleptischer Befund, reduzierte Bed. und Aufwuchsbefund			
<i>Schwimm- & Schwebstoffe</i>	-	<i>nicht mineral. Trübe</i>	-
<i>Verfärbung</i>	-	<i>Geruch (Wasser)</i>	-
<i>Schaumbildung</i>	-	<i>Grobverunreinigungen</i>	-
<i>Reduzierte Bed. Lenitisch (<0,25 m/s)</i>	-		
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (0,25-0,75 m/s)</i>	-		
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (>0,75 m/s)</i>	-		
<i>Abwasserbakterien, Abwasserpilze frei sichtbar</i>	-		
<i>Schwefelbakterien frei sichtbar</i>	-		
<i>Wimpertier-Kolonien frei sichtbar</i>	-		

Substratzusammensetzung

Makrolithal [%]	5
Mesolithal [%]	65
Mikrolithal [%]	25
Akal [%]	5

Große Mühl – Referenz (Flachbett Typ)

Die zweite Referenzstelle (Flachbett Typ) wurde oberhalb von Bruckhäuseln auf einer Seehöhe von ca. 548 m beprobt. Das Gewässer zeigt einen gestreckten Verlauf, die Umlandnutzung ist von Wald- und Wiesenflächen geprägt. Das Sohlsubstrat ist von Makro- und Mesolithal dominiert, nur geringe Anteile an Mikrolithal (5 %) ergänzen die Substratzusammensetzung. Der Feinsedimentanteil (< Akal) liegt deutlich unter 5 %.



Abbildung 289: Untersuchungsstelle Gr. Mühl Referenz (Flachbett Typ).

Weitere detaillierte Angaben zur Probenstelle sind dem Probenahmeprotokoll zu entnehmen:

Untersuchungsstelle			
Gewässername	Große Mühl	Gemeinde	A-4160
Untersuchungsstelle	Referenz / Flachbett Typ	Koordinaten	N 48°49'16" O 13°56'43"
Datum	15.04.2014		
Entnahmezeit	16:45	Seehöhe [m]	548
MZB: Bioregion	12	Flussordnungszahl	4
Saprobieller Grundzustand	1,75	Einzugsgebiet [km ²]	100-1000
Innere Differenzierung	EZ-Kl. 2	Flusskilometer	-
Morphologische Daten			
Mittlere Gewässertiefe [m]	0,50	Max. Gewässertiefe [m]	0,55
Gewässerbreite [m]	13		
	<i>linkes Ufer</i>		<i>rechtes Ufer</i>
Uferaufbau	natürlich		natürlich
Uferneigung	flach-steil		flach-steil
Uferbewuchs	Bäume/Sträucher/Gras		Bäume/Sträucher/Gras
Umland	Wald, Grünland	Einleitung oberhalb	unbekannt
Schutzwasserbauliche Maßnahmen	keine	See im Flusskontinuum oberhalb	nein
Hydraulische Bedingungen			
Mittl. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	0,39	Strömungsbild	aufgelöst
Max. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	0,59		

Physikalischer Befund				
<i>Temperatur [°C]</i>	5,7	<i>Leitfähigkeit [µS]</i>	98,2	
<i>pH-Wert</i>	8,1	<i>O₂Sättigung [%]</i>	105,3	(12,54mg/l)
Wetter				
<i>Wetterlage vor Probenahme</i>	wechselhaft	<i>Lichtverhältnisse</i>	bewölkt	
<i>Witterung bei Probenahme</i>	trocken	<i>Bewölkung [%]</i>	80	
<i>Wind</i>	windstill			
Hydrographie aktuell				
<i>Abflusssituation</i>	MQ	<i>Tendenz Wasserführung</i>	gleichbleibend	
<i>Schwall/Sunk Verhältnis</i>	nein	<i>Bezugspegel</i>		
Organoleptischer Befund, reduzierte Bed. und Aufwuchsbefund				
<i>Schwimm- & Schwebstoffe</i>	-	<i>nicht mineral. Trübe</i>	-	
<i>Verfärbung</i>	-	<i>Geruch (Wasser)</i>	-	
<i>Schaumbildung</i>	-	<i>Grobverunreinigungen</i>	-	
<i>Reduzierte Bed. Lenitisch (<0,25 m/s)</i>			-	
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (0,25-0,75 m/s)</i>			-	
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (>0,75 m/s)</i>			-	
<i>Abwasserbakterien, Abwasserpilze frei sichtbar</i>			-	
<i>Schwefelbakterien frei sichtbar</i>			-	
<i>Wimpertier-Kolonien frei sichtbar</i>			-	
Substratzusammensetzung				
<i>Makrolithal [%]</i>	45			
<i>Mesolithal [%]</i>	50			
<i>Mikrolithal [%]</i>	5			

Große Mühl (Michelbach) – Versandungsklasse 3-3+ (Furt/Kolk Typ)

Die beeinflusste Stelle der Versandungsklasse 3-3+ (Furt/Kolk Typ) befindet sich in Bayern, zwischen Langbruck und Kleingsenget auf einer Seehöhe von ca. 620 m. Die Große Mühl wird in diesem Abschnitt Michelbach genannt. Das Gewässer zeigt einen leicht pendelnden Verlauf, die Umlandnutzung ist von Wiesenflächen geprägt. Das Sohlsubstrat dieses stark von Feinsedimenteintrag überprägten Gewässerabschnittes wird von Akal/Psammal und Psammopelal dominiert. Das Ufer ist durchgehend mit Gras bewachsen, vereinzelt sind auch Bäume oder Sträucher vorzufinden.



Abbildung 290: Untersuchungsstelle Gr. Mühl (Michelbach) Versandungsklasse 3-3+ (Furt/Kolk Typ)

Weitere detaillierte Angaben zur Probenstelle sind dem Probenahmeprotokoll zu entnehmen:

Untersuchungsstelle			
Gewässername	Große Mühl	Gemeinde	D-94089
Untersuchungsstelle	Versandungsklasse 3-3+ / Furt/Kolk Typ	Koordinaten	N 48°43'30" O 13°45'33"
Datum	15.04.2014		
Entnahmezeit	13:00	Seehöhe [m]	620
MZB: Bioregion	12	Flussordnungszahl	4
Saprobieller Grundzustand	1,5	Einzugsgebiet [km ²]	10-100
Innere Differenzierung	-	Flusskilometer	-
Morphologische Daten			
Mittlere Gewässertiefe [m]	0,25	Max. Gewässertiefe [m]	0,75
Gewässerbreite [m]	3		
	<i>linkes Ufer</i>	<i>rechtes Ufer</i>	
Uferaufbau	natürlich	natürlich	
Uferneigung	flach-steil	flach-steil	
Uferbewuchs	Bäume/Sträucher/Gras	Bäume/Sträucher/Gras	
Umland	Grünland	Einleitung oberhalb	unbekannt
Schutzwasserbauliche Maßnahmen	keine	See im Flusskontinuum oberhalb	nein
Hydraulische Bedingungen			
Mittl. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	0,2	Strömungsbild	aufgelöst
Max. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	0,52		
Physikalischer Befund			

<i>Temperatur [°C]</i>	4,5	<i>Leitfähigkeit [µS]</i>	128,5
<i>pH-Wert</i>	8,69	<i>O₂Sättigung [%]</i>	97,2 (11,79mg/l)
Wetter			
<i>Wetterlage vor Probenahme</i>	wechselhaft	<i>Lichtverhältnisse</i>	bewölkt
<i>Witterung bei Probenahme</i>	trocken	<i>Bewölkung [%]</i>	80
<i>Wind</i>	windstill		
Hydrographie aktuell			
<i>Abflusssituation</i>	MQ	<i>Tendenz Wasserführung</i>	gleichbleibend
<i>Schwall/Sunk Verhältnis</i>	nein	<i>Bezugspegel</i>	
Organoleptischer Befund, reduzierte Bed. und Aufwuchsbefund			
<i>Schwimm- & Schwebstoffe</i>	-	<i>nicht mineral. Trübe</i>	-
<i>Verfärbung</i>	-	<i>Geruch (Wasser)</i>	-
<i>Schaumbildung</i>	-	<i>Grobverunreinigungen</i>	-
<i>Reduzierte Bed. Lenitisch (<0,25 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (0,25-0,75 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (>0,75 m/s)</i>			-
<i>Abwasserbakterien, Abwasserpilze frei sichtbar</i>			-
<i>Schwefelbakterien frei sichtbar</i>			-
<i>Wimpertier-Kolonien frei sichtbar</i>			-
Substratzusammensetzung			
<i>Akal/Psammal [%]</i>	50		
<i>Psammopelal [%]</i>	50		

Große Mühl – Versandungsklasse 2-3 (Flachbett Typ)

Auf einer Seehöhe von etwa 555 m, im Bereich Föhretkapelle, entspricht die Große Mühl dem Plane-Bed Typ. Das Gewässer zeigt hier einen gestreckten Verlauf, die Umlandnutzung ist von Wald und Wiesenflächen geprägt. In diesem Abschnitt ist die Große Mühl bis zu 14 m breit und wurde im Beprobungszeitraum der Versandungsklasse 2-3 zugeordnet. Das Sohlsubstrat ist zwar zu 90 % von Meso- und Makrolithal geprägt, jedoch ist dieses im gesamten Untersuchungsabschnitt in sandig-feinkiesigem Substrat eingebettet. Großflächige Feinsubstratansammlungen waren nicht vorzufinden, wodurch die Entnahme von Einzelproben im Feinsubstrat nicht möglich war. Zum Zeitpunkt der Probenahme war ein starker Bewuchs von Moosen und Algen auf den Steinen festzustellen.



Abbildung 291: Untersuchungsstelle Gr. Mühl, Versandungsklasse 2-3 (Flachbett Typ)

Weitere detaillierte Angaben zur Probenstelle sind dem Probenahmeprotokoll zu entnehmen:

Untersuchungsstelle			
<i>Gewässername</i>	Große Mühl	<i>Gemeinde</i>	A-4161
<i>Untersuchungsstelle</i>	Versandungsklasse 2-3 / Flachbett Typ	<i>Koordinaten</i>	N 48°39'53" O 13°55'36"
<i>Datum</i>	15.04.2014		
<i>Entnahmezeit</i>	15:00	<i>Seehöhe [m]</i>	555
<i>MZB: Bioregion</i>	12	<i>Flussordnungszahl</i>	4
<i>Saprobieller Grundzustand</i>	1,75	<i>Einzugsgebiet [km²]</i>	100-1000
<i>Innere Differenzierung</i>	EZ-Kl. 2	<i>Flusskilometer</i>	-
Morphologische Daten			
<i>Mittlere Gewässertiefe [m]</i>	0,50	<i>Max. Gewässertiefe [m]</i>	0,60
<i>Gewässerbreite [m]</i>	14		
	<i>linkes Ufer</i>		<i>rechtes Ufer</i>
<i>Uferaufbau</i>	natürlich		natürlich
<i>Uferneigung</i>	Mäßig steil		Mäßig steil
<i>Uferbewuchs</i>	Gras		Gras
<i>Umland</i>	Wald, Grünland	<i>Einleitung oberhalb</i>	unbekannt
<i>Schutzwasserbauliche Maßnahmen</i>	keine	<i>See im Flusskontinuum oberhalb</i>	nein

Hydraulische Bedingungen			
Mittl. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	0,43	Strömungsbild	aufgelöst
Max. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	0,62		
Physikalischer Befund			
Temperatur [°C]	5,6	Leitfähigkeit [µS]	96,0
pH-Wert	8,71	O ₂ Sättigung [%]	104,7 (12,53 mg/l)
Wetter			
Wetterlage vor Probenahme	wechselhaft	Lichtverhältnisse	bedeckt
Witterung bei Probenahme	trocken	Bewölkung [%]	
Wind	windstill		
Hydrographie aktuell			
Abflusssituation	MQ	Tendenz Wasserführung	gleichbleibend
Schwall/Sunk Verhältnis	nein	Bezugspegel	
Organoleptischer Befund, reduzierte Bed. und Aufwuchsbefund			
Schwimm- & Schwebstoffe	-	nicht mineral. Trübe	-
Verfärbung	-	Geruch (Wasser)	-
Schaumbildung	-	Grobverunreinigungen	-
Reduzierte Bed. Lenitisch (<0,25 m/s)		-	
Reduzierte Bed. Lotisch (0,25-0,75 m/s)		-	
Reduzierte Bed. Lotisch (>0,75 m/s)		-	
Abwasserbakterien, Abwaspilze frei sichtbar		-	
Schwefelbakterien frei sichtbar		-	
Wimpertier-Kolonien frei sichtbar		-	
Substratzusammensetzung			
Makrolithal [%] mit Moos-/Algenaufwuchs	55		
Mesolithal [%]	35		
Mikrolithal [%]	10		

10.3.2. Große Rodl

An der Großen Rodl wurde am 16.04.2014 eine Referenzstelle bei Edt und eine durch Versandung beeinträchtigte Stelle auf Höhe des Bahnhofs Rottenegg beprobt. Das Gewässer ist an der Referenzstelle der Flussordnungszahl (FLOZ) 4, an der versandeten Stelle der FLOZ 5 zuzuordnen.

Große Rodl – Referenz (Furt/Kolk Typ)

Die Referenzstelle (Furt/Kolk Typ) wurde auf einer Seehöhe von ca. 507 m beprobt. Das Gewässer zeigt einen gestreckten Verlauf, die Umlandnutzung ist von Wald- und Wiesenflächen geprägt, die Uferstruktur weitgehend natürlich. Das Sohlsubstrat ist zu 90 % von Makro- und Mesolithal dominiert, der Feinsedimentanteil (< Akal) liegt bei ca. 5 %.



Abbildung 292: Untersuchungsstelle Gr. Rodl, Referenz (Furt/Kolk Typ)

Weitere detaillierte Angaben zur Probenstelle sind dem Probenahmeprotokoll zu entnehmen:

Untersuchungsstelle			
<i>Gewässersname</i>	Große Rodl	<i>Gemeinde</i>	A-4201
<i>Untersuchungsstelle</i>	Referenz / Furt/Kolk Typ	<i>Koordinaten</i>	N 48°24'41" O 14°12'12"
<i>Datum</i>	16.04.2014		
<i>Entnahmezeit</i>	14:00	<i>Seehöhe [m]</i>	507
<i>MZB: Bioregion</i>	12	<i>Flussordnungszahl</i>	4
<i>Saprobieller Grundzustand</i>	1,75	<i>Einzugsgebiet [km²]</i>	100-1000
<i>Innere Differenzierung</i>	EZ-Kl. 2	<i>Flusskilometer</i>	-
Morphologische Daten			
<i>Mittlere Gewässertiefe [m]</i>	0,30	<i>Max. Gewässertiefe [m]</i>	0,50
<i>Gewässerbreite [m]</i>	8		
	<i>linkes Ufer</i>	<i>rechtes Ufer</i>	
<i>Uferaufbau</i>	natürlich	natürlich	
<i>Uferneigung</i>	flach-steil	flach-steil	
<i>Uferbewuchs</i>	Bäume/Sträucher/Gras	Bäume/Sträucher/Gras	
<i>Umland</i>	Wald	<i>Einleitung oberhalb</i>	unbekannt
<i>Schutzwasserbauliche</i>	keine	<i>See im Flusskontinuum</i>	nein

Morphologische Daten			
<i>Maßnahmen</i>		<i>oberhalb</i>	
Hydraulische Bedingungen			
<i>Mittl. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,30	<i>Strömungsbild</i>	aufgelöst
<i>Max. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,55		
Physikalischer Befund			
<i>Temperatur [°C]</i>	6,1	<i>Leitfähigkeit [µS]</i>	155,7
<i>pH-Wert</i>	8,6	<i>O₂Sättigung [%]</i>	99,3 (11,81 mg/l)
Wetter			
<i>Wetterlage vor Probenahme</i>	wechselhaft	<i>Lichtverhältnisse</i>	bedeckt
<i>Witterung bei Probenahme</i>	nieseln	<i>Bewölkung [%]</i>	
<i>Wind</i>	windstill		
Hydrographie aktuell			
<i>Abflusssituation</i>	MQ	<i>Tendenz Wasserführung</i>	gleichbleibend
<i>Schwall/Sunk Verhältnis</i>	nein	<i>Bezugspegel</i>	
Organoleptischer Befund, reduzierte Bed. und Aufwuchsbefund			
<i>Schwimm- & Schwebstoffe</i>	-	<i>nicht mineral. Trübe</i>	-
<i>Verfärbung</i>	-	<i>Geruch (Wasser)</i>	-
<i>Schaumbildung</i>	-	<i>Grobverunreinigungen</i>	-
<i>Reduzierte Bed. Lenitisch (<0,25 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (0,25-0,75 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (>0,75 m/s)</i>			-
<i>Abwasserbakterien, Abwasserpilze frei sichtbar</i>			-
<i>Schwefelbakterien frei sichtbar</i>			-
<i>Wimpertier-Kolonien frei sichtbar</i>			-
Substratzusammensetzung			
Megalithal [%]	5		
Makrolithal [%]	45		
Mesolithal [%]	45		
Akal [%]	5		

Große Rodl – Versandungsklasse 2 (Flachbett Typ)

Die beeinträchtigte Stelle (Flachbett Typ) der Versandungsklasse 2 wurde auf Höhe des Bahnhofs Rottenegg Bruckhäuseln auf einer Seehöhe von ca. 268 m beprobt. Die Rodl zeigt hier einen gestreckten Verlauf, wobei das Gewässer im Beprobungsabschnitt in Abständen von 25 bis 75 m mit Sohlschwellen versehen ist. Das Sohlsubstrat ist in der Flussmitte von Mesolithal dominiert, in den Uferbereichen nimmt aufgrund der stark abnehmenden Fließgeschwindigkeiten, der Feinsedimentanteil in Form von Akal stark zu. Die Ufervegetation ist in erster Linie von Gras geprägt, wobei am orografisch rechten Ufer eine Blockwurfmauer anschließt.



Abbildung 293: Untersuchungsstelle Gr. Rodl, Versandungsklasse 2 (Plane-Bed Typ)

Weitere detaillierte Angaben zur Probenstelle sind dem Probenahmeprotokoll zu entnehmen:

Untersuchungsstelle			
<i>Gewässername</i>	Große Rodl	<i>Gemeinde</i>	A-4112
<i>Untersuchungsstelle</i>	Versandungsklasse 2 / Flachbett Typ	<i>Koordinaten</i>	N 48°21'40" O 14°08'06"
<i>Datum</i>	16.04.2014		
<i>Entnahmezeit</i>	12:00	<i>Seehöhe [m]</i>	268
<i>MZB: Bioregion</i>	12	<i>Flussordnungszahl</i>	5
<i>Saprobieller Grundzustand</i>	1,75	<i>Einzugsgebiet [km²]</i>	100-1000
<i>Innere Differenzierung</i>	EZ-Kl. 2	<i>Flusskilometer</i>	-
Morphologische Daten			
<i>Mittlere Gewässertiefe [m]</i>	0,35	<i>Max. Gewässertiefe [m]</i>	0,50
<i>Gewässerbreite [m]</i>	12		
	<i>linkes Ufer</i>	<i>rechtes Ufer</i>	
<i>Uferaufbau</i>	naturnah	naturnah	
<i>Uferneigung</i>	flach-steil	flach-steil	
<i>Uferbewuchs</i>	Gras	Gras	
<i>Umland</i>	Siedlung, Bahnhof	<i>Einleitung oberhalb</i>	unbekannt
<i>Schutzwasserbauliche Maßnahmen</i>	Uferschutzmauer	<i>See im Flusskontinuum oberhalb</i>	nein

Hydraulische Bedingungen			
<i>Mittl. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,20	<i>Strömungsbild</i>	aufgelöst
<i>Max. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,35		
Physikalischer Befund			
<i>Temperatur [°C]</i>	6,1	<i>Leitfähigkeit [µS]</i>	167,9
<i>pH-Wert</i>	8,65	<i>O₂Sättigung [%]</i>	100,3 (12,33 mg/l)
Wetter			
<i>Wetterlage vor Probenahme</i>	wechselhaft	<i>Lichtverhältnisse</i>	bedeckt
<i>Witterung bei Probenahme</i>	nieseln	<i>Bewölkung [%]</i>	
<i>Wind</i>	windstill		
Hydrographie aktuell			
<i>Abflusssituation</i>	MQ	<i>Tendenz Wasserführung</i>	gleichbleibend
<i>Schwall/Sunk Verhältnis</i>	nein	<i>Bezugspegel</i>	
Organoleptischer Befund, reduzierte Bed. und Aufwuchsbefund			
<i>Schwimm- & Schwebstoffe</i>	-	<i>nicht mineral. Trübe</i>	-
<i>Verfärbung</i>	-	<i>Geruch (Wasser)</i>	-
<i>Schaumbildung</i>	-	<i>Grobverunreinigungen</i>	-
<i>Reduzierte Bed. Lenitisch (<0,25 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (0,25-0,75 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (>0,75 m/s)</i>			-
<i>Abwasserbakterien, Abwasserpilze frei sichtbar</i>			-
<i>Schwefelbakterien frei sichtbar</i>			-
<i>Wimpertier-Kolonien frei sichtbar</i>			-
Substratzusammensetzung			
Megalithal [%]	5		
Makrolithal [%]	10		
Mesolithal [%]	45		
Mikrolithal [%]	5		
Akal [%]	35		

10.3.3. Gusen

Die Gusen wurde am 16.04.2014 auf Höhe Katsdorf (Referenzstelle) und Schörgendorf (beeinträchtigte Stelle) beprobt. Die Flussordnungszahl liegt an beiden Untersuchungsstellen bei 5.

Gusen – Referenz (Flachbett Typ)

Die Referenzstelle (Flachbett Typ) wurde bei Katsdorf auf einer Seehöhe von ca. 280 m beprobt. Das Gewässer zeigt einen gestreckten Verlauf, die Umlandnutzung ist von Acker- und Wiesenflächen geprägt, die Uferstruktur ist rechtsufrig natürlich geprägt, am linken Ufer ist eine Sicherung durch Blockwurf gegeben. Der Referenzabschnitt liegt unmittelbar unterhalb einer Sohlrampe, zeigt nur für wenige hundert Meter eine geringe Beeinflussung durch erhöhte Feinsedimenteinträge und wurde lediglich für die MHS-Beprobung herangezogen. Das Sohlsubstrat ist von Meso- und Mikrolithal dominiert, der Feinsedimentanteil (Psammal und Akal) liegt bei ca. 10 %.



Abbildung 294: Untersuchungsstelle Gusen, Referenz (Flachbett Typ)

Weitere detaillierte Angaben zur Probenstelle sind dem Probenahmeprotokoll zu entnehmen:

Untersuchungsstelle			
<i>Gewässername</i>	Gusen	<i>Gemeinde</i>	A-4223
<i>Untersuchungsstelle</i>	Referenz / Flachbett Typ	<i>Koordinaten</i>	N 48°18'50" O 14°29'04"
<i>Datum</i>	16.04.2014		
<i>Entnahmezeit</i>	16:00	<i>Seehöhe [m]</i>	280
<i>MZB: Bioregion</i>	12	<i>Flussordnungszahl</i>	5
<i>Saprobialer Grundzustand</i>	1,75	<i>Einzugsgebiet [km²]</i>	100-1000
<i>Innere Differenzierung</i>	EZ-Kl. 2	<i>Flusskilometer</i>	-
Morphologische Daten			
<i>Mittlere Gewässertiefe [m]</i>	0,15	<i>Max. Gewässertiefe [m]</i>	0,30
<i>Gewässerbreite [m]</i>	8		
	<i>linkes Ufer</i>	<i>rechtes Ufer</i>	
<i>Uferaufbau</i>	Naturnah, tw. Blockwurf	natürlich	
<i>Uferneigung</i>	steil	flach-steil	
<i>Uferbewuchs</i>	Gras	Gras, Sträucher, Bäume	

Morphologische Daten			
<i>Umland</i>	Ackerland, Grünland	<i>Einleitung oberhalb</i>	unbekannt
<i>Schutzwasserbauliche Maßnahmen</i>	Uferschutzmauer	<i>See im Flusskontinuum oberhalb</i>	nein
Hydraulische Bedingungen			
<i>Mittl. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,35	<i>Strömungsbild</i>	aufgelöst
<i>Max. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,55		
Physikalischer Befund			
<i>Temperatur [°C]</i>	6,1	<i>Leitfähigkeit [µS]</i>	329
<i>pH-Wert</i>	8,5	<i>O₂Sättigung [%]</i>	103,3 (11,9 mg/l)
Wetter			
<i>Wetterlage vor Probenahme</i>	wechselhaft	<i>Lichtverhältnisse</i>	bedeckt
<i>Witterung bei Probenahme</i>	Regenschauer	<i>Bewölkung [%]</i>	
<i>Wind</i>	windstill		
Hydrographie aktuell			
<i>Abflusssituation</i>	MQ	<i>Tendenz Wasserführung</i>	gleichbleibend
<i>Schwall/Sunk Verhältnis</i>	nein	<i>Bezugspegel</i>	
Organoleptischer Befund, reduzierte Bed. und Aufwuchsbefund			
<i>Schwimm- & Schwebstoffe</i>	-	<i>nicht mineral. Trübe</i>	-
<i>Verfärbung</i>	-	<i>Geruch (Wasser)</i>	-
<i>Schaumbildung</i>	-	<i>Grobverunreinigungen</i>	-
<i>Reduzierte Bed. Lenitisch (<0,25 m/s)</i>			ja
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (0,25-0,75 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (>0,75 m/s)</i>			-
<i>Abwasserbakterien, Abwaspilze frei sichtbar</i>			-
<i>Schwefelbakterien frei sichtbar</i>			-
<i>Wimpertier-Kolonien frei sichtbar</i>			-
Substratzusammensetzung			
<i>Makrolithal [%]</i>	5		
<i>Mesolithal [%]</i>	55		
<i>Mikrolithal [%]</i>	30		
<i>Akal [%]</i>	5		
<i>Psammal [%]</i>	5		

Gusen – Versandungsklasse 3+ (Flachbett Typ)

Die versandete Untersuchungsstelle an der Gusen zeigt mit Klasse 3+ den höchsten Versandungsgrad aller untersuchten Abschnitte dieser Studie. Das Gewässer zeigt bei Schörgendorf (Seehöhe: 272 m) einen gestreckten bis pendelnden Verlauf. Die Uferstruktur ist weitgehend natürlich geprägt, der Gehölzsaum ist einige Meter breiter als an der Referenzstelle. Die Umlandnutzung ist von Acker- und Wiesenflächen geprägt. Das Sohls substrat ist von Feinsedimenten (< Akal) dominiert, in den Uferbereichen war zum Zeitpunkt der Probenahme zahlreiche Totholzansammlungen zu finden.



Abbildung 295: Untersuchungsstelle Gusen, Versandungsklasse 3+ (Flachbett Typ)

Weitere detaillierte Angaben zur Probenstelle sind dem Probenahmeprotokoll zu entnehmen:

Untersuchungsstelle			
Gewässername	Gusen	Gemeinde	A-4222
Untersuchungsstelle	Versandungsklasse 3+ / Flachbett Typ	Koordinaten	N 48°17'43" O 14°28'26"
Datum	16.04.2014		
Entnahmezeit	18:00	Seehöhe [m]	272
MZB: Bioregion	12	Flussordnungszahl	5
Saprobieller Grundzustand	1,75	Einzugsgebiet [km ²]	100-1000
Innere Differenzierung	EZ-Kl. 2	Flusskilometer	-
Morphologische Daten			
Mittlere Gewässertiefe [m]	0,3	Max. Gewässertiefe [m]	0,70
Gewässerbreite [m]	7		
	<i>linkes Ufer</i>	<i>rechtes Ufer</i>	
Uferaufbau	natürlich	natürlich	
Uferneigung	flach-steil	flach-steil	
Uferbewuchs	Gras, Sträucher, Bäume	Gras, Sträucher, Bäume	
Umland	Siedlung, Ackerland	Einleitung oberhalb	unbekannt
Schutzwasserbauliche Maßnahmen	tw. Blockwurf	See im Flusskontinuum oberhalb	nein

Hydraulische Bedingungen			
Mittl. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	0,40	Strömungsbild	aufgelöst
Max. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	0,75		
Physikalischer Befund			
Temperatur [°C]	8,5	Leitfähigkeit [μ S]	329,9
pH-Wert	8,5	O ₂ Sättigung [%]	103,7 (11,92 mg/l)
Wetter			
Wetterlage vor Probenahme	wechselhaft	Lichtverhältnisse	bewölkt
Witterung bei Probenahme	heiter	Bewölkung [%]	40%
Wind	windstill		
Hydrographie aktuell			
Abflusssituation	MQ	Tendenz Wasserführung	gleichbleibend
Schwall/Sunk Verhältnis	nein	Bezugspegel	
Organoleptischer Befund, reduzierte Bed. und Aufwuchsbefund			
Schwimm- & Schwebstoffe	-	nicht mineral. Trübe	-
Verfärbung	-	Geruch (Wasser)	-
Schaumbildung	-	Grobverunreinigungen	-
Reduzierte Bed. Lenitisch (<0,25 m/s)		ja	
Reduzierte Bed. Lotisch (0,25-0,75 m/s)		-	
Reduzierte Bed. Lotisch (>0,75 m/s)		-	
Abwasserbakterien, Abwasserpilze frei sichtbar		-	
Schwefelbakterien frei sichtbar		-	
Wimpertier-Kolonien frei sichtbar		-	
Substratzusammensetzung			
Mikrolithal [%]	10		
Akal [%]	45		
Psammal [%]	35		
Psammopelal [%]	5		
Pelal [%]	5		

10.3.4. Kleine Mühl

An der Kleinen Mühl wurden lediglich versandete Abschnitte beprobt. Im Bereich Diendorf (Versandungsklasse 3) indiziert das Gewässer die Flussordnungszahl 3, auf Höhe Krondorf/Hühnergeschrei (Versandungsklasse 2) die Flussordnungszahl 5.

Kleine Mühl – Versandungsklasse 2 (Furt/Kolk Typ)

Die Kleine Mühl wurde bei Krondorf auf einer Seehöhe von 444 m beprobt. Die Uferstruktur ist natürlich, das Umland Wald- und Wiesenflächen geprägt. Das Sohlsubstrat ist von Mesrolithal und Akal (je 30%) dominiert, allerdings sind alle Korngrößen von Psammal bis Megalithal vorzufinden. Die Grobsubstrate waren zum Zeitpunkt der Probenahme Großteils mit Moos bewachsen, in den Uferbereichen waren zahlreiche Tothölzer zu finden. Die MZB-Beprobung fand am 15.04.2014 statt.



Abbildung 296: Untersuchungsstelle Kl. Mühl, Versandungsklasse 2 (Furt/Kolk Typ)

Weitere detaillierte Angaben zur Probenstelle sind dem Probenahmeprotokoll zu entnehmen:

Untersuchungsstelle			
Gewässername	Kl. Mühl	Gemeinde	A-4221
Untersuchungsstelle	Versandungsklasse 2 / Furt/Kolk Typ	Koordinaten	N 48°31'24" O 13°56'46"
Datum	15.04.2014		
Entnahmezeit	18:00	Seehöhe [m]	444
MZB: Bioregion	12	Flussordnungszahl	5
Saprobieller Grundzustand	1,75	Einzugsgebiet [km ²]	100-1000
Innere Differenzierung	EZ-Kl. 2	Flusskilometer	-
Morphologische Daten			
Mittlere Gewässertiefe [m]	0,30	Max. Gewässertiefe [m]	0,50
Gewässerbreite [m]	3,5		
	<i>linkes Ufer</i>		<i>rechtes Ufer</i>
Uferaufbau	natürlich		natürlich
Uferneigung	flach-steil		flach-steil
Uferbewuchs	Gras, Sträucher, Bäume		Gras, Sträucher, Bäume
Umland	Wald, Grünland	Einleitung oberhalb	unbekannt
Schutzwasserbauliche Maßnahmen	keine	See im Flusskontinuum oberhalb	nein

Hydraulische Bedingungen			
<i>Mittl. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,40	<i>Strömungsbild</i>	aufgelöst
<i>Max. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,65		
Physikalischer Befund			
<i>Temperatur [°C]</i>	7,2	<i>Leitfähigkeit [µS]</i>	159,3
<i>pH-Wert</i>	8,38	<i>O₂Sättigung [%]</i>	107,2 (12,44 mg/l)
Wetter			
<i>Wetterlage vor Probenahme</i>	wechselhaft	<i>Lichtverhältnisse</i>	bedeckt
<i>Witterung bei Probenahme</i>	trocken	<i>Bewölkung [%]</i>	
<i>Wind</i>	windstill		
Hydrographie aktuell			
<i>Abflusssituation</i>	MQ	<i>Tendenz Wasserführung</i>	gleichbleibend
<i>Schwall/Sunk Verhältnis</i>	nein	<i>Bezugspegel</i>	
Organoleptischer Befund, reduzierte Bed. und Aufwuchsbefund			
<i>Schwimm- & Schwebstoffe</i>	-	<i>nicht mineral. Trübe</i>	-
<i>Verfärbung</i>	-	<i>Geruch (Wasser)</i>	-
<i>Schaumbildung</i>	-	<i>Grobverunreinigungen</i>	-
<i>Reduzierte Bed. Lenitisch (<0,25 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (0,25-0,75 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (>0,75 m/s)</i>			-
<i>Abwasserbakterien, Abwasserpilze frei sichtbar</i>			-
<i>Schwefelbakterien frei sichtbar</i>			-
<i>Wimpertier-Kolonien frei sichtbar</i>			-
Substratzusammensetzung			
Megalithal [%]	5		
Makrolithal [%]	15		
Mesolithal [%]	30		
Mikrolithal [%]	10		
Akal [%]	30		
Psammal [%]	10		

Kleine Mühl – Versandungsklasse 3 (Flachbett Typ)

Die zweite Untersuchungsstelle an der Kleinen Mühl ist der Versandungsklasse 3 zuzuordnen und wurde am 14.04.2014 beprobt. Die Probenstelle liegt auf einer Seehöhe von 493 m, wobei das Gewässer einen gestreckten Verlauf zeigt. Das Umland ist durch Wiesenflächen geprägt, wobei die Flächen bis zum Ufer landwirtschaftlich genutzt werden und kein Ufergehölz-Saum vorzufinden ist. Die daraus resultierenden Uferabbrüche tragen in diesem stark versandeten Abschnitt zu ständiger Sedimentation feinkörniger Sohlsubstrate bei. So lassen sich in diesem Bereich lediglich Korngrößen von Pelal bis Akal finden. Das Sediment ist generell sehr weich und stellenweise mit Makrophyten bewachsen.

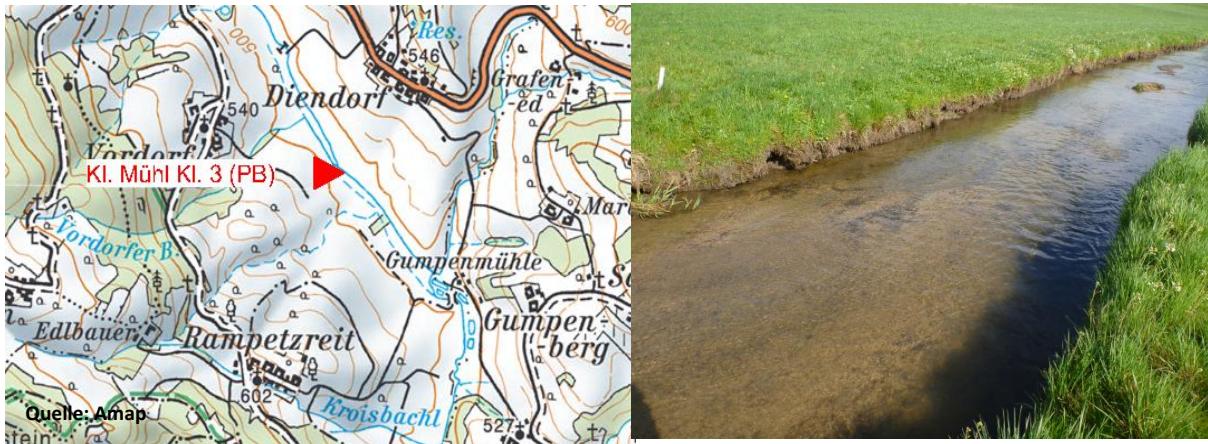


Abbildung 297: Untersuchungsstelle Kl. Mühl, Versandungsklasse 3 (Flachbett Typ)

Weitere detaillierte Angaben zur Probenstelle sind dem Probenahmeprotokoll zu entnehmen:

Untersuchungsstelle			
Gewässername	Kl. Mühl	Gemeinde	A-4153
Untersuchungsstelle	Versandungsklasse 3 / Flachbett Typ	Koordinaten	N 48°36'02" O 13°54'48"
Datum	14.04.2014		
Entnahmezeit	17:00	Seehöhe [m]	493
MZB: Bioregion	12	Flussordnungszahl	3
Saprobieller Grundzustand	1,75	Einzugsgebiet [km ²]	10-100
Innere Differenzierung	EZ-Kl. 1	Flusskilometer	-
Morphologische Daten			
Mittlere Gewässertiefe [m]	0,40	Max. Gewässertiefe [m]	0,75
Gewässerbreite [m]	3		
	<i>linkes Ufer</i>		<i>rechtes Ufer</i>
Uferaufbau	naturnah		naturnah
Uferneigung	steil		steil
Uferbewuchs	Gras		Gras
Umland	Grünland	Einleitung oberhalb	unbekannt
Schutzwasserbauliche Maßnahmen	keine	See im Flusskontinuum oberhalb	nein

Hydraulische Bedingungen			
<i>Mittl. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,25	<i>Strömungsbild</i>	aufgelöst
<i>Max. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,58		
Physikalischer Befund			
<i>Temperatur [°C]</i>	9,5	<i>Leitfähigkeit [µS]</i>	200,2
<i>pH-Wert</i>	8,26	<i>O₂Sättigung [%]</i>	94,6 (10,19 mg/l)
Wetter			
<i>Wetterlage vor Probenahme</i>	wechselhaft	<i>Lichtverhältnisse</i>	bewölkt
<i>Witterung bei Probenahme</i>	trocken	<i>Bewölkung [%]</i>	50%
<i>Wind</i>	windstill		
Hydrographie aktuell			
<i>Abflusssituation</i>	MQ	<i>Tendenz Wasserführung</i>	gleichbleibend
<i>Schwall/Sunk Verhältnis</i>	nein	<i>Bezugspegel</i>	
Organoleptischer Befund, reduzierte Bed. und Aufwuchsbefund			
<i>Schwimm- & Schwebstoffe</i>	-	<i>nicht mineral. Trübe</i>	-
<i>Verfärbung</i>	-	<i>Geruch (Wasser)</i>	-
<i>Schaumbildung</i>	-	<i>Grobverunreinigungen</i>	-
<i>Reduzierte Bed. Lenitisch (<0,25 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (0,25-0,75 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (>0,75 m/s)</i>			-
<i>Abwasserbakterien, Abwasserpilze frei sichtbar</i>			-
<i>Schwefelbakterien frei sichtbar</i>			-
<i>Wimpertier-Kolonien frei sichtbar</i>			-
Substratzusammensetzung			
<i>Akal [%]</i>	55		
<i>Psammal [%]</i>	35		
<i>Psammopelal [%]</i>	10		

10.3.5. Osterbach

Der Osterbach wurde in einem Referenzabschnitt und einem versandeten Abschnitt beprobt, wobei der Referenzabschnitt ca. 1,5 km unterhalb des versandeten liegt. Die Flussordnungszahl erhöht sich dabei von 3 auf 4. Beide Untersuchungsstellen befinden sich in der Gemeinde Kollerschlag direkt an der Grenze zu Bayern und wurden am 14.04.2014 beprobt.

Osterbach – Referenz (Furt/Kolk Typ)

Im Referenzabschnitt, auf einer Seehöhe von 613 m, zeigt der Osterbach einen mäandrierenden Verlauf, das Umland ist von Wald- und Wiesenflächen geprägt. Die Uferstruktur ist weitgehend natürlich aber spärlich mit Ufergehölzen bewachsen. Das Sohlsubstrat ist von Mesolithal dominiert, der Feinsedimentanteil (Akal) liegt bei 5 %.



Abbildung 298: Untersuchungsstelle Osterbach, Referenz (Furt/Kolk Typ)

Weitere detaillierte Angaben zur Probenstelle sind dem Probenahmeprotokoll zu entnehmen:

Untersuchungsstelle			
<i>Gewässername</i>	Osterbach	<i>Gemeinde</i>	A-4154
<i>Untersuchungsstelle</i>	Referenz / Furt/Kolk Typ	<i>Koordinaten</i>	N 48°36'31" O 13°48'37"
<i>Datum</i>	14.04.2014		
<i>Entnahmezeit</i>	13:00	<i>Seehöhe [m]</i>	613
<i>MZB: Bioregion</i>	12	<i>Flussordnungszahl</i>	4
<i>Saprobialer Grundzustand</i>	1,5	<i>Einzugsgebiet [km²]</i>	10-100
<i>Innere Differenzierung</i>	-	<i>Flusskilometer</i>	-
Morphologische Daten			
<i>Mittlere Gewässertiefe [m]</i>	0,30	<i>Max. Gewässertiefe [m]</i>	0,60
<i>Gewässerbreite [m]</i>	5		
	<i>linkes Ufer</i>	<i>rechtes Ufer</i>	
<i>Uferaufbau</i>	natürlich	natürlich	
<i>Uferneigung</i>	flach-steil	flach-steil	
<i>Uferbewuchs</i>	Gras, Sträucher, Bäume	Gras, Sträucher, Bäume	

Morphologische Daten			
<i>Umland</i>	Wald, Grünland	<i>Einleitung oberhalb</i>	unbekannt
<i>Schutzwasserbauliche Maßnahmen</i>	keine	<i>See im Flusskontinuum oberhalb</i>	nein
Hydraulische Bedingungen			
<i>Mittl. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,30	<i>Strömungsbild</i>	aufgelöst
<i>Max. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]</i>	0,80		
Physikalischer Befund			
<i>Temperatur [°C]</i>	8,4	<i>Leitfähigkeit [µS]</i>	125,3
<i>pH-Wert</i>	8,87	<i>O₂Sättigung [%]</i>	100 (11,36 mg/l)
Wetter			
<i>Wetterlage vor Probenahme</i>	wechselhaft	<i>Lichtverhältnisse</i>	bedeckt
<i>Witterung bei Probenahme</i>	Regenschauer	<i>Bewölkung [%]</i>	
<i>Wind</i>	windstill		
Hydrographie aktuell			
<i>Abflusssituation</i>	MQ	<i>Tendenz Wasserführung</i>	gleichbleibend
<i>Schwall/Sunk Verhältnis</i>	nein	<i>Bezugspegel</i>	
Organoleptischer Befund, reduzierte Bed. und Aufwuchsbefund			
<i>Schwimm- & Schwebstoffe</i>	-	<i>nicht mineral. Trübe</i>	-
<i>Verfärbung</i>	-	<i>Geruch (Wasser)</i>	-
<i>Schaumbildung</i>	-	<i>Grobverunreinigungen</i>	-
<i>Reduzierte Bed. Lenitisch (<0,25 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (0,25-0,75 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (>0,75 m/s)</i>			-
<i>Abwasserbakterien, Abwaspilze frei sichtbar</i>			-
<i>Schwefelbakterien frei sichtbar</i>			-
<i>Wimpertier-Kolonien frei sichtbar</i>			-
Substratzusammensetzung			
Makrolithal [%]	15		
Mesolithal [%]	70		
Mikrolithal [%]	10		
Akal [%]	5		

Osterbach – Versandungsklasse 3 (Furt/Kolk Typ)

Der oberhalb der Referenzstelle auf einer Seehöhe von 621 m liegende versandete Abschnitt zeigt einen pendelnden Verlauf. Das Umland ist von Wald- und Wiesenflächen geprägt, die Uferbereiche sind wie auch im Referenzabschnitt nur spärlich mit Ufergehölzen bewachsen. Das Sohlsubstrat ist von Akal (90 %) mit geringem Psammal-Anteil geprägt.



Abbildung 299: Untersuchungsstelle Osterbach, Versandungsklasse 3 (Furt/Kolk Typ)

Weitere detaillierte Angaben zur Probenstelle sind dem Probenahmeprotokoll zu entnehmen:

Untersuchungsstelle			
Gewässername	Osterbach	Gemeinde	A-4154
Untersuchungsstelle	Referenz / Furt/Kolk Typ	Koordinaten	N 48°35'49" O 13°48'06"
Datum	14.04.2014		
Entnahmezeit	13:00	Seehöhe [m]	621
MZB: Bioregion	12	Flussordnungszahl	3
Saprobieller Grundzustand	1,5	Einzugsgebiet [km ²]	10-100
Innere Differenzierung	-	Flusskilometer	-
Morphologische Daten			
Mittlere Gewässertiefe [m]	0,20	Max. Gewässertiefe [m]	0,45
Gewässerbreite [m]	3,5		
	linkes Ufer		rechtes Ufer
Uferaufbau	natürlich		natürlich
Uferneigung	flach-steil		flach-steil
Uferbewuchs	Gras, Sträucher, Bäume		Gras, Sträucher, Bäume
Umland	Wald, Grünland	Einleitung oberhalb	unbekannt
Schutzwasserbauliche Maßnahmen	keine	See im Flusskontinuum oberhalb	nein
Hydraulische Bedingungen			
Mittl. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	0,24	Strömungsbild	aufgelöst
Max. Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	0,55		

Physikalischer Befund			
<i>Temperatur [°C]</i>	7,6	<i>Leitfähigkeit [µS]</i>	123,8
<i>pH-Wert</i>	8,57	<i>O₂Sättigung [%]</i>	101,5 (11,29 mg/l)
Wetter			
<i>Wetterlage vor Probenahme</i>	wechselhaft	<i>Lichtverhältnisse</i>	bedeckt
<i>Witterung bei Probenahme</i>	trocken	<i>Bewölkung [%]</i>	
<i>Wind</i>	windstill		
Hydrographie aktuell			
<i>Abflusssituation</i>	MQ	<i>Tendenz Wasserführung</i>	gleichbleibend
<i>Schwall/Sunk Verhältnis</i>	nein	<i>Bezugspegel</i>	
Organoleptischer Befund, reduzierte Bed. und Aufwuchsbefund			
<i>Schwimm- & Schwebstoffe</i>	-	<i>nicht mineral. Trübe</i>	-
<i>Verfärbung</i>	-	<i>Geruch (Wasser)</i>	-
<i>Schaumbildung</i>	-	<i>Grobverunreinigungen</i>	-
<i>Reduzierte Bed. Lenitisch (<0,25 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (0,25-0,75 m/s)</i>			-
<i>Reduzierte Bed. Lotisch (>0,75 m/s)</i>			-
<i>Abwasserbakterien, Abwasserpilze frei sichtbar</i>			-
<i>Schwefelbakterien frei sichtbar</i>			-
<i>Wimpertier-Kolonien frei sichtbar</i>			-
Substratzusammensetzung			
<i>Akal [%]</i>	90		
<i>Psammal [%]</i>	10		

10.4. Probennahme und -bearbeitung

10.4.1. Multi-Habitat-Sampling

Das Multi-Habitat-Sampling ist eine standardisierte, WRRL konforme Methode zur Erhebung des Ökologischen Zustandes von Gewässern auf Basis des Makrozoobenthos (AQEM Consortium 2002). Es stellt eine Habitat-anteilig gewichtete Durchführung der Entnahme von Makrozoobenthos-Proben dar und umfasst die repräsentative Besammlung aller minerogenen und organischen Teillebensräume (Choriotope, siehe Tabelle 10, Tabelle 11). Auf diese Weise wird eine der Habitatausstattung einer Untersuchungsstelle entsprechende Probe der Bodenfauna entnommen.

Tabelle 10: Minerogene Choriotypen in Fließgewässern (nach Moog et al. 1999).

Minerogene Choriotope			
Abkürzung	Substrat-bezeichnung	Verbale Beschreibung	Durch-messer
HYG	Hygropetrische Stellen	dünner Wasserfilm über steinigem Substrat	
MGL	Megalithal	Große Steine, Blöcke und anstehender Fels	> 40 cm
MAL	Makrolithal (Blöcke)	Grobes Blockwerk, etwa kopfgroße Steine bis maximal 40 cm Durchmesser vorherrschend mit variablen Anteilen von Steinen, Kies und Sand	20 -40 cm
MSL	Mesolithal (Steine)	Faust- bis handgroße Steine mit variablem Kies- und Sandanteil	6,3 - 20 cm
MIL	Mikrolithal (Grobkies)	Grobkies (Taubenei- bis Kinderfaustgröße) mit Anteilen von Mittel- und Feinkies sowie Sand	2 - 6,3 cm
AKL	Akal (Kies)	Fein- und Mittelkies	0,2 - 2 cm
PSM	Psammal (Sand)	Sand	0,063 - 2 mm
PSP	Psammopelal	Mischung aus Feindsand und Pelal	
PEL	Pelal	Schllick, Schluff und Schlamm	< 0,063 mm
ARG	Argillal	Tonfraktion	

Tabelle 11: Organische Choriotypen in Fließgewässern (nach Moog et al. 1999).

Organische Choriotope		
Abkürzung	Substratbezeichnung	Verbale Beschreibung
PHY	Mikro-Algen	Aufwuchsalgen
FIL	Makro-Algen	Algenbüschel, Fadenalgen, Algenwatten
MAK	submerse Makrophyten	Submerse Wasserpflanzen, inkl. Moose, Farne und Characeen
MAK	emerse Makrophyten	z.B. <i>Thypha</i> , <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i>
LEB	lebende Pflanzenteile	Wurzelbärte, Ufergrasbüschel etc.
XYL	Xylal	Totholz, Baumstämme, Äste etc.
CPO	CPOM	Grobes partikuläres organisches Material, z.B. Fallaub
FPO	FPOM	Feines partikuläres organisches Material, Detritus
GEN	Genist	organisches und minerogenes Material nahe der Uferanschlagslinie abgelagert durch Wellenschlag, Wasserspiegelschwankungen etc., u.a. Muschel- und Schneckenschalen
SAP	Abwasserbakterien, Sapropel	Abwasserbakterien, -pilze (<i>Sphaerotilus</i> , <i>Leptomitus</i>), Schwefelbakterien (<i>Beggiatoa</i> , <i>Thiothrix</i>), Faulschlamm

Die Proben werden mit einem standardisierten Handnetz von 25 cm Kantenlänge und einer Maschenweite von 500 µm entnommen. Zur Probenentnahme wird vor dem Netz ein Flächenbereich umgewühlt, aufgewirbelt und besammelt, welcher der projizierten Grundfläche des Sammelgerätes

(25x25 cm) entspricht. Eine Gesamtprobe setzt sich aus 20 Einzelproben zusammen, die sich innerhalb der Untersuchungsstelle proportional auf all jene Habitate verteilen, die zumindest 5 % des Gewässerbodens umfassen. Habitate mit weniger als 5 % Flächenanteil werden nicht besammelt (siehe schematische Darstellung in Abbildung 300). Die 20 Einzelproben werden in einem Plastikgefäß zusammengefasst, mit Formaldehyd auf eine Endkonzentration von 4 % fixiert und ins Labor gebracht.

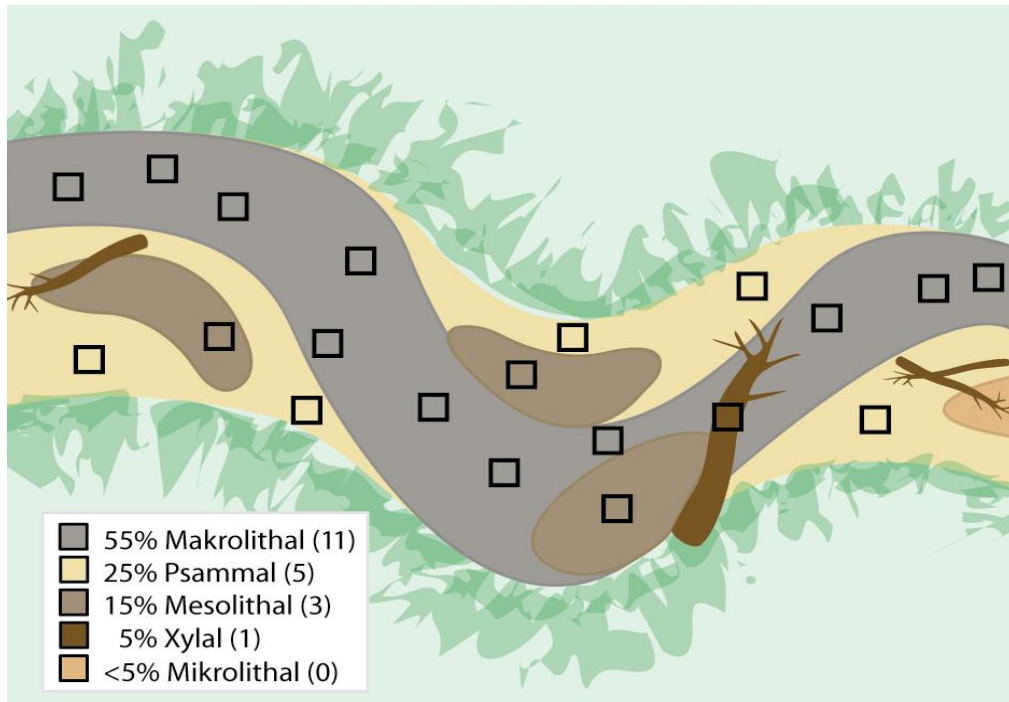


Abbildung 300: MHS-Probennahme, schematische Darstellung.

10.4.2. Habitat-bezogene Einzelproben

Die Einzelproben werden ebenfalls mit einem standardisierten Handnetz von 25 cm Kantenlänge und einer Maschenweite von 500 µm (MHS-Netz) entnommen. Nach MHS-Methode werden grundsätzlich 20 repräsentativen Teilproben, welche die Habitat-Ausprägung des Gewässers widerspiegeln, zu einer Gesamtprobe zusammengefasst, im Zuge der vorliegenden Studie werden jedoch zusätzlich verschiedene Habitat-Typen (nach Korngrößenklasse, siehe Tabelle 10) zu jeweils 4 Einzelproben beprobt und zur weiteren Bearbeitung im Labor einzeln verpackt.

Organische Habitate wie z.B. Totholz, Wurzelbärte oder Ufergräser werden ebenfalls zu je 4 Einzelproben besammelt, diese werden allerdings zu einem Kompartiment zusammengefasst (siehe schematische Darstellung in Abbildung 301).

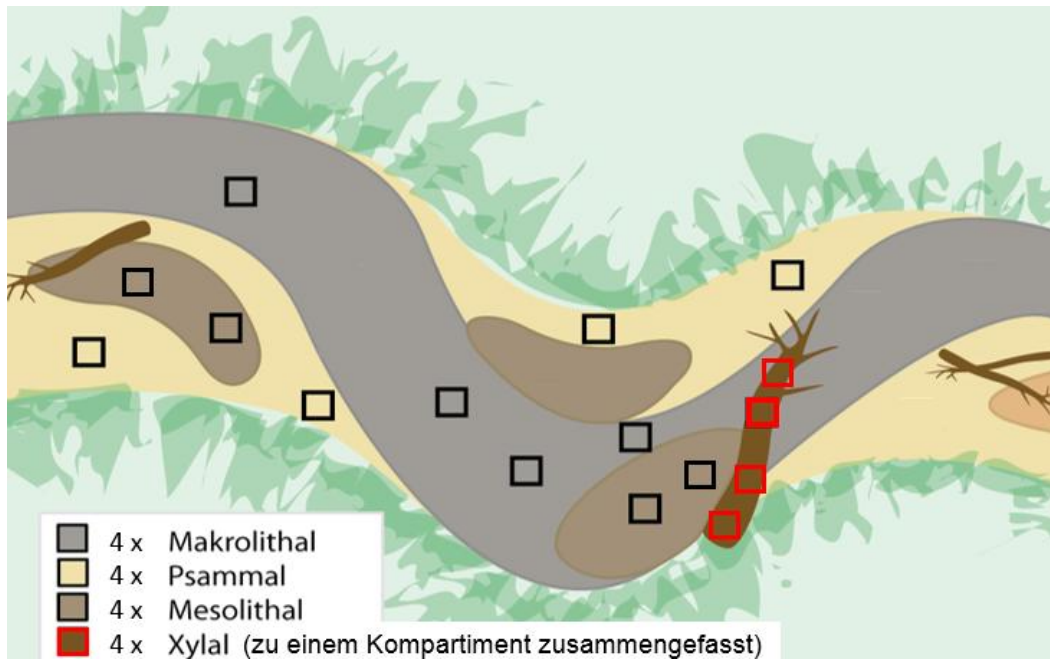


Abbildung 301: Einzelprobenahme, schematische Darstellung.

Sämtliche Proben werden in Plastikgefäßen gesammelt und mit Formaldehyd auf eine Endkonzentration von 4 % fixiert und ins Labor gebracht.

10.4.3. Probenumfang

Insgesamt wurden 12 Untersuchungsstellen beprobt, davon 5 in Referenz- und 7 in, durch Feinsedimenteintrag beeinflussten, Abschnitten. An jeder Untersuchungsstelle wurden je eine MHS-Probe und in unterschiedlicher Anzahl Habitat-spezifische Einzelproben entnommen. Demnach wurden insgesamt 12 MHS-Proben und 80 Einzelproben sowie weitere 12 Kompartimente aus je 4 Einzelproben an organischen Habitaten genommen. Aufgrund des großen Probenumfangs konnten aber lediglich 70 Einzelproben und 11 Kompartimente ausgewertet werden.

Eine detaillierte Auflistung ist aus Tabelle 12 zu entnehmen.

Tabelle 12: Probenentnahmedesign – Anzahl der Einzelproben bzw. Kompartimente pro Habitat und Probenstelle (Anzahl der ausgewerteten Proben gegebenenfalls in Klammern).

Gewässer	Untersuchungsstelle	Datum	Habitat-bezogene Einzelproben										
			MHS	Makro-/Mesolithal	Mesolithal	Mikrolithal	Akal	Akal/Psammal	Psammal	Wurzelbärte	Totholz	Ufergras	Moos
Große Mühl (Michelbach)	Versandet (Klasse 3-3+)	15.04.14	1			4(3)	4	4(3)			1*		
	Referenz (Furt/Kolk)	15.04.14	1			4	4				1*		
	Versandet (Klasse 2-3)	15.04.14	1	4								1(0)*	
	Referenz (Flachbett)	15.04.14	1	4								1*	
Große Rodl	Referenz	16.04.14	1		4(3)					1*			

Gewässer	Untersuchungsstelle	Datum	Habitat-bezogene Einzelproben											
			MHS	Makro-/Mesolithal	Mesolithal	Mikrolithal	Akal	Akal/Psammal	Psammal	Wurzelbärte	Totholz	Ufergras	Moos	
	Versandet (Klasse 2)	16.04.14	1		4(3)			4(3)				1*		
Gusen	Referenz	16.04.14	1											
	Versandet (Klasse 3+)	16.04.14	1			4(3)	4(3)					1*		
Kleine Mühl	Versandet (Klasse 2)	15.04.14	1	4(3)	4(3)						1*			
	Versandet (Klasse 3)	14.04.14	1				4		4 +MP					
Osterbach	Referenz	14.04.14	1		4	4					1*	1*		
	Versandet (Klasse 3)	14.04.14	1				4		4		1*			1*

* 4 Einzelproben zu einer Gesamtprobe zusammengefasst; MP=Makrophytenbewuchs

10.4.4. Probenaufbereitung und taxonomische Bestimmung

Die MZB-Proben werden nach einer zweiwöchigen Fixierzeit weiterbearbeitet.

Multi-Habitat-Proben können umfangreiches Material enthalten, wodurch die Trennung der Organismen vom Substrat vergleichsweise aufwändig sein kann. Aus Zeit- und Kostengründen werden daher bei der Probenbearbeitung für die **Vollauswertung** gegebenenfalls Teilprobentechniken gemäß AQEM/STAR (AQEM Consortium 2002) eingesetzt (Ofenböck et al. 2010). Die Zählwerte der einzelnen Taxa werden anschließend auf die Gesamtprobe hochgerechnet.

Die Bestimmung der MZB-Organismen der MHS-Proben erfolgt, soweit es das jeweilige Entwicklungsstadium und die taxonomischen Möglichkeiten zulassen, auf Artniveau. Die Bestimmung der einzelnen Großgruppen wurde von taxonomischen Fachspezialisten durchgeführt: Oligochaeta von Dr. F. Sporka; Gastropoda, Bivalvia, Ephemeroptera, Coleoptera und Crustacea von DI T. Huber; Plecoptera und Trichoptera von Dr. W. Graf; Simuliidae von DI Dr. P. Leitner; Chironomidae und restliche Diptera von Dr. B. Janecek.

Die **Einzelproben** werden vollständig aussortiert und, je nach indikatorischer Relevanz, auf unterschiedliches Bestimmungsniveau (Großgruppen, Familien, Gattung, Art) bestimmt, gezählt und die Biomassen auf Großgruppenniveau ermittelt.

10.4.5. Auswertung

Die Makrozoobenthos-Daten wurden in die Software ECOPROF, Version 4.0 (Moog et al. 2013) eingegeben, mit der auch die biologischen Kenngrößen berechnet wurden. Statistische Auswertungen wurden mit den Softwareprogrammen PASW Statistics 18 (2009) bzw. PC-ORD 5.33 (McCune & Mefford, 2006) durchgeführt.

Habitatnutzungskurven

Nutzungskurven als Form der standardisierten Häufigkeitsverteilung mit einem numerischen Wert zwischen 0 und 1 (Raleigh et al., 1986) wurden für ausgewählte MZB-Organismen erstellt (die Klasse

mit der höchsten Individuenzahl wird auf den Wert 1 standardisiert). Nutzungskurven liefern gegenüber einem singulären abiotischen Parameter (Substrattyp) generelle Informationen der Habitatnutzung und werden bei der Standardisierung an der häufigsten genutzten Klasse relativiert bewertet (Bovee & Cochnauer, 1977; Bozek & Rahel, 1992).

Non-metric Multidimensional Scaling (NMS)

Die NMS-Methode bezieht sich auf die statistische Untersuchung von Ähnlichkeiten und Unähnlichkeiten von Daten, in diesem Fall auf die Makrozoobenthoszönose der verschiedenen Untersuchungsstellen.

Ein NMS-Algorithmus beginnt mit der Erstellung einer Ähnlichkeitsmatrix und ordnet dann jeder Untersuchungsstelle seine Position in einer 2- oder 3-dimensionalen Darstellung zu. Ähnliche, als Punkt dargestellte, Stellen liegen näher beisammen, unähnliche weiter voneinander entfernt. Um die Distanzen untereinander zu messen, wurde der Sørensen (Bray & Curtis) – Koeffizient herangezogen, wobei 50 Berechnungsdurchgänge fixiert wurden. Die Daten, logarithmisch (n+1) oder Presence/Absence transformiert, werden als Streudiagramm (Scatterplot) dargestellt. Nach Kruskal (1964, in Hartung & Elpelt, 1999) werden Stress-Werte <5 als gute Ergebnisse, Werte zwischen 10 und 15 als befriedigend und Werte zwischen 15 und 20 als ausreichend beschrieben. Scatterplots mit Stresswerten größer als 20 sind instabil und sollten nicht interpretiert werden (Leyer & Wesche, 2008).

10.5. Bewertungsmethoden nach Wasserrahmenrichtlinie

Die EU Wasser-Rahmenrichtlinie (Europäische Kommission 2000) sieht eine typspezifische Bewertung der aktuellen Gewässerbeschaffenheit durch den Vergleich des Ist-Zustandes mit einem möglichst natürlichen Referenzzustand vor. Die Ausweisung der Gewässertypen richtet sich unter anderem nach den „Aquatischen Bioregionen Österreichs“ (Moog et al. 2001, Schmidt-Kloiber et al. 2002, Schmidt-Kloiber 2002) und ermöglicht eine Gebietsunterteilung der in der WRRRL ausgewiesenen europäischen Ökoregionen nach Illies (1978).

Demzufolge ist die Untersuchungsstelle der Aquatischen Bioregion 12, „Österr. Granit- und Gneisgebiet der Böhmisches Masse“ in der Ökoregion 9 „Zentrales Mittelgebirge“ zuzuordnen.

Die saprobiellen Grundzustände (Stubauer & Moog 2002, 2003) werden als weiteres Typologiekriterium zur Unterteilung der Bioregionen herangezogen. Als Fließgewässertyp wird somit die Kombination von Bioregion und saprobiellem Grundzustand (SGZ) verwendet (vgl. Ofenböck et al. 2010), wobei für gewisse Bioregionen noch eine „Innere Differenzierung“ (Einzugsgebietsgröße, Seehöhenklasse) nötig ist.

Die Kennwerte der untersuchten Gewässer in der Bioregion 12 sind aus Tabelle 13 zu entnehmen.

Tabelle 13: Einzugsgebietsgrößen in km² (EZG), Seehöhen (SH) und die entsprechenden saprobiellen Grundzustände (SGZ) sowie Innere Differenzierung (Einzugsgebietsklassen) pro Untersuchungsstelle.

Gewässer	Untersuchungsstelle	EZG [km ²]	SH [m]	SGZ	Innere Differenzierung
Große Mühl (Michelbach)	Versandet (Klasse 3-3+)	67,5	620	1,5	-
Große Mühl	Referenz	105	591	1,75	EZ-KI 2
Große Mühl	Versandet (Klasse 2-3)	213	554	1,75	EZ-KI 2
Große Mühl	Referenz	236	547	1,75	EZ-KI 2
Große Rodl	Referenz	160	507	1,75	EZ-KI 2
Große Rodl	Versandet (Klasse 2)	233,7	268	1,75	EZ-KI 2
Gusen	Referenz	247,3	280	1,75	EZ-KI 2
Gusen	Versandet (Klasse 3+)	254,8	274	1,75	EZ-KI 2
Kleine Mühl	Versandet (Klasse 2)	121,1	444	1,75	EZ-KI 2
Kleine Mühl	Versandet (Klasse 3)	35	493	1,75	EZ-KI 1
Osterbach	Referenz	36,3	613	1,5	-
Osterbach	Versandet (Klasse 3)	29,9	621	1,5	-

10.5.1. Detaillierte MZB-Methode

Der Bewertung liegen zwei Module zu Grunde, welche unterschiedliche Aspekte von Beeinträchtigungen bewerten:

- Modul Saprobie
- Modul Allgemeine Degradation

Die Bewertung der Auswirkungen organischer Verschmutzung (Modul Saprobie) auf das Makrozoobenthos erfolgt mit Hilfe des **Saprobienindex** nach Zelinka & Marvan (1961) (ÖNORM M 6232; Moog et al. 1999) auf Basis des jeweiligen leitbildbezogenen saprobiellen Grundzustandes. Für die Berechnung werden den in der Probe gefundenen und auf Artniveau bestimmten Taxa der jeweilige artspezifische Saprobienwert und die dazugehörige Gewichtung zugeordnet. Alle Einstufungen richten sich dabei nach der Fauna Aquatica Austriaca (Moog [Ed.] 2002). Das Ergebnis des Saprobienindex wird dabei unter Berücksichtigung typspezifischer Klassengrenzen in eine saprobielle Zustandsklasse überführt (Tabelle 14).

Tabelle 14: Umlegung des Saprobienindex in saprobielle Zustandsklassen in Abhängigkeit vom saprobiellen Grundzustand (SGZ).

saprobielle Zustandsklasse	Saprobienindex				
	SGZ = 1,00	SGZ = 1,25	SGZ = 1,50	SGZ = 1,75	SGZ = 2,00
1	≤ 1,0	≤ 1,25	≤ 1,50	≤ 1,75	≤ 2,00
2	1,01 - 1,65	1,26 - 1,84	1,51 - 2,03	1,76 - 2,21	2,01 - 2,40
3	1,66 - 2,30	1,85 - 2,43	2,04 - 2,55	2,22 - 2,68	2,41 - 2,80
4	2,31 - 2,95	2,44 - 3,01	2,56 - 3,08	2,69 - 3,14	2,81 - 3,2
5	> 2,95	> 3,01	> 3,08	> 3,14	> 3,2

Das Modul „Allgemeine Degradation“ spiegelt die Auswirkungen verschiedener Stressoren (Degradation der Gewässermorphologie, Stau, Restwasser, Nutzung im Einzugsgebiet, Pestizide, hormonäquivalente Stoffe, toxische Stoffe, Feinsedimentbelastung etc.) wider und besteht – je nach Gewässertyp – aus ein bis zwei multimetrischen Indices, welche drei grundlegende Problemkreise berücksichtigen:

- Potamalisierende Effekte: insbesondere Beeinträchtigungen durch Erwärmung (z.B. thermische Abwässer oder untypische Sonnenexposition), Rückstaueffekte (z.B. durch Wehranlagen oder andere Querbauwerke), Nährstoffbelastung, Feinsedimenteinträge (z.B. Oberflächenabrinn oder Winderosionen). Geeignete Kennwerte: funktionelle Metrics (z.B. Ernährungstypen-Verteilung), Artendefizite, Artenzusammensetzung, Rückgang sensibler Faunenelemente.
- Rhithralisierende Effekte: Beeinträchtigungen durch Abkühlung (z.B. Einleitung von hypolimnischen Speicherwasser), Strukturverarmung (z.B. technisch „harte“ Verbauung, Sohlpflasterung, Begradigung). Geeignete Kennwerte: Artendefizite, Artenzusammensetzung, Rückgang sensibler Faunenelemente.
- Toxische Belastungen: Geeignete Kennwerte: vorwiegend Artendefizite, Artenzusammensetzung, Rückgang sensibler Faunenelemente.

Die im Modul „Allgemeine Degradation“ errechneten multimetrischen Indices werden nach dem Schema in Tabelle 15 in eine ökologische Zustandsklasse umgelegt.

Tabelle 15: Umlegung der MMI-Werte in eine ökologische Zustandsklasse gemäß Modul „Allgemeine Degradation“.

Ökologische Zustandsklasse	MMI-Wert
sehr guter Zustand	≥ 0,8
guter Zustand	≥ 0,6 < 0,8
mäßiger Zustand	≥ 0,4 < 0,6
unbefriedigender Zustand	≥ 0,2 < 0,4
schlechter Zustand	< 0,2

Ermittlung der Ökologischen Zustandsklasse

Für die Gesamtbewertung der Untersuchungsstelle werden die Ergebnisse beider Module herangezogen, wobei der ökologische Zustand einer Untersuchungsstelle nach einem „worst case“ Ansatz aufgrund des schlechtesten Ergebnisses eines Einzelmoduls festgelegt wird.

Um Fehlinterpretationen möglichst gering zu halten, gilt bei grenzwertnahen Indexwerten einzelner Module folgende Ausnahmeregel: Wäre für die Einstufung nur ein Modul ausschlaggebend und liegt der Indexwert bei diesem Modul weniger als 0,02 Indexpunkte von der oberen Klassengrenze entfernt, so ist der „worst case“ Ansatz nicht anzuwenden.

10.5.2. Allgemeine biozönotische Parameter

Anhand der Zusammensetzung des Makrozoobenthos können die Untersuchungsstellen darüber hinaus durch die Verteilung der biozönotischen Regionen, die Zusammensetzung der Ernährungstypen und die Saprobiellen Valenzen beschrieben werden. Die Bewertung erfolgt gemäß der rechnerischen Methodik und den Einstufungen der „Fauna Aquatica Austriaca“ (Moog [Ed.] 2002) basierend auf den Daten einer MZB-Vollanalyse.

10.6. Ergebnisse

10.6.1. MHS-Proben

Substratverteilung

Anhand der Freilanderschätzung der prozentuellen Substratverteilung im Rahmen der MHS-Methode lassen sich sedimentologische Unterschiede zwischen Referenz- und versandeten Stellen darstellen. An den Referenzstellen dominiert der Choriotoptyp Mesolithal, gefolgt von Makro- bzw. Mikrolithal. In den versandeten Abschnitten ist eine Dominanz von feineren Korngrößen (\leq Akal) in Abhängigkeit von der Versandungsklasse gegeben. In den Versandungsklassen 2 sind Grob- und Feinsubstrate in ausgeglichenen Proportionen vorzufinden. Die Gr. Mühl im Abschnitt der Versandungsklasse 2-3 zeigt eine Ausnahme, da hier das Grobsubstrat zwar deutlich im Feinsediment eingebettet ist, aufgrund der Kleinflächigkeit des Feinsediments allerdings keine reinen Feinsedimentproben genommen werden konnten und somit der prozentuelle Anteil dieser Korngrößen hier nicht aufscheint.

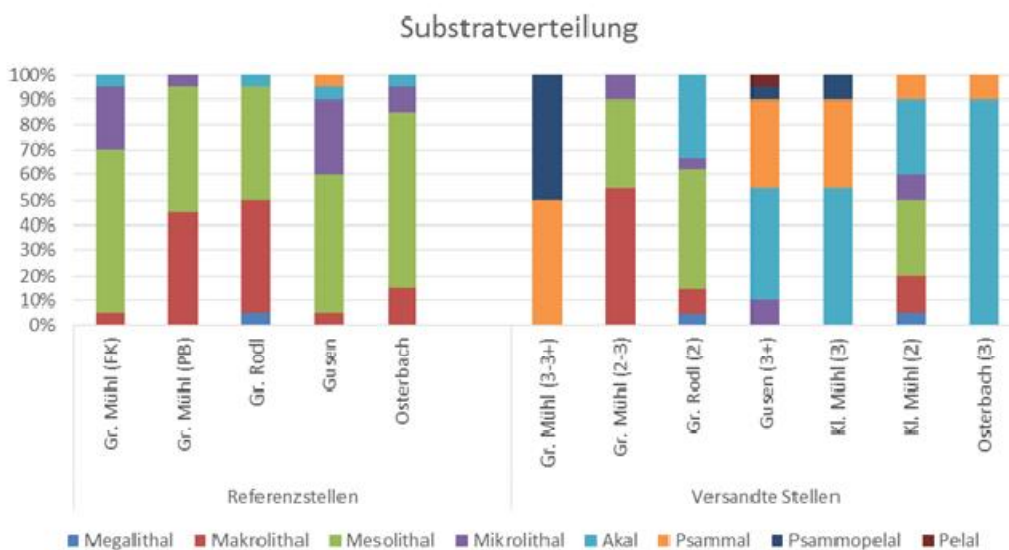


Abbildung 302: Substratverteilung pro Untersuchungsstelle.

Im Durchschnitt konnten zum Zeitpunkt der Probennahme an den Referenzstellen Feinsubstrate von Korngrößen kleiner als 2 cm (Akal) lediglich zu 5 % festgestellt werden, an den versandeten Stellen waren es jedoch etwa 66 % (Abbildung 303). Die untersuchten Referenzstellen sind vom Substrattyp Mesolithal (ca. 57 %) dominiert, die versandeten vom Substrattyp Akal (ca. 36 %).

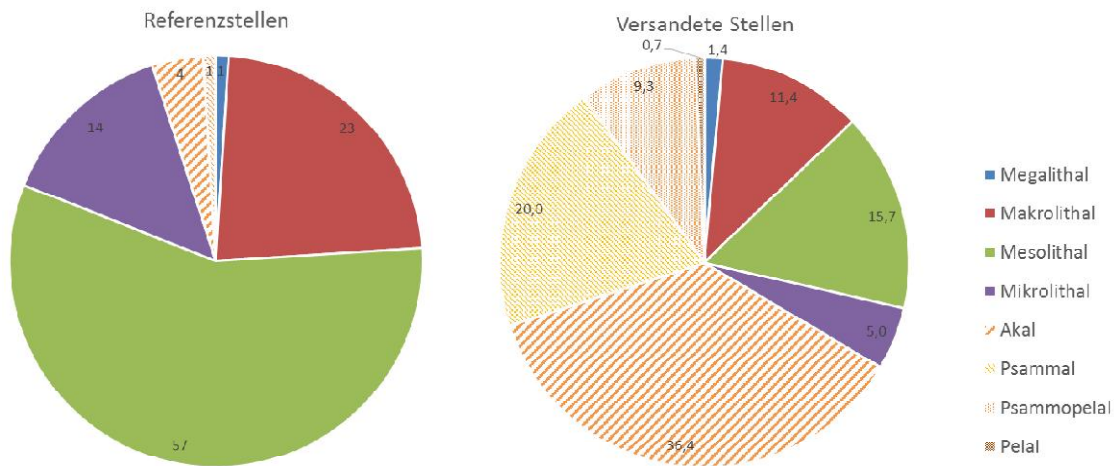


Abbildung 303: Durchschnittliche Substratverteilung an Referenz- (links) und versandeten Stellen (rechts).

Biodiversität

Insgesamt wurden an den untersuchten Stellen nach MHS-Methode 251 Taxa festgestellt, 205 an den Referenzstellen und 207 an den versandeten Stellen. Die geringere Taxazahl ist in der geringeren Anzahl an Untersuchungsstellen in den Referenzabschnitten (5 MHS) gegenüber den versandeten Abschnitten (7 MHS) begründet und auch darin, dass an der Kl. Mühl keine Referenzstelle beprobt wurde.

Der Vergleich der Gesamtaxazahlen je Großgruppe zwischen Referenz und versandeten Abschnitten ist daher grundsätzlich sehr ähnlich. In Abbildung 304 zeigt sich für beide Abschnitte eine Dominanz von Diptera-Taxa, gefolgt von Trichoptera- und Ephemeroptera-Taxa, wobei wie Großgruppe Diptera beiderseits in erster Linie von Vertretern der Familie Chironomidae geprägt ist.

Auffällig ist die fast doppelt so hohe Anzahl an Oligochaeta-Taxa sowie die Zunahme an Hirudinaea-Taxa an den versandeten Stellen.

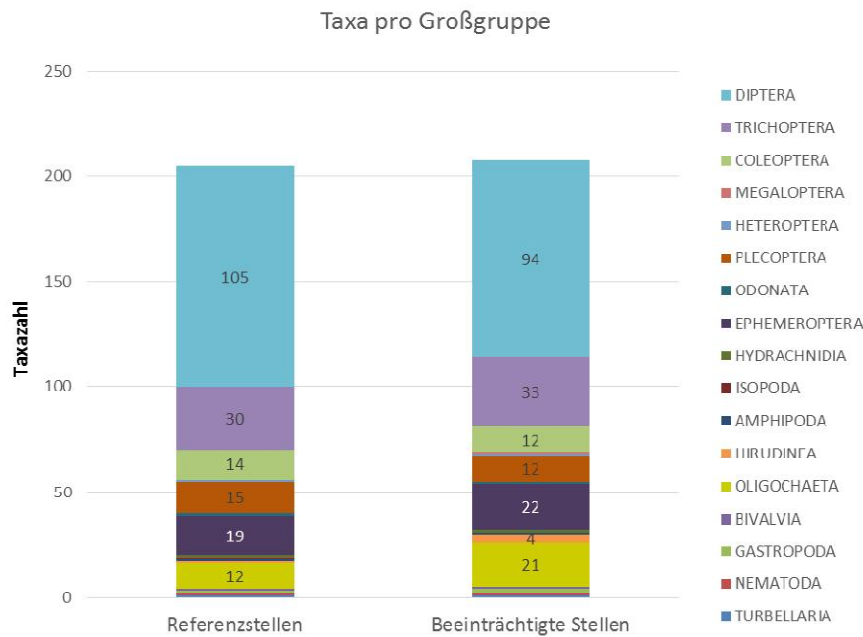


Abbildung 304: Anzahl der Gesamttaxa pro Großgruppe an Referenz- (links) und beeinträchtigten (rechts) Stellen.

Die Untersuchungsstellen der Referenzabschnitte zeigen deutlich höhere Gesamttaxazahlen (Mittelwert: 102 Taxa) als jene der versandeten Abschnitte (Mittelwert: 74 Taxa), (siehe Abbildung 305, links).

In den versandeten Abschnitten nimmt die Gesamttaxazahl mit steigender Versandungsklasse ab. So wurden in den Versandungsklassen 2 und 2-3 durchschnittlich 87 Taxa gefunden, ab Versandungsklasse 3 nur durchschnittlich 64 Taxa (Abbildung 305, rechts).

Die Taxazusammensetzung ändert sich allerdings nur geringfügig. Die Verteilung der Taxa pro Großgruppe zeigt generell sehr ähnliche Ergebnisse zwischen den Abschnitten. Eine Dominanz an Diptera-Taxa vor Trichoptera- bzw. Ephemeroptera-Taxa ist an allen Untersuchungsstellen gegeben (Abbildung 306).

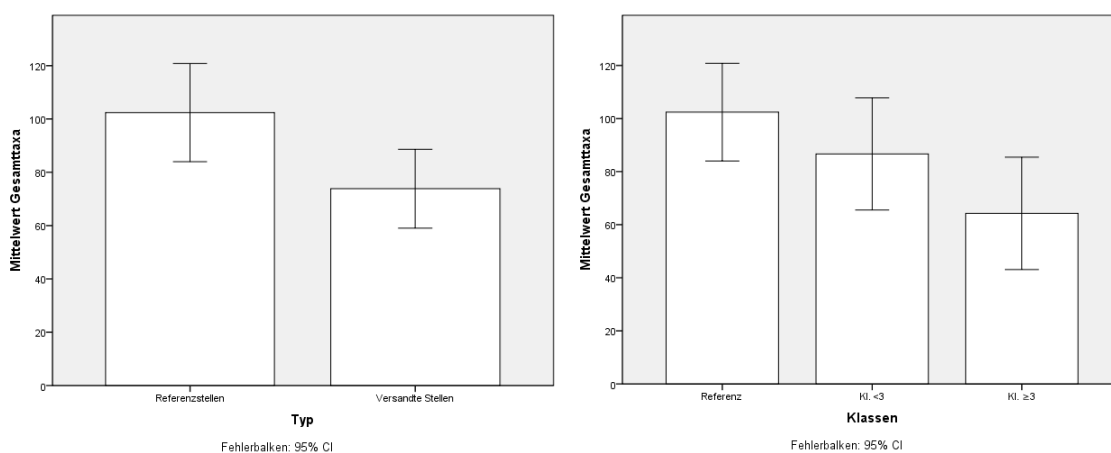


Abbildung 305: Mittlere Gesamttaxazahlen in Referenz- und versandeten Abschnitten (links); Mittlere Gesamttaxazahlen in Referenz- und versandeten Abschnitten unterschiedlicher Versandungsklassen, zusammengefasst in Klassen <3 und ≥3 (rechts); Fehlerbalken (95% Konfidenzintervall).

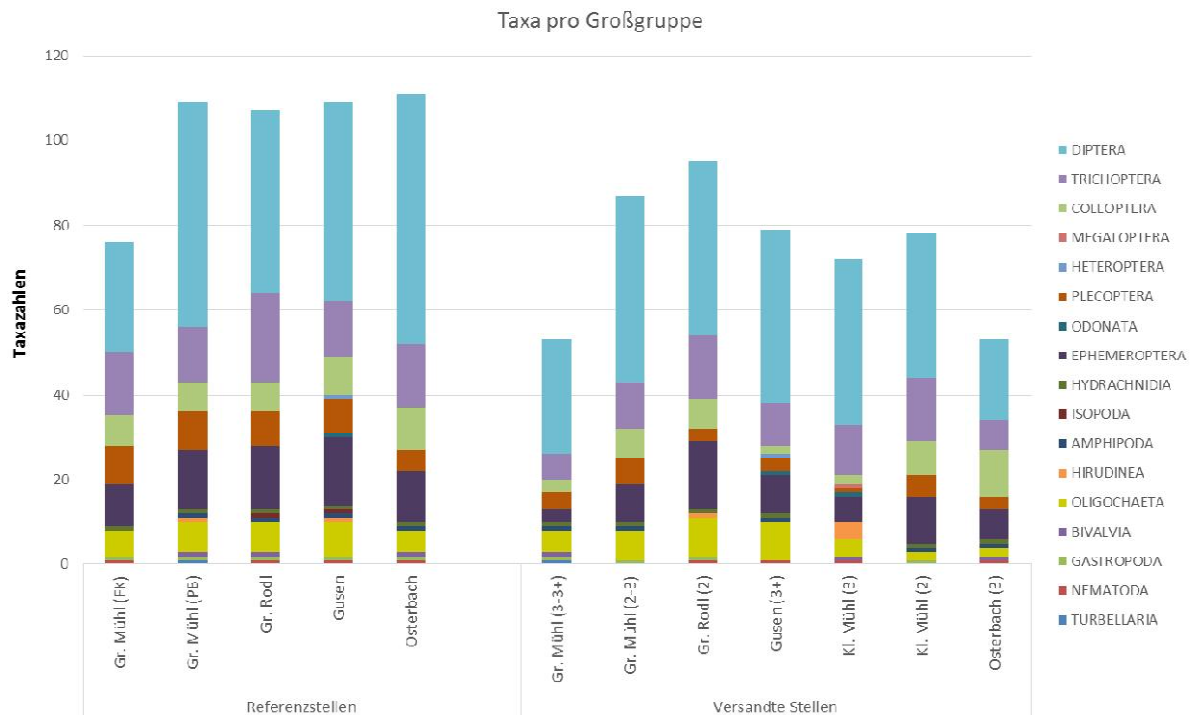


Abbildung 306: Anzahl der Taxa pro Großgruppe an den Untersuchungsstellen.

Abundanz

Die Individuenzahlen zeigen eine deutliche Abnahme zwischen Referenz- und versandeten Stellen, vor allem bei zunehmender Versandungsintensität (Abbildung 307). Allerdings wurden sehr starke Schwankungen, sowohl in den Referenz- als auch beeinträchtigten Stellen festgestellt. Mit Ausnahme der Gr. Rodl zeigt sich jedoch zwischen Referenz- und versandeten Stellen desselben Gewässers (und Ausprägungs-Typs) eine Abundanz-Abnahme, verbunden mit einer deutlichen Verschiebung der Zusammensetzung der Großgruppen (Abbildung 308).

Anhand der Verteilung der Individuen zeigt sich auch, dass die Großgruppe Diptera grundsätzlich nicht an allen Untersuchungsstellen dominiert, obwohl die Taxazahlen (siehe Abbildung 306) dieser Großgruppe immer den höchsten Anteil der jeweiligen Zönosen bilden. An der Kl. Mühl (Versandungsklasse 2) überwiegen die Anteile an Trichoptera, was auf die hohe Abundanz der Art *Brachycentrus maculatus* zurückzuführen ist, die nur an dieser Untersuchungsstelle das teilweise mit Moos bewachsene Mesolithal in diesen hohen Dichten besiedelt.

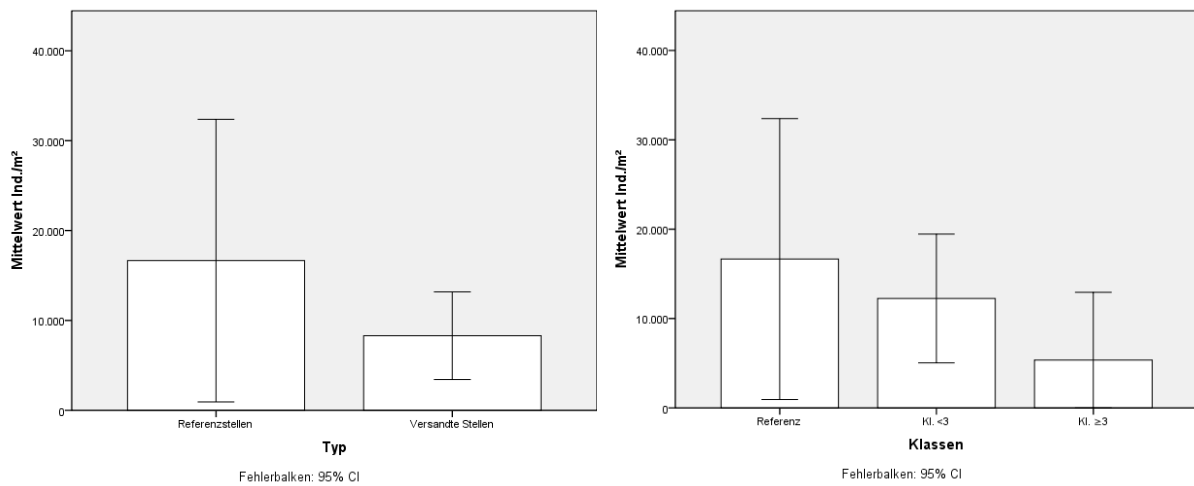


Abbildung 307: Mittlere Individuenzahlen in Referenz- und versandten Abschnitten (links) sowie in Referenz- und versandten Abschnitten unterschiedlicher Versandungsklassen, zusammengefasst in Klassengruppen <3 und ≥3 (rechts); Fehlerbalken (95% Konfidenzintervall).

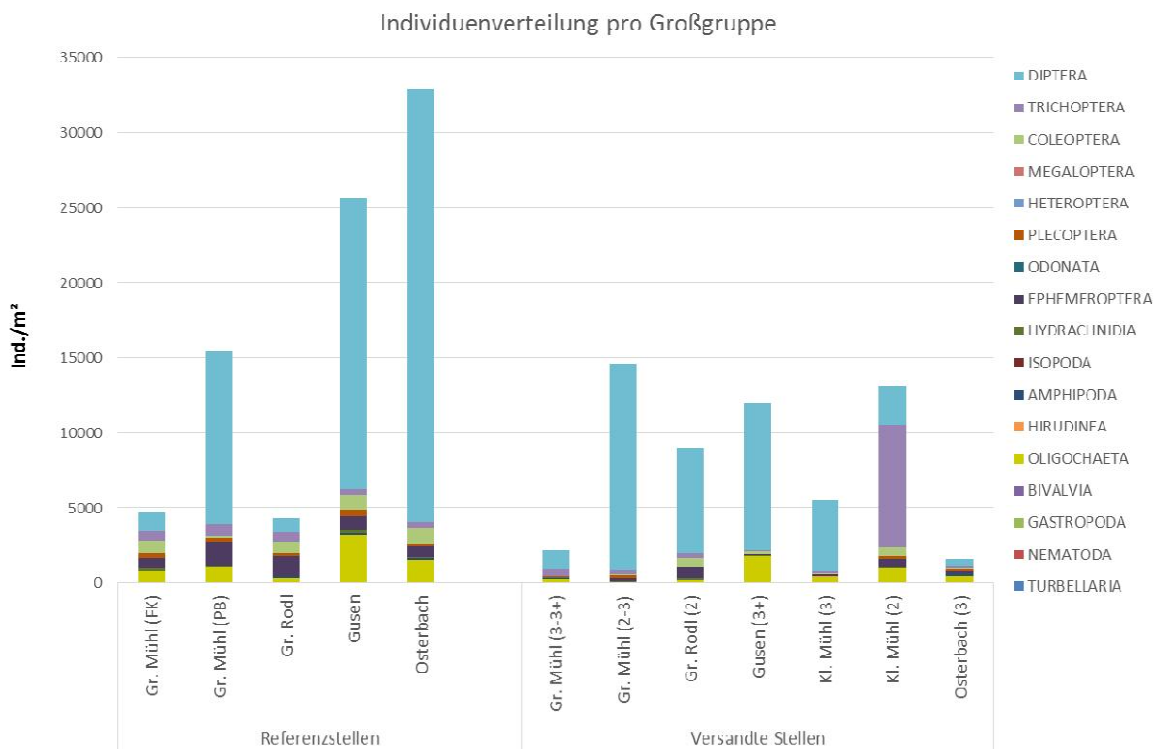


Abbildung 308: Individuenverteilung [Ind./m²] pro Großgruppe an den Untersuchungsstellen.

Allgemeine biozönotische Parameter

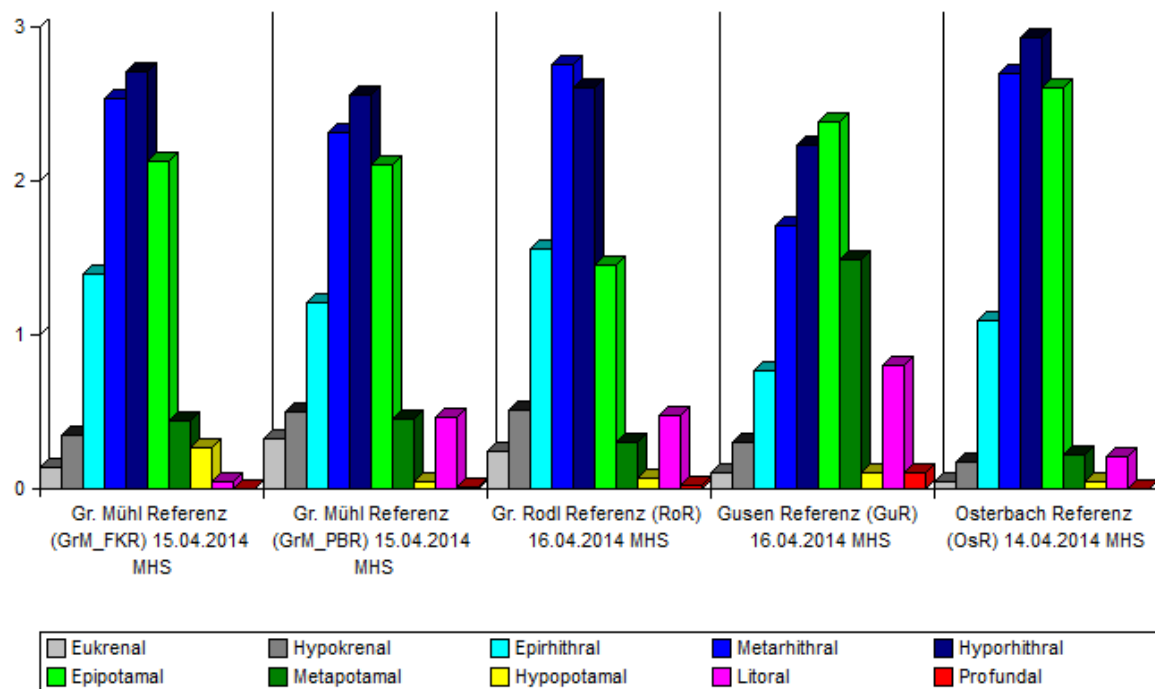
Längenzonale Verteilung nach biozönotischen Regionen

Ein sensitives Instrument der biozönotischen Gewässeranalyse ist die Auswertung der längenzonalen Verteilung der Fließgewässer-Organismen nach biozönotischen Regionen. Die Methode fußt auf der Tatsache, daß im Längsverlauf einer Fließstrecke - und in Reaktion auf gesetzmäßig auftretende physiographische und physikalisch/chemische Kontinuumsänderungen - jeweils typische Zönosen einander ablösen. Das Rhithral-Potamal-Konzept bezieht neben Fischen auch das Benthos und abiotische Umweltvariable ein (Illies & Botosaneanu, 1963). Als zusätzliche Zönosen wurden die Gemeinschaft der Seenufer, Altarme, Weiher etc. und der Seeböden in die Fauna Aquatica Austriaca (Moog, 2002) - die als Grundlage der Auswertungen in vorliegendem Projekt dient - aufgenommen.

Die Analyse der längenzonalen Verteilung nach biozönotischen Regionen indiziert für alle Referenzstellen mit Ausnahme der Gusen Gewässer eine Metarhithral- bis Hyporhithralzönose, wobei an der Gr. Rodl der Metarhithralanteil höher ist als der Hyporhithralanteil. An der Gusen dominiert der Epipotamalanteil. Der Anteil an Litoralzeigern ist an der Gusen gegenüber allen anderen Referenzstellen hoch (Abbildung 309), welcher vor allem auf die hohe Abundanz einiger euryöker Oligochaeta- und Diptera-Taxa zurückzuführen ist.

Makrozoobenthos - Längenzonale Verteilung nach biozönotischen Regionen

Projekt: Feststoffmanagement Mühlviertel 2014



Auswertung quantitativ, standard

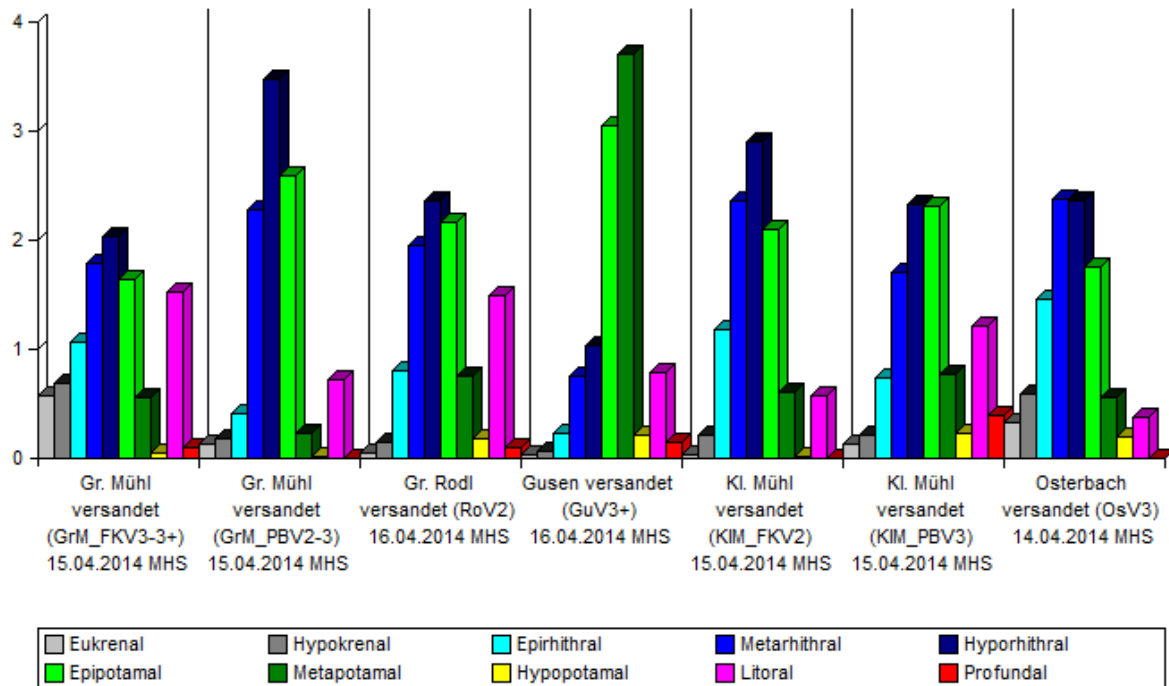
© ECOPROF 1995-2013 - Version 4.0

Abbildung 309: Längenzonale Verteilung (biozönotische Valenzen) der Referenzstellen.

Die versendeten Stellen zeigen ein ähnliches Bild, jedoch mit etwas höheren Hyporhithral-Anteilen und deutlich höheren Litoral-Anteilen gegenüber den Referenzstellen (Abbildung 310). An der Gusen wird sogar eine Metapotamal-Zönose indiziert, was sich auf sehr hohe Individuenzahlen einzelner Diptera- und Oligochaeta-Taxa mit hoher ökologischer Valenz zurückführen lässt.

Makrozoobenthos - Längenzonale Verteilung nach biozönotischen Regionen

Projekt: Feststoffmanagement Mühlviertel 2014



Auswertung quantitativ, standard

© ECOPROF 1995-2013 - Version 4.0

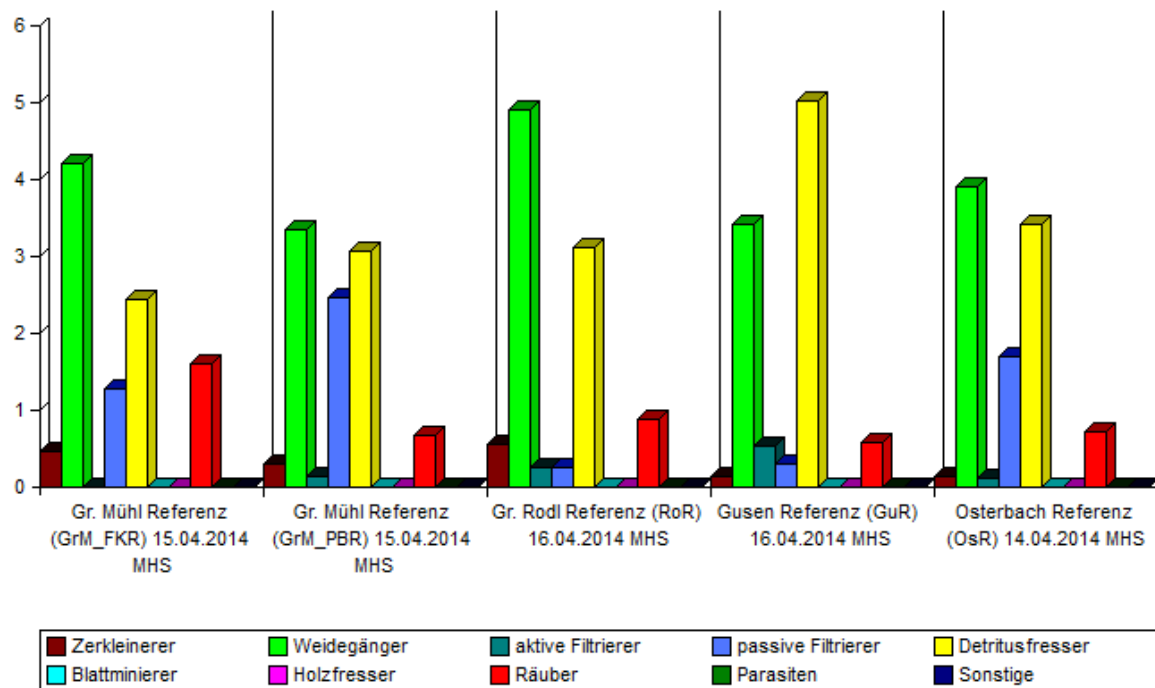
Abbildung 310: Längenzonale Verteilung (biozönotische Valenzen) an den von Versandung betroffenen Stellen.

Zusammensetzung der Ernährungstypen

Die Zusammensetzung der Ernährungstypen anhand der MHS-Proben zeigt in den Referenzabschnitten, mit Ausnahme der Gusen, an allen Stellen eine Dominanz von Weidegängern, was auf die relativ hohe Abundanz einiger Vertreter dieses Ernährungstyps der Großgruppen Coleoptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera und Diptera zurückzuführen ist. Danach folgen Detritusfresser, die auf der Einstufung diverser Diptera-, Ephemeroptera- und Oligochaeta-Taxa beruhen. An der Gusen dominieren allerdings Detritusfresser vor den Weidegängern, was auf den sehr hohen Anteil an Oligochaeta- und Diptera-Taxa zurückzuführen ist. Je nach Gewässer stellen passive Filtrierer (Vertreter der Großgruppen Trichoptera und Diptera (Fam. Simuliidae)) oder räuberische Organismen (Vertreter der Großgruppen Plecoptera, Diptera und Coleoptera) die dritthäufigste Ernährungsform dar. Alle anderen Ernährungstypen wie Zerkleinerer oder aktive Filtrierer spielen an sämtlichen Referenzstellen eine untergeordnete Rolle (Abbildung 311).

Makrozoobenthos - Zusammensetzung der Ernährungstypen

Projekt: Feststoffmanagement Mühlviertel 2014



Auswertung quantitativ, standard

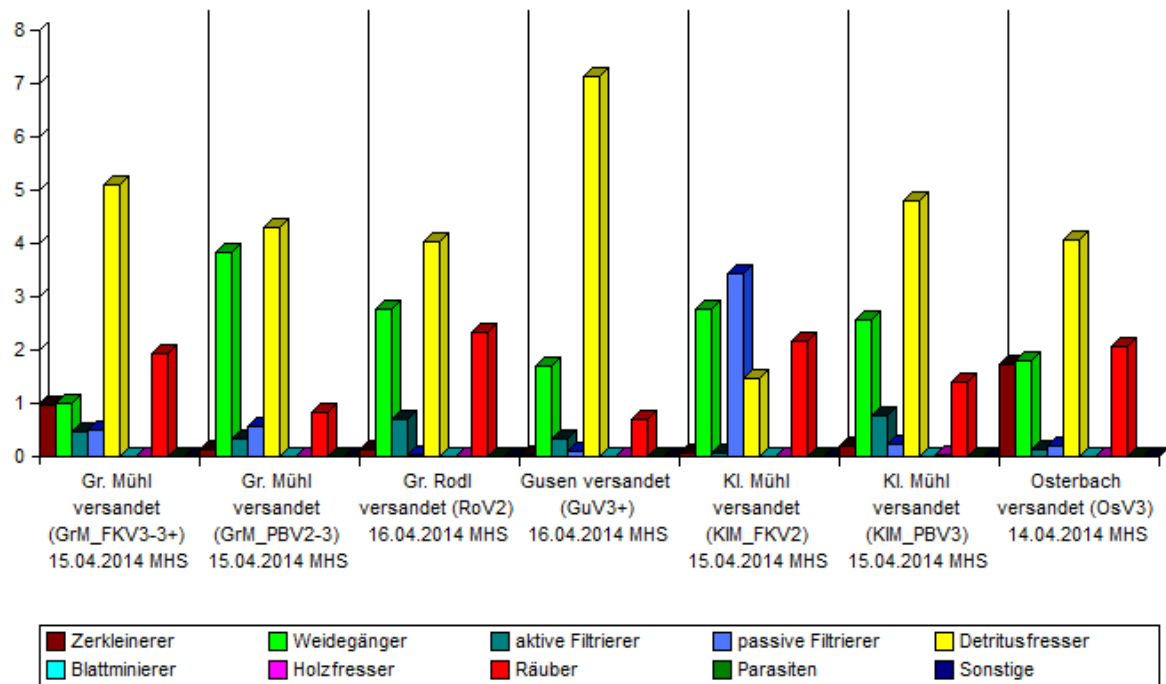
© ECOPROF 1995-2013 - Version 4.0

Abbildung 311: Zusammensetzung der Ernährungstypen der Referenzstellen.

In den versandeten Abschnitten dominiert der Ernährungstyp Detritusfresser aufgrund hoher Anteile von Vertretern der Großgruppen Oligochaeta, Diptera und Ephemeroptera (Abbildung 312). Eine Ausnahme stellt die Kleine Mühl im Furt/Kolk Abschnitt der Versandungsklasse 2, an dem die passiven Filtrierer dominieren. Dafür ausschlaggebend ist der hohe Anteil (60 %) der filtrierenden Trichoptera-Art *Brachycentrus maculatus* an der Gesamtf fauna. Die zweithäufigste Ernährungsform stellen Weidegänger oder Räuber dar, wobei mit zunehmender Versandungsklasse die Weidegänger-Anteile tendenziell geringer sind als die Anteile der räuberischen Taxa. Weidegänger werden durch zahlreiche EPT- und Diptera-Taxa repräsentiert, Räuber in erster Linie, wie schon an den Referenzstellen durch Vertreter der Großgruppen Plecoptera und Diptera, an der Kl. Mühl (Versandungsklasse 3) auch durch das Vorkommen von Hirudinea.

Makrozoobenthos - Zusammensetzung der Ernährungstypen

Projekt: Feststoffmanagement Mühlviertel 2014



Auswertung quantitativ, standard

© ECOPROF 1995-2013 - Version 4.0

Abbildung 312: Zusammensetzung der Ernährungstypen an den von Versandung betroffenen Stellen.

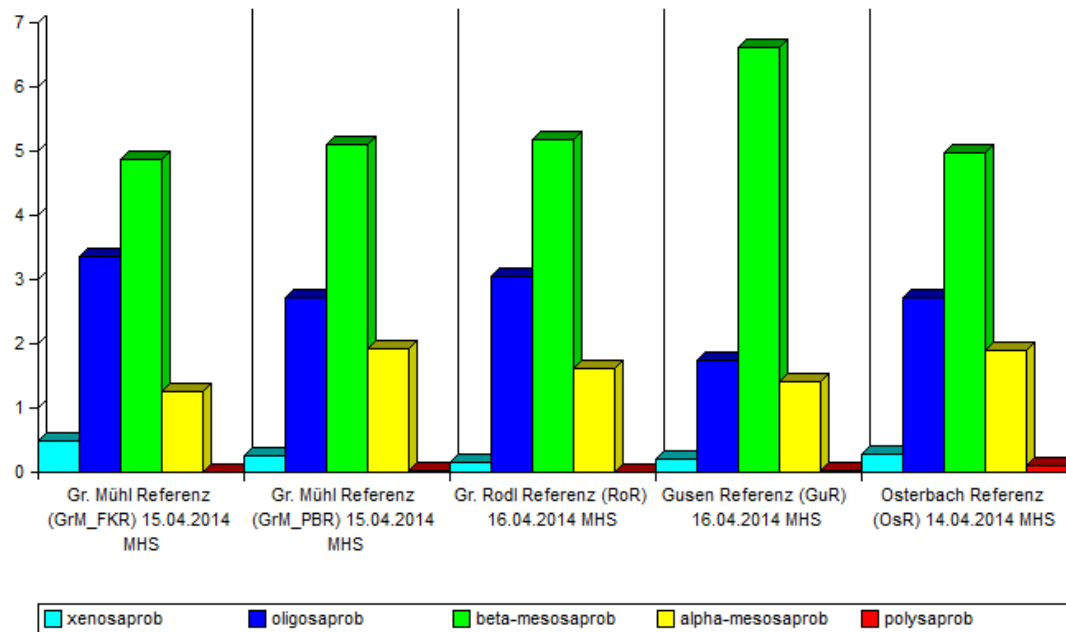
Verteilung der saprobiellen Valenzen

Anhand der Saprobiellen Valenzen wird an allen Referenzstellen eine beta-mesosaprobe Zone indiziert, wobei die oligosaprobe Anteile die zweithöchste Klasse bilden. An der Gusen ist der beta-mesosaprobe Anteil am Höchsten und der alpha-mesosaprobe Anteil ähnlich hoch wie der oligosaprobe (Abbildung 313).

In den versandeten Abschnitten zeigt sich ein ähnliches Bild, an allen Stellen dominieren die beta-mesosaprobe Anteile, jedoch sind an der Gusen und der Kl. Mühl die alpha-mesosaprobe Anteile höher als der oligosaprobe, wobei an der Kl. Mühl auch ein sehr hoher polysaprobe Anteil indiziert wird (Abbildung 314). Das lässt sich auf das Vorkommen der Oligochaeta-Arten *Limnodrilus hoffmeisteri* und *Tubifex tubifex* zurückführen, welche eine sehr hohe Toleranz gegenüber organischer Belastungen aufweisen.

Makrozoobenthos - Verteilung der saprobiellen Valenzen

Projekt: Feststoffmanagement Mühlviertel 2014



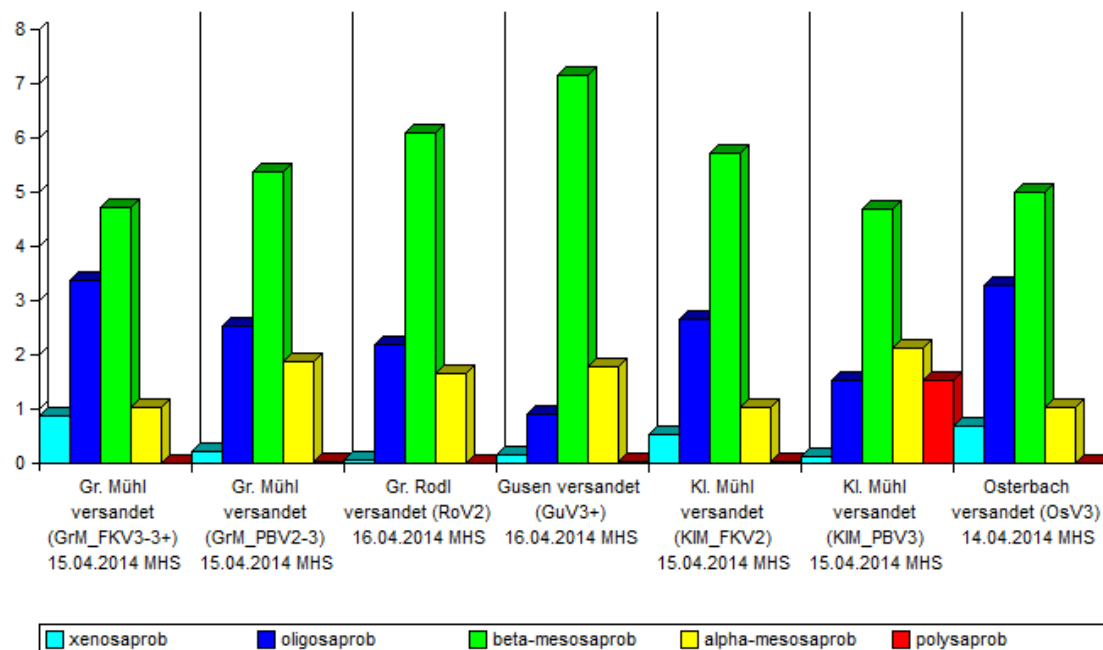
Auswertung quantitativ, standard

© ECOPROF 1995-2013 - Version 4.0

Abbildung 313: Saprobielle Valenzen der Referenzstellen.

Makrozoobenthos - Verteilung der saprobiellen Valenzen

Projekt: Feststoffmanagement Mühlviertel 2014



Auswertung quantitativ, standard

© ECOPROF 1995-2013 - Version 4.0

Abbildung 314: Saprobielle Valenzen an den von Versandung betroffenen Stellen.

Analyse biologischer Kenngrößen (Metrics)

Aufgrund des detaillierten Bestimmungsniveaus der MHS-Proben lassen sich diverse biologische Kenngrößen berechnen und deren Reaktion unter Versandung bzw. nach unterschiedlichen Versandungsklassen darstellen.

Von 102 ausgewählten Standard-Metrics nach ECOPROF-Auswertung, zeigten 30 Metrics anhand von Pearson-Korrelationen signifikante ($p < 0,05$) Veränderungen unter Versandungs-Stress, wobei sich unter Berücksichtigung der Versandungsintensität (Versandungsklassen) meist noch höhere Korrelationskoeffizienten ergeben (Tabelle 16, rechte Spalte).

Die höchsten Korrelationen in Bezug auf Versandung zeigten neben den Multimetricischen Indices (die sich je nach Gewässertyp aus verschiedenen Einzelmetrics zusammensetzen), Biotische Indices (Strukturindex und Degradationsindex), Fresstypen-Metrics (Weidegänger), Taxavielfalts-Metrics (z.B.: Anzahl MZB-Familien und EPT-Taxa) sowie Abundanz-Metrics (Ephemeroptera-Individuenzahl). Diese Metrics zeigen bei zunehmender Versandungsklasse eine höchst signifikante ($p < 0,01$) Abnahme.

Sämtliche signifikanten Metrics sind in Tabelle 16 aufgelistet.

Tabelle 16: Korrelation zwischen ausgewählten Metrics und dem Parameter Versandung (linke Spalte) bzw. den Versandungsklassen; grau hinterlegte Zellen charakterisieren den jeweils höheren Wert pro Metric.

Metrics		Versandung	Versandungsklasse
		Pearson Correlation	Pearson Correlation
MMI	Multimetrischer Index 1	-,766 ^{**}	-,893 ^{**}
	Multimetrischer Index 2	-,755 ^{**}	-,878 ^{**}
Fresstypen	WEIDEGÄNGER	-,725 ^{**}	-,826 ^{**}
	Rhithron-Ernährungstypen-Index	-,591 [*]	-,708 [*]
	Potamon- Ernährungstypen-Index	,591 [*]	,708 [*]
Zonierung	LITORAL	,607 [*]	,578 [*]
	LITORAL-PROFUNDAL	,597 [*]	,588 [*]
Biotische Indizes	Strukturindex	-,686 [*]	-,833 ^{**}
	Degradationsindex	-,686 [*]	-,833 ^{**}
Diversität	HMAX-DIV	-,670 [*]	-,741 ^{**}
	MARGALEF-DIV	-,740 ^{**}	-,793 ^{**}
	Shannon&Weaver-DIV	-,710 ^{**}	-,626 [*]
	Wilhm&Dorris-DIV	-,710 ^{**}	-,626 [*]
Taxavielfalt	GES-TAXA	-,712 ^{**}	-,774 ^{**}
	GES-GATTUNGEN	-,674 [*]	-,769 ^{**}
	GES-FAMILIEN	-,824 ^{**}	-,852 ^{**}
	E-TAXA	-,583 [*]	-,717 ^{**}
	P-TAXA	-,814 ^{**}	-,815 ^{**}
	P-GATTUNGEN	-,830 ^{**}	-,849 ^{**}
	P-FAMILIEN	-,808 ^{**}	-,779 ^{**}
	T-TAXA	-,581 [*]	-,711 ^{**}
	T-GATTUNGEN	-,603 [*]	-,759 ^{**}
	T-FAMILIEN	-,651 [*]	-,769 ^{**}

	EP-TAXA	,765 **	,858 **
	EPT-TAXA	,742 **	,858 **
Rel. Abundanz	% E-FAMILIEN	,626 *	0,454
	% P-GATTUNGEN	,650 *	,648 *
Abundanz	E-INDIVIDUEN	,786 **	,849 **
	P-INDIVIDUEN	,809 **	,811 **
	COL-INDIVIDUEN	,653 *	,742 **

E=Ephemeroptera, P=Plecoptera, T=Trichoptera; COL=Coleoptera, GES=Gesamt

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Indicator Species Analysis

Die Indicator Species Analysis (ISA) der Fauna der Referenzstellen sowie der Versandungsstellen (zusammengefasst in Versandungsklassen größer gleich 3) zeigt signifikante Werte nur für Indikatoren der Referenzstellen. Darunter befindet sich eine hohe Anzahl an EPT-Taxa, die für unversandete Stellen typisch sind, während unter den Indikatoren der versandeten Stellen deutlich mehr Diptera (v.a. Chironomidae) auftreten. Vor allem Weidegänger wie *Epeorus assimilis*, Vertreter der Gattung *Rhithrogena* unter den Eintagsfliegen oder der Hakenkäfer (*Elmis* sp.) benötigen stabile Hartsubstrate bei mittlerer bis höherer Strömung. Filtrierende Köcherfliegen der Gattung *Hydropsyche* leben unter Steinen und werden durch Feinsedimentauffüllungen des Interstitials beeinträchtigt.

Tabelle 17: Indicator Species Analysis; MHS; Indikatortaxa für Referenzstellen auf dem Level <0,05 signifikant, Indikatortaxa für versandete Stellen nicht signifikant (n.s.).

Großgruppe	Familie	Gattung	Art	T y p Klasse	Indikator- Wert (IV)	Signi- fikanz (p)
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Tvetenia	verralli	Referenz	99	0,0016
PLECOPTERA	PERLIDAE	Dinocras	sp.		97,5	0,0024
PLECOPTERA	NEMOURIDAE	Amphinemura	sp.		96,2	0,0076
TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche	siltalai		95,2	0,0258
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Polypedilum (U.)	convictum		95	0,0496
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	Baetis	sp.		90,7	0,013
TRICHOPTERA	SERICOSTOMATIDAE	Sericostoma	sp.		89,8	0,0198
EPHEMEROPTERA	HEPTAGENIIDAE	Epeorus	assimilis		89,7	0,0072
EPHEMEROPTERA	HEPTAGENIIDAE	Rhithrogena	sp.		88,9	0,006
DIPTERA	EMPIDIDAE	Empididae	Gen. sp.		88	0,0256

EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	Baetis	muticus	87,3	0,0282	
TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche	sp.	83,2	0,0178	
COLEOPTERA	ELMIDAE	Elmis	sp.	83,1	0,0192	
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Eukiefferiella	devonica/ilkleyensis	80	0,009	
DIPTERA	SIMULIIDAE	Simulium	sp.	79,6	0,0092	
TRICHOPTERA	LIMNEPHILIDAE	Ecclisopteryx	dalecarlica	78,5	0,0244	
OLIGOCHAETA	NAIDIDAE	Nais	alpina	78,1	0,023	
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	Baetis	lutheri	77	0,0252	
OLIGOCHAETA	ENCHYTRAEIDAE	Cognettia	sphagnetorum	76,4	0,0296	
PLECOPTERA	LEUCTRIDAE	Leuctra	sp.	74,5	0,0372	
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Tanytarsini	Gen. sp.	≥3	70,7	n.s.
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Cladotanytarsus	vanderwulpi-Gr.	<3	69,4	n.s.
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Orthoclaadiinae	Gen. sp.	<3	61,6	n.s.
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Heterotrissocladius	marcidus	<3	57,1	n.s.
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Tanytarsus	sp.	≥3	56,9	n.s.
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Tanytarsus	ejuncidus	≥3	54,3	n.s.
DIPTERA	LIMONIIDAE	Hexatoma	sp.	≥3	53,9	n.s.
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	Bezzia-Gr.	sp.	≥3	53,5	n.s.
EPHEMEROPTERA	EPHEMERIDAE	Ephemera	danica	<3	50,7	n.s.
TRICHOPTERA	LIMNEPHILIDAE	Limnephilinae	Gen. sp.	≥3	49,4	n.s.
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Tanytarsus	eminulus	<3	45,4	n.s.
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Chironominae	Gen. sp.	<3	42,9	n.s.
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Tanytarsus	brundini	<3	42,9	n.s.
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	Centroptilum	luteolum	<3	42,9	n.s.
TRICHOPTERA	BRACHYCENTRIDAE	Brachycentrus	maculatus	<3	42,2	n.s.
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Apsectrotanypus	trifascipennis	≥3	41,7	n.s.
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Paratrissocladius	excerptus	<3	41,6	n.s.
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Diamesa	hamaticornis	≥3	39,4	n.s.
OLIGOCHAETA	TUBIFICIDAE	Tubificidae	Gen. sp.	≥3	38,7	n.s.
COLEOPTERA	ELMIDAE	Oulimnius	tuberculatus	<3	37,5	n.s.

versendet

Detaillierte MZB-Methode – Ökologische Zustandsklassen

Die Ergebnisse der detaillierten MZB-Methode für Österreich (nach Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente, Teil A2 – Makrozoobenthos, Ofenböck et al. 2010) zeigen für das Bewertungsmodul „Organische Belastung“ anhand des Saprobienindex (SI) sehr stabile Werte und indizieren an allen Referenzstellen den „guten Zustand“ (aufgrund erhöhter Saprobiewerte), welcher auch, mit Ausnahme der Kl. Mühl (Versandungsklasse 2, „sehr guter Zustand“) und der Gusen („mäßiger Zustand“), an den versandeten Stellen indiziert wird.

Für das Modul „allgemeine Degradation“ ist eine tendenzielle Verschlechterung der Multimetricen Indices (MMI 1 + 2) bei zunehmendem Versandungsgrad ersichtlich. Beide MMI sämtlicher Referenzstellen indizieren den „sehr guten Zustand“, wohingegen in den versandeten Abschnitten der Zustand von „sehr gut“ bis „mäßig“ reicht.

Für die Gesamtbewertung der Untersuchungsstellen werden die Ergebnisse aller Module nach dem „worst case“ Ansatz aufgrund des schlechtesten Ergebnisses eines Einzelmoduls herangezogen.

Die Zusammenschau der Ergebnisse der Module „Saprobie“ und „Allgemeine Degradation“ ergibt für die Untersuchungsstellen der Referenzabschnitte den guten Zustand (ökologische Zustandsklasse 2) für die Untersuchungsstellen der versandeten Abschnitte meist ebenfalls den guten Zustand (ökologische Zustandsklasse 2), ausgenommen die Untersuchungsstellen Kl. Mühl (Versandungsklasse 3) und Gr. Mühl (Versandungsklasse 3-3+), die den mäßigen Zustand (ökologische Zustandsklasse 3) indizieren. Am Osterbach (Versandungsklasse 3) und an der Gusen (Versandungsklasse 3+) wird der gute Zustand noch knapp erreicht.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine Verschlechterung der Ökologische Zustandsklasse nach detaillierter MZB-Methode, wenn überhaupt, erst ab Versandungsklasse 3 eintritt.

Die detaillierten Ergebnisse sind in Tabelle 18 zusammengefasst.

Tabelle 18: Ökologische Zustandsklassen nach det. MZB-Methode (Ofenböck et al. 2010) inkl. Saprobienindex (SI) und Multimetrische Indices (MMI 1 und MMI 2); Freilandsschätzung der prozentuellen Feinsedimentanteile im Rahmen der MHS-Methode; versandete Stellen nach Versandungsklasse sortiert; Ausprägungstyp: FK=Furt/Kolk, PB=Flachbett (Plane-Bed).

Typ	Gewässer	Versandungs- klasse	Ausprägung	SI	MMI 1	MMI 2	Ökologische Zustandsklasse	Feinsediment- anteil [%] in MHS (≤ Akal)
Referenz	Große Mühl	0	PB	1,88	0,87	0,95	gut (good)	
	Große Mühl	0	FK	1,69	0,87	0,86	gut (good)	
	Gr. Rodl	0	FK	1,83	0,96	0,99	gut (good)	
	Gusen	0	PB	1,93	0,86	0,94	gut (good)	
	Osterbach	0	FK	1,89	0,85	0,81	gut (good)	
Versandet	Gr. Rodl	2	PB	1,94	0,81	0,86	gut (good)	
	Kleine Mühl	2	FK	1,74	0,78	0,76	gut (good)	
	Große Mühl	2-3	PB	1,9	0,74	0,72	gut (good)	*
	Osterbach	3	FK	1,64	0,65	0,61	gut (good)	
	Kleine Mühl	3	PB	2,35	0,52	0,48	mäßig (moderate)	
	Große Mühl	3-3+	FK	1,59	0,48	0,42	mäßig (moderate)	
	Gusen	3+	PB	2,06	0,6	0,58	gut (good)	

*Feinsedimentanteil mit MHS-Methode prozentuell nicht erfassbar.

10.6.2. Habitat-spezifische Einzelproben

Wie eingangs erwähnt, wurden zusätzlich zu den MHS-Proben habitatspezifische Einzelproben genommen und ausgewertet, um

- Habitatpräferenzen unterschiedlicher MZB-Elemente zu analysieren,
- Indikatoren für unterschiedliche Beeinflussungsgrade (Versandungsklassen) herauszufiltern und
- habitatspezifische Individuendichten und Biomassen zu erheben.

Biodiversität

Es zeigt sich, dass die Taxavielfalt mit steigender Korngröße deutlich zunimmt und dass sich die Feinsubstrate (Psammal und Akal) deutlich von den größeren Fraktionen trennen (Abbildung 315). Der Artenreichtum derselben Substrattypen ist in den versandeten Stellen geringer ausgeprägt.

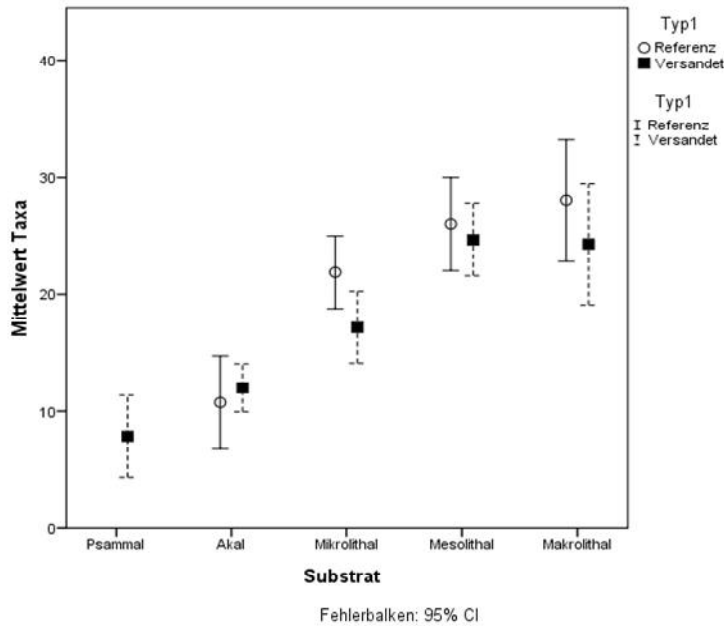


Abbildung 315: Mittlere Taxazahlen pro Substrattyp in Referenz- und versandeten Abschnitten; Fehlerbalken (95% Konfidenzintervall).

Die NMS-Analyse in Abbildung 316 (links) zeigt ebenfalls eine deutliche Trennung der Habitat-spezifischen Fauna in drei Kompartimente: eine Feinsediment-Fauna (Psammal und Akal), typische Mikro- bis Makrolithalbewohner (Anstieg der Korngröße als Vektor dargestellt) sowie Bewohner der organischen Habitate (rot eingekreist).

Bei Betrachtung der Abbildung 316 (rechts) zeigt sich ein Trend der Fauna der Habitat-spezifischen Proben hinsichtlich Versandungsklasse. Dies indiziert, dass der Grad der Versandung die Fauna zusammen mit den Mikrohabitat-spezifischen Bedingungen prägt. In anderen Worten: Kleinräumig vorhandene Feinsedimentablagerungen (Referenzstellen) sind anders besiedelt als großflächige. Dies greift Inseltheorien auf und unterstreicht die Wichtigkeit kleinräumiger und mosaikartiger Verteilung von unterschiedlichen Korngrößen für die benthische Fauna.

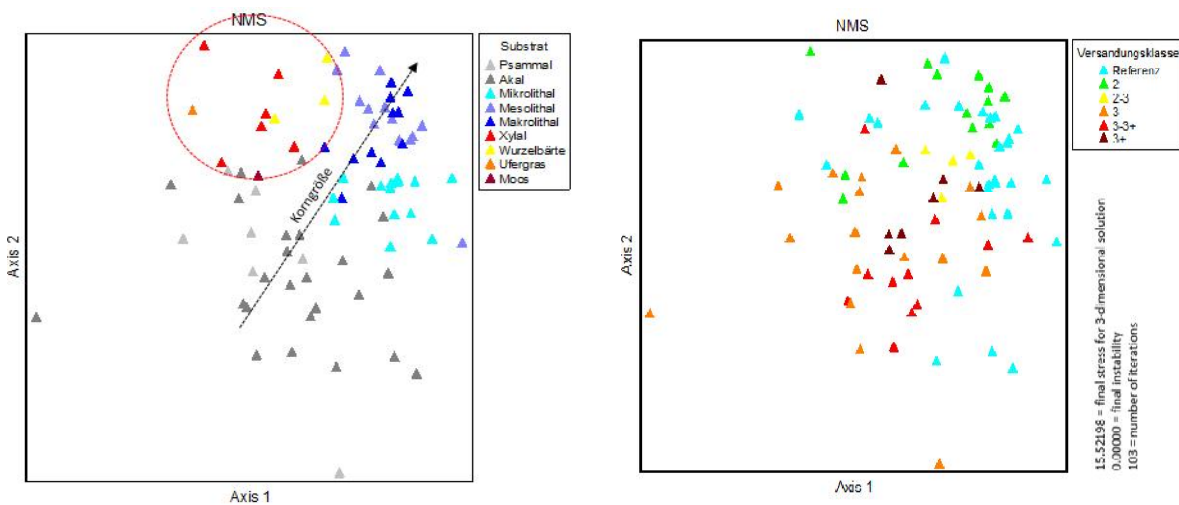


Abbildung 316: NMS-Scatterplot anhand der MZB-Zönosen der Einzelproben; Overlay: Substrattyp (links) und Versandungsklasse (rechts).

Biomassen

Die Verteilung der Biomassen nimmt einen ähnlichen Verlauf wie die Taxazahlen, obwohl hier deutlich höhere Schwankungen auftreten (Abbildung 317). Generell nimmt die Biomasse vom Feinsediment zu den gröbereren Fraktionen zu. Dabei zeigen die Mittelwerte der versandeten Stellen höhere Werte als die der Referenzstellen.

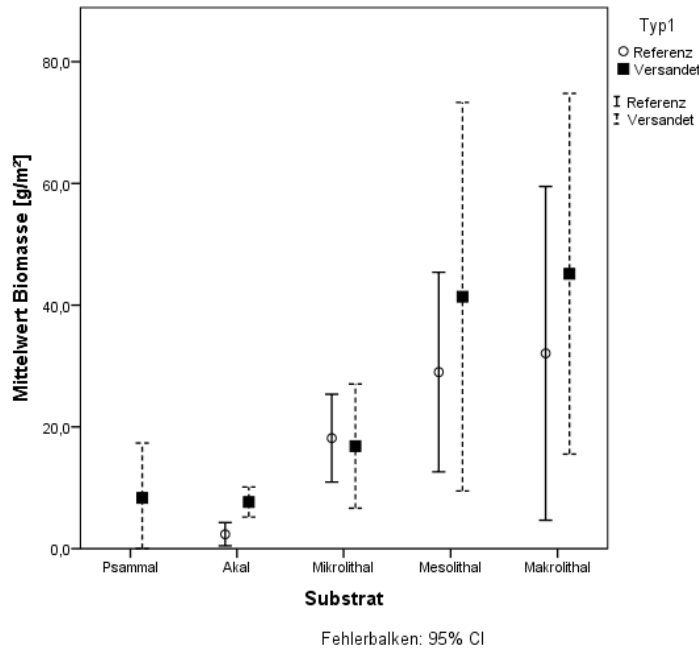


Abbildung 317: Mittlere Biomassen [g/m²] pro Substrattyp in Referenz- und versandeten Abschnitten; Fehlerbalken (95% Konfidenzintervall).

Abbildung 318 zeigt den Rückgang der mittleren Biomassewerte der versandeten Stellen auf Basis der Habitat-spezifischen Einzelproben. Rechnet man die Biomasse-Mittelwerte der Habitat-spezifischen Proben auf die geschätzte Substratverteilung der unterschiedlichen Versandungsklassen hoch, ergibt sich einen Zusammenbruch der errechneten Gesamt-Biomasse ab der Versandungsklasse 3 (Abbildung 319). Dies deckt sich weitgehend mit den Analysen der Individuendichte (Abbildung 307).

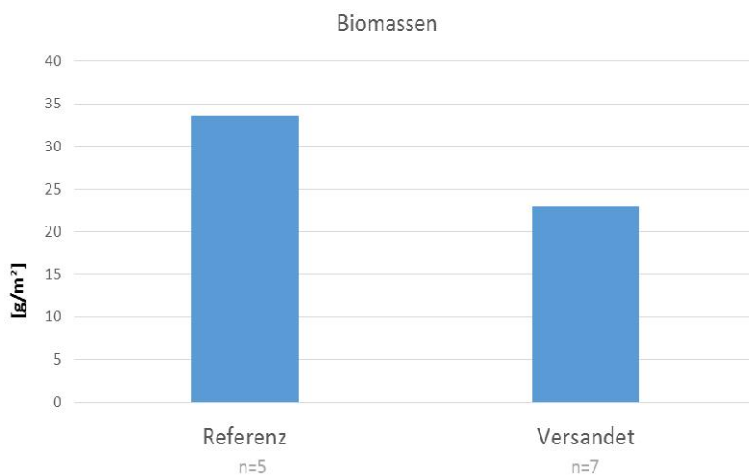


Abbildung 318: Mittlere Biomassen [g/m²] in Referenz- und versandeten Abschnitten; exkl. organische Habitate.

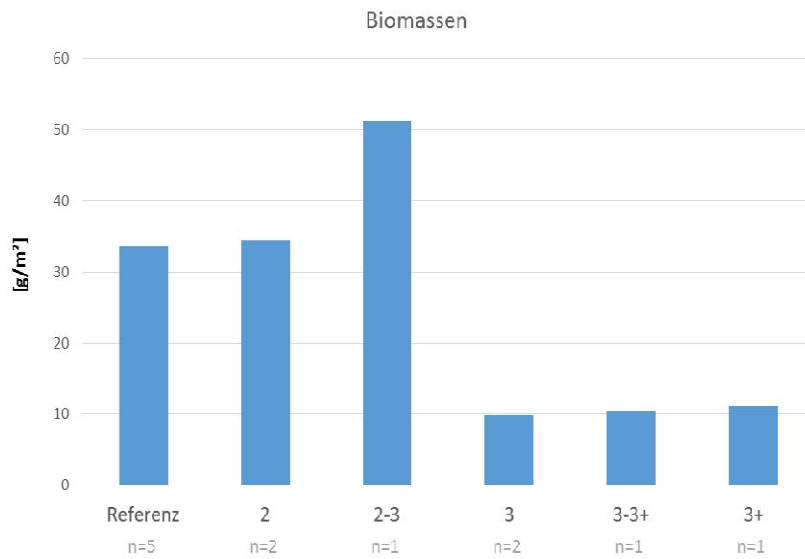


Abbildung 319: Mittlere Biomassen [g/m²] in Referenz- und versandeten Abschnitten basierend auf einer hochgerechneten geschätzten Substratverteilung der unterschiedlichen Versandungsklassen.

Habitatnutzungskurven

Nachstehend werden Habitatpräferenzen ausgewählter Evertebratentaxa, unterteilt nach Referenz- und Versandungsstellen, dargestellt. Dabei zeigt sich, dass es zu teils deutlichen Verschiebungen des besiedelten Habitattyps bzw. zu einer weitaus breiteren Verteilung der Präferenzen in den Versandungsstellen kommt; ein Umstand, der auch in der NMS-Analyse (Abbildung 316) ersichtlich ist.

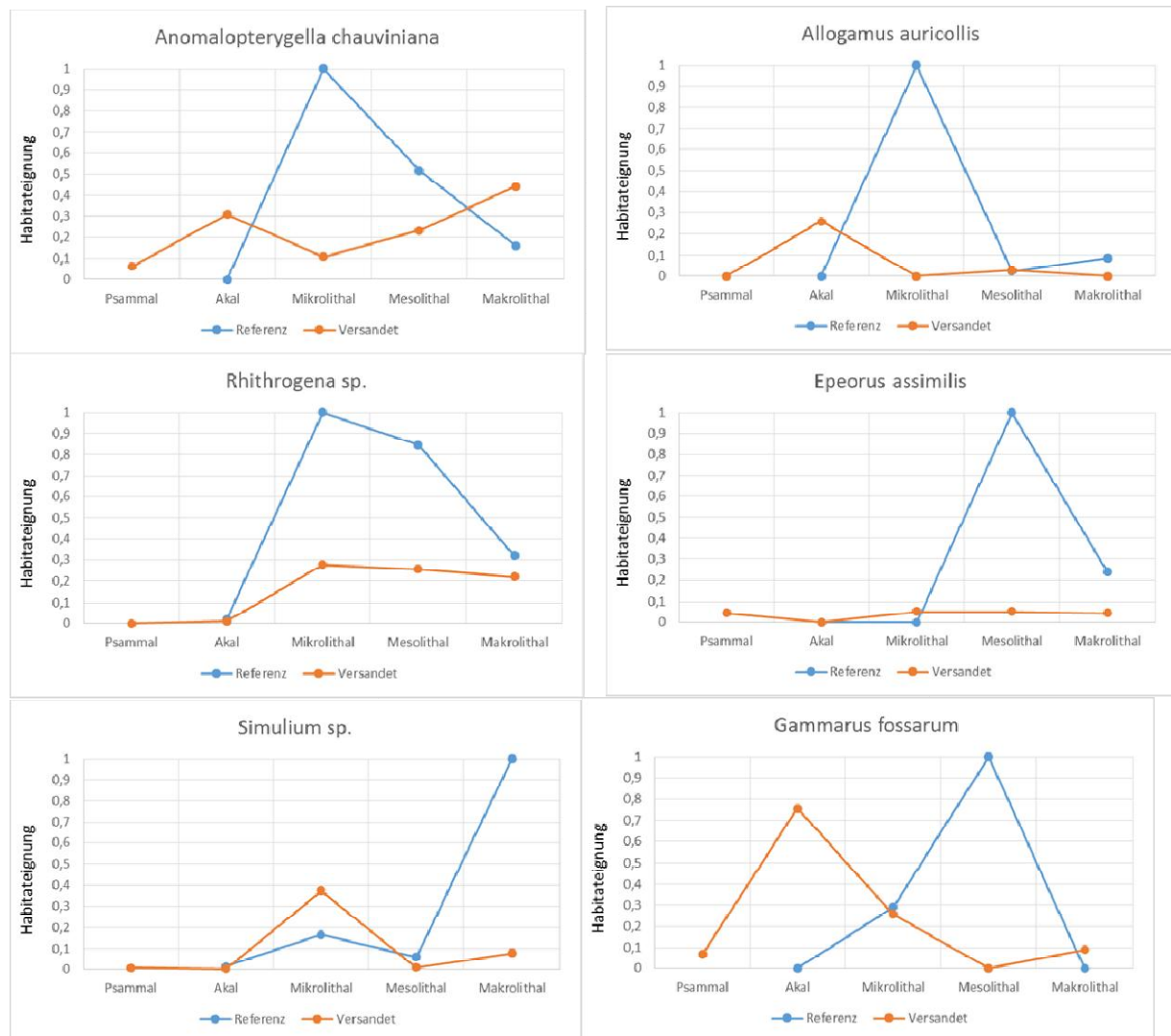


Abbildung 320: Habitatnutzungskurven ausgewählter Taxa.

Indicator Species Analysis

Die ISA der Habitat-spezifischen Proben zeigen keine Indikatoren für Feinsubstrate, hingegen eine hohe Anzahl Bach-typischer EPT-Taxa mit hohem Weidegänger-Anteil. Die organischen Habitate (Wurzelbärte) tragen mit typischen Arten wesentlich zur Diversität bei.

Tabelle 19: Indicator Species Analysis; Einzelproben; Indikatortaxa für Substrattypen auf dem Level <0,05 signifikant

Großgruppe	Familie	Gattung	Art	Substrat-Typ	Indikator Wert (IV)	Signifikanz (p)
OLIGOCHAETA	OLIGOCHAETA	Oligochaeta	Gen.sp.	Akal	38,2	0,0496
EPEMEROPTERA	HEPTAGENIIDAE	Rhithrogena	sp .	Mikrolithal	44,9	0,0076
COLEOPTERA	HYDRAENIDAE	Hydraena	sp.	Mikrolithal	43,7	0,017
TRICHOPTERA	LIMNAPHILIDAE	Ecclisopteryx	dalecarlica	Mikrolithal	38,3	0,021
DIPTERA	LIMONIIDAE	Dicranota	sp.	Mikrolithal	37,4	0,006

DIPTERA	LIMONIIDAE	Hexatoma	sp.	Mikrolithal	35,5	0,0208
HYDRACHNIDIA	HYDRACHNIDIA	Hydrachnidia	Gen.sp.	Mikrolithal	29,4	0,048
EPHEMEROPTERA	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	major	Mesolithal	62,8	0,0008
DIPTERA	LIMONIIDAE	Antocha	sp.	Mesolithal	60,8	0,0026
COLEOPTERA	ELMIDAE	Esolus	sp.	Mesolithal	47,9	0,0044
TRICHOPTERA	GLOSSOSOMATIDAE	Agapetus	sp.	Mesolithal	47,6	0,012
GASTROPODA	ANCYLIDAE	Ancylus	fluviatilis	Mesolithal	42,4	0,0112
EPHEMEROPTERA	HEPTAGENIIDAE	Epeorus	assimilis	Mesolithal	37,9	0,0216
EPHEMEROPTERA	EPHEMERIDAE	Ephemera	danica	Mesolithal	37,1	0,0282
DIPTERA	ATHERICIDAE	Ibisia	marginata	Mesolithal	30,4	0,0426
PLECOPTERA	PERLIDAE	Perla	sp.	Mesolithal	26,3	0,0222
DIPTERA	PSYCHODIDAE	Psychodidae	Gen.sp.	Makrolithal	73,1	0,0002
TRICHOPTERA	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	s. str.	Makrolithal	57,9	0,001
EPHEMEROPTERA	LEPTOPHLEBIDAE	Habroleptoides	confusa	Makrolithal	56,8	0,003
PLECOPTERA	NEMOURIDAE	Amphinemura	sp.	Makrolithal	52,5	0,0014
DIPTERA	SIMULIIDAE	Simuliidae	Gen sp.	Makrolithal	45,4	0,0136
EPHEMEROPTERA	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	mucronata	Makrolithal	45,2	0,0136
TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche	sp.	Makrolithal	43	0,026
TRICHOPTERA	SERICOSTOMATIDAE	Sericostoma	sp.	Makrolithal	39,6	0,0108
COLEOPTERA	GYRINIDAE	Orectochylus	villosus	Makrolithal	39	0,0158
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	Baetis	sp.	Makrolithal	38,8	0,014
PLECOPTERA	CHLOROPERLIDAE	Chloroperlidae	Gen.sp.	Makrolithal	38,8	0,0434
COLEOPTERA	ELMIDAE	Limnius	sp.	Makrolithal	38,1	0,0274
PLECOPTERA	PERLODIDAE	Perlodes	sp.	Makrolithal	32,6	0,0214
TRICHOPTERA	LIMNEPHILIDAE	Halesus	sp.	Wurzelbärte	62,3	0,0014
PLECOPTERA	NEMOURIDAE	Protonemura	sp.	Wurzelbärte	45,5	0,013
PLECOPTERA	TAENIOPTERYGIDAE	Brachyptera	sp.	Wurzelbärte	44,3	0,0092
PLECOPTERA	NEMOURIDAE	Nemoura/Nemurella	sp.	Wurzelbärte	33,3	0,0376
TRICHOPTERA	LIMNEPHILIDAE	Limnephiline	Gen.sp.	Wurzelbärte	31,2	0,0492
TRICHOPTERA	LEPIDOSTOMATIDAE	Lepidostomatidae	Gen.sp.	Wurzelbärte	27,3	0,0268

10.7. Zusammenfassung

In Übereinstimmung mit internationaler Literatur kann im Untersuchungsgebiet unter Versandungsstress ein genereller Rückgang der Biodiversität, der Individuendichte (Abundanz) und auch der Biomasse beobachtet werden. Die Zönosen der von der Versandung betroffenen Stellen zeigt Veränderungen hinsichtlich allgemeiner biozönotischer Parameter wie längenzonale Verteilung (Shift in Richtung Potamalisierung/Litoral) und funktionelle Fresstypenzusammensetzung (Shift in Richtung Detritusfresser).

Anhand der habitat-spezifischen Proben kann eine klare Unterscheidung der Fauna von Feinsedimenten (Psammal/Akal) und gröberen Fraktionen vorgenommen werden. Während für Grobsubstrate etliche Indicator Species (v.a. EPT-Taxa) errechnet wurden, konnte keine typische sandbewohnende Fauna im Untersuchungsgebiet identifiziert werden. Dies deutet darauf hin, dass im Gegensatz zu natürlichen Sandflüssen keine Psammal-Elemente im Gebiet existieren und der Eintrag von Feinsedimenten unnatürlichen Ursprunges ist und zu einer Verschlechterung der Lebensbedingungen der typischen Bachfauna führt (Reduktion der Steinflauna).

Die Taxazahlen zeigen eine klare Abhängigkeit von der Korngröße der Habitate. Die Diversität folgt dem Gradient der Korngrößen. Geringste Werte werden auf Feinsedimenten erreicht, auf Meso- und Makrolithal kommen die meisten Taxa vor. Ähnlich, allerdings mit hoher Variabilität, verhält sich die Individuendichte der Benthoszönose.

Die Habitatpräferenzen ausgewählter Organismen zeigen deutliche Unterschiede zwischen Referenz und versandeten Stellen. Während an den Referenzstellen z.B. Weidegänger klare Schwerpunkte ihrer Verbreitung auf Grobsubstraten aufweisen (im Einklang mit der Literatur), besiedeln dieselben Arten an den versandeten Stellen kein spezifisches Substrat sondern kolonisieren ein weites Habitatspektrum in weitaus geringeren Individuenzahlen.

Eine deutliche Reaktion der Benthoszönose auf den Versandungsgrad kann erst ab Versandungsklasse 3 festgestellt werden. Die Biomasse z.B. bricht ab Zustandsklasse 3 auf ca. 1/3 der Referenzsituation ein.

Anhand der für die Berechnung der Multimetricen Indices (MMI) herangezogenen Einzelmetrics (Abbildung 321) zeigt sich eine deutliche Abnahme der Index-Scores ab der Versandungsklasse 3. Der Anstieg der Scores der Klasse 3+ wird nur im Einzelfall „Gusen“ beobachtet.

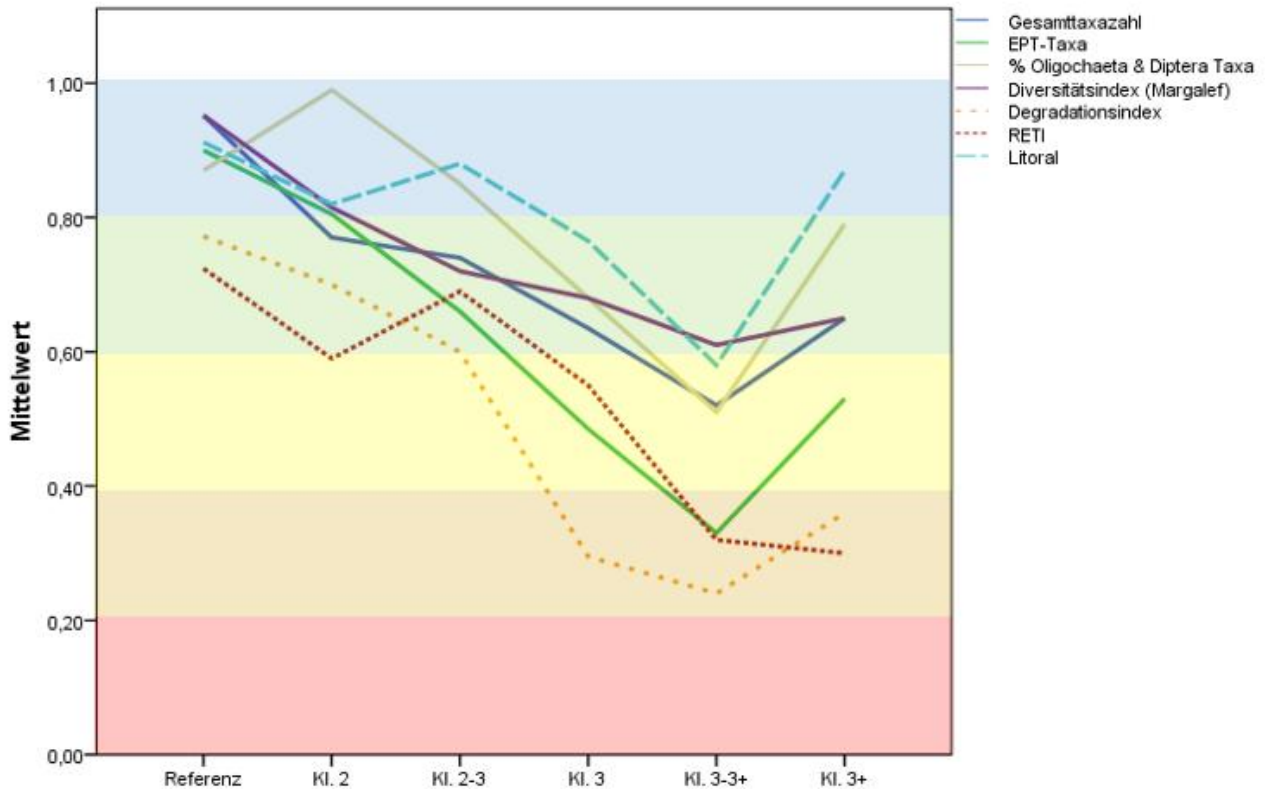


Abbildung 321: Reaktion der Scores (Anteil des Ist-Wertes am Bezugswert für den jeweiligen Gewässertyp) der Einzelmetrics zur Berechnung der Multimetricen Indices; die farbig markierten Flächen kennzeichnen die ökologische Zustandsklasse; blau= sehr gut, grün=gut, gelb=mäßig, orange=unbefriedigend, rot=schlecht.

Es konnten deutliche Unterschiede in der typologischen Ausprägung der untersuchten Gewässer gefunden werden. Unterschiedliche Gewässertypen (saprobielle Grundzustände; hydromorphologische Ausprägungen) weisen generell eine unterschiedliche hohe Besiedelung bzw. Faunenzusammensetzungen auf. So wurde im Zuge der Studie in Gewässern des saprobiellen Grundzustandes (SGZ) von 1,75 deutlich höhere Taxazahlen festgestellt als bei einem SGZ von 1,5 (Abbildung 322, links) bzw. waren in den Flachbett Abschnitten signifikant höhere Abundanzen festzustellen als im Furt/Kolk Typ (Abbildung 322, rechts). Während zönotische Unterschiede hinsichtlich des saprobiellen Grundzustandes in der Detaillierten Methode berücksichtigt werden, wird auf feinere Flusstypspezifika wie Furt/Kolk- bzw. Flachbett-Typausprägung aufgrund des relativ groben Detaillierungsgrades nicht eingegangen.

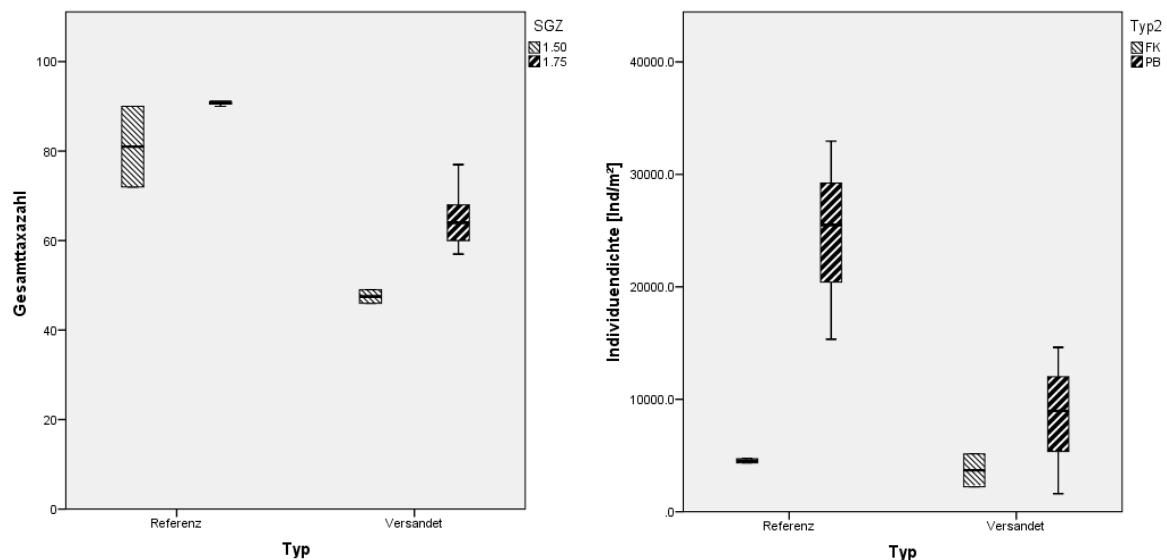


Abbildung 322: Gesamttaxazahl an Referenz- und versandeten Stellen in Abhängigkeit vom saprobiellen Grundzustand (links); Individuendichte an Referenz- und versandeten Stellen in Abhängigkeit vom Flusstyp, FK=Furt/Kolk, PB=Flachbett (rechts).

Die weiter oben erwähnten Faunenunterschiede entwickeln sich graduell entsprechend der Versandungsklasse und werden von der Detaillierten Methode zur Erhebung der ökologischen Zustandsklasse nach WRRL nicht immer klar abgebildet.

Die Ergebnisse zeigen für die Untersuchungsstellen der Referenzabschnitte den guten Zustand (ökologische Zustandsklasse 2) für die Untersuchungsstellen der versandeten Abschnitte meist ebenfalls den guten Zustand (ökologische Zustandsklasse 2), ausgenommen die Untersuchungsstellen Kl. Mühl (Versandungsklasse 3) und Gr. Mühl (Versandungsklasse 3-3+), die den mäßigen Zustand (ökologische Zustandsklasse 3) indizieren. Am Osterbach (Versandungsklasse 3) und an der Gusen (Versandungsklasse 3+) wird der gute Zustand noch knapp erreicht. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine Verschlechterung der ökologischen Zustandsklasse nach Detaillierter MZB-Methode erst ab Versandungsklasse 3 eintritt, wobei in zwei Fällen auch in dieser Versandungsklasse noch der gute ökologische Zustand indiziert wird. Dafür verantwortlich sind typologische Feinunterschiede (wie Furt-Kolk- bzw. Flachbett- Ausprägungen) sowie die Nichtbewertung von Individuendichten bzw. Biomassen aufgrund zu hoher saisonaler Variabilität (Ofenböck et al. 2010).

Abbildung 323 fasst die Ergebnisse grob zusammen. Die Zönosen der Untersuchungsstellen der Versandungsklassen 3 spalten sich klar von den geringer versandeten Stellen ab. Während als versandungsspezifische metrics nur %Oligochaeta Individuen und ein erhöhter Litoral-Profundal Anteil festgestellt wird, zeigen erhöhte Diversitäts- und Abundanzmetrics v.a. der EPT-Taxa unversandete Bedingungen an.

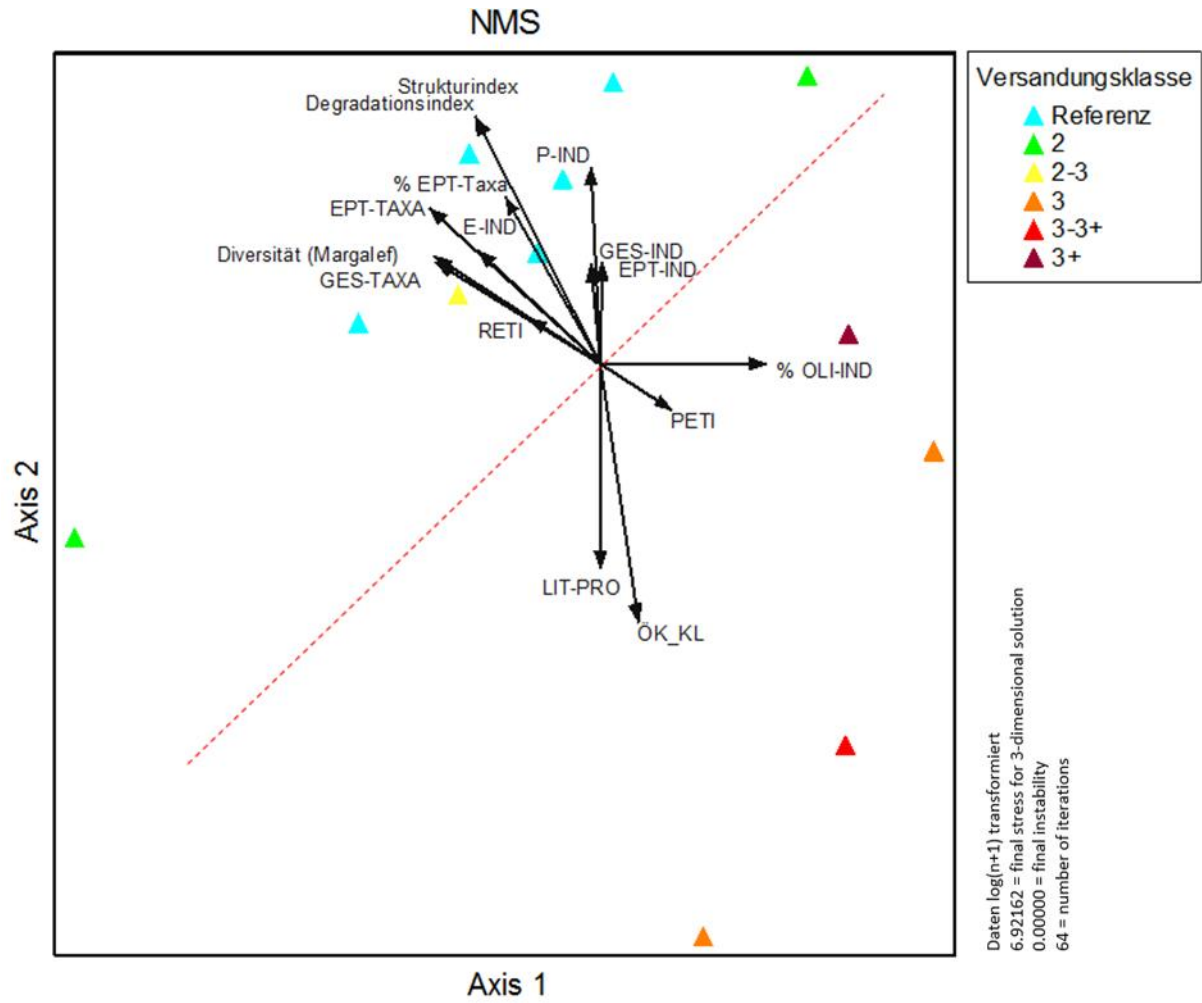


Abbildung 323: NMS-Scatterplot anhand der MZB-Zönosen der Einzelproben; Overlay: Substrattyp (links) und Versandungsklasse (rechts); Vektoren indizieren die Korrelation mit den Einzelmetrics (Biplot, „Cut off value“ $r^2=0,25$).

10.8. Schlussfolgerungen

- Erhöhter Feinsedimenteintrag zeigt nachhaltig negative Effekte auf aquatische Biozöosen (Diversität, Abundanz, Biomasse).
- Feinsedimenteintrag ist ein kontinuierlicher Prozess, der zu einer schleichenden und stetigen Verschlechterung der ökologischen Gesamtsituation führt und mittels Routine-Monitoring (z.B. MHS) erst ab starker Versandung (Versandungsklasse 3) zu erfassen ist.
- Das Beispiel der Gusen zeigt, wie kleinräumige Strukturen durch eine weitgehend intakte Ufervegetation (Totholzeintrag) trotz einer generellen Homogenisierung der Substratzusammensetzung in den versandeten Abschnitten dazu beitragen kann, eine hohe Biodiversität und ökologische Funktionsfähigkeit zu gewährleisten (siehe Vergleich in Abbildung 324).



Abbildung 324: Gewässertyp/Ufervegetation/Strukturen an Kl. Mühl (links) und Gusen (rechts).

- Da die Interaktion des Umlandes mit den aquatischen Lebensräumen ein ganz wesentlicher Faktor für die ökologische Funktionsfähigkeit ist, stellt sich für zukünftige Managementaufgaben folgende Prioritätensetzung:
 - Vermeidung von weiteren Sandeinträgen aus dem Umland sowie aus der unmittelbaren Uferregion
 - Schaffung von kleinräumigen Habitat-Strukturen im Gewässer, durch:
 - natürliche Totholzeinträge aus der Ufervegetation (Gewährleistung einer geschlossenen Ufervegetation bzw. Anpflanzungen von Uferstreifen) oder
 - anthropogen initiierte Strukturelemente wie z.B. Störsteine

Die Erkenntnisse dienen als Grundlage für die Konzipierung der Maßnahmen (siehe Kapitel 17).

11. Auflistung und Charakterisierung des Hochwassermanagements

11.1. Methodik

11.1.1. Hydrodynamisch-numerische Modellierung

Für die Analyse der Auswirkung des Feststoffeintrages in Fließgewässer im Mühlviertel und im Bayerischen Wald wurden hydrodynamisch-numerische Modelle in das Untersuchungsdesign implementiert. Eindimensionale (1-D) numerische Strömungsmodelle zeigten bereits in der Vergangenheit eine breite Anwendungsbasis für unterschiedliche wasserbautechnische Fragestellungen bzw. Umweltstudien und Umweltgutachten (Bhallamudi & Chaudhry 1991; Correia et al., 1992; van Niekerk et al., 1992). Die physikalischen Grundgleichungen der Gewässerhydraulik, die in der Modellierung berücksichtigt werden müssen, sind: (Gleichung 1) die Massenerhaltung oder Kontinuitätsgleichung (Gleichung 2) und die Energieerhaltung (Mahmood, 1975). Die im Projekt verwendete HEC-RAS Modellierungssoftware berechnet den Freispiegelabfluss in einem Fließgewässer mittels der eindimensionalen St. Venant Gleichungen, basierend auf einem Vier-Punkt impliziten Finiten Differenzen Schema. Dies ermöglicht die Modellierung größerer Zeitschritte im Vergleich zu expliziten numerischen Verfahren (Liggett & Cunge, 1975).

$$\frac{\delta A_T}{\delta t} + \frac{\delta Q}{\delta x} - q_l = 0 \quad (1)$$

wobei $Q(x,t)$ = Abfluss (m^3s^{-1}), A_T = Fließquerschnitt (m^2), q_l = lateraler Zufluss pro Einheitslänge (m^2s^{-1}).

$$\frac{\delta Q}{\delta t} + \frac{\delta QV}{\delta x} + gA \left(\frac{\delta z}{\delta x} + S_f \right) = 0 \quad (2)$$

wobei S_f = Energieliniengefälle (-), z = Wasserspiegel (m) (gleich $z_0 + h$ (Wassertiefe des Kontrollvolumens)), V = Kontrollvolumen (m^3), g = Erdbeschleunigung (ms^{-2}).

Konkret für die Prozessanalysen zur Versandungsproblematik wurden die querschnittsgemittelten Fließgeschwindigkeiten (ms^{-1}), Sohlschubspannung (Nm^{-2}), die Wassertiefen entlang des Talwegs (m) und die sogenannte „Stream power“ (Strömungsenergie) (Wm^{-1}) als Bewertungsgrößen für unterschiedliche Abflussgrößen herangezogen. Als hydrologische Eingangsgrößen wurden sowohl charakteristische Abflussgrößen wie MJNQT, MQ, HQ₁, HQ₃₀ und HQ₁₀₀ als auch morphologisch relevanten Durchflüsse wie $Q_{bordvoll}$ für die hydrodynamisch-numerischen Analysen herangezogen.

11.1.2. Hydrodynamische – numerische Modellierung schutzwasserwirtschaftlicher Gefährdungsbereiche

Für die Analyse möglicher schutzwasserwirtschaftlicher Gefährdungsbereiche wurden hydrodynamisch-numerische Modelle (eindimensional), wie im Kapitel 11.1 beschrieben, für n=6 Gewässerabschnitte erstellt. Die Gewässerabschnitte und deren jeweiligen Wasserstände wurden mittels tachymetrischer Vermessung aufgenommen (20-60 Querprofile je Gewässerabschnitt). Zur Anwendung kam hierbei die Totalstation TC 805L der Firma Leica. Die Geländeinformation des Vorlandes werden aus Laserscandaten (Airborne Laserscanning Daten, Digitales Geländemodell, 1 m-Raster) entnommen.

Bei Anwendung von hydrodynamisch-numerischen Modellen gilt die Kalibrierung der Eingangsparameter (Sohl- und Wandrauigkeit, Energieliniengefälle) als wichtige Grundvoraussetzung

für die Zuverlässigkeit des Modells. Hierbei ist anzumerken, dass sich mit steigendem Abfluss der Einfluss der Gewässersohle, Böschung und Vorland verändert (Yörük, 2009). Deswegen werden für dieses Projekt jeweils zwei Modelle pro Abschnitt erstellt und getrennt kalibriert.

Für **Modelle der Nieder-, und Mittelwasseranalysen** wurden mittels Sensitivitätsanalyse der Sohlrauigkeit bei gegebenem Durchfluss die berechneten Wasserspiegellagen mit den gemessenen Wasserspiegellagen verglichen und angepasst (Abbildung 325). Zur Ermittlung des Durchflusses kam das Tiefen-Geschwindigkeits-Integrationsverfahren zur Anwendung. Die hierfür notwendigen Messungen in unterschiedlichen Lotrechten und unterschiedlichen Wassertiefen wurden mit einem elektromagnetischen Fließgeschwindigkeitsmessgerät durchgeführt (FlowSens 801 1D).

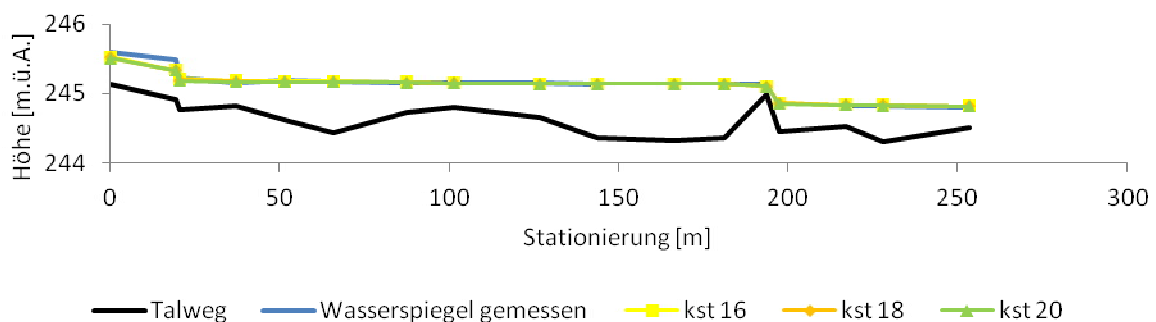


Abbildung 325: Kalibrierungsergebnis für den Gewässerabschnitt St. Georgen (Gusen), bei einem gegebenen Durchfluss von $Q=0,53 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. (Gewählter Rauigkeitsbeiwert Sohle: $k=18 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$; Sohlrampe: $k=14 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$; Mittlere Fehlerabweichung: 2 cm).

Die für die Fehlerminimierung notwendigen Rauigkeitsbeiwerte wurden in einem ersten Schritt der Literatur (Habersack, 1995) entnommen, wobei nur gewässertypische Parameter gewählt wurden.

Zur Anwendung kommen folgende Rauigkeitsbeiwerte (Strickler-Beiwerte):

- $k = 14 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ (Rottenegg)
- $k = 16 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$
- $k = 18 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ (St. Georgen, Perg)
- $k = 20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ (Freistadt, Schwertberg)
- $k = 22 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$
- $k = 26 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ (Pregarten)

Da für **Modelle der Hochwasseranalyse** keine Wasserspiegellagen für die charakteristischen Abflüsse HQ_{30} und HQ_{100} erhoben werden konnten, wurden Rauigkeiten mittels Sensitivitätsanalyse ermittelt. Grundlage bieten hierbei die Rauigkeitswerte des 2D Modells (Feldaist und Aist) der Zivilingenieure Thürriedl & Mayr (Juni 2014).

Zur Anwendung kommen folgende Rauigkeitsbeiwerte (Strickler-Beiwerte):

- Sohle: $k = 30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$
- Böschung: $k = 10 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$
- Vorland: $k = 17 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$

11.1.3. Beschreibung der hydraulisch / hydrologischen Auswirkung der Versandung mit Bezug zum Hochwasser-Abfluss

Für schutzwasserwirtschaftlich sensible Bereiche wurden weitere Analysen des Ist-Zustandes durchgeführt und Auswirkungen der Versandung durch Modellierung möglicher Anlandungsszenarien untersucht. Es werden hierfür Modelle der Hochwasseranalyse wie in Kapitel 11.1.2 beschrieben verwendet.

Hierfür wurden zuerst anhand langjähriger Pegelaufzeichnungen Durchflüsse mit einer Jährlichkeit von 10, 30 und 100 Jahren gerechnet. Die Abflusshöhe für Niederwasser (MJNQT), Mittelwasser (MQ) und 1-jährliches Hochwasser (MJHQ) wurden direkt aus dem Hydrographischen Jahrbuch von Österreich 2011 entnommen. Die Hochwassersicherheit des Ist-Zustands (Datengrundlage: Vermessung Sommer/Herbst 2014) wurde anhand dieser Abflussszenarien untersucht. Jene Abflussmenge die in mindestens einem Querprofil bordvollen Zustand erreicht oder überschreitet wird als kritisch vermerkt (Abbildung 326).

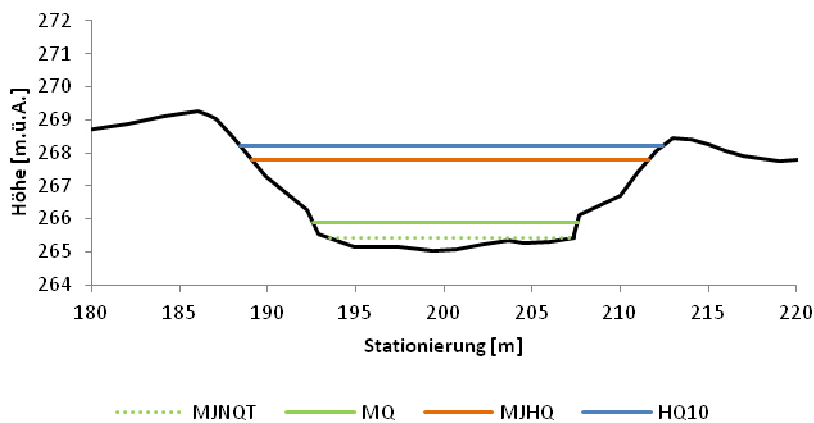


Abbildung 326: Beispiel einer Analyse zur Auswirkungen der Versandung mit Bezug zum Hochwasser-Abfluss (Rottenegg/Walding, Gr.Rodl). Dargestellt sind ein Profil des untersuchten Abschnittes und Charakteristische Abflüsse: mittleres jährliches Niederwasser (MJNQT), Mittelwasser (MQ), mittleres jährliches Hochwasser (MJHQ), 10-jährliches Hochwasser (HQ₁₀).

Auswirkungen der Anlandung auf Hochwasserabflüsse (Wasserspiegel von HQ₁₀, HQ₃₀, HQ₁₀₀) werden ebenfalls anhand Querprofile (Abbildung 327) der Modelle ermittelt. Hierfür wurden teils bestehende Anlandungen im Modell entfernt und in weiterer Folge die Gewässersohle im Intervall von 5 cm erhöht über den gesamten Querschnitt kontinuierlich erhöht, bis eine maximale Sohlanhebung von 50 cm erreicht wird. Untersucht wurde hierbei die Auswirkung auf den Wasserspiegel bezogen auf die Wasserspiegellage ohne Anlandung. Abbildung 328 zeigt hierbei eine solche Analyse. Auf der Y-Achse ist die Differenz des Wasserspiegels aufgetragen, die X-Achse zeigt die Anlandungsszenarien von 5 cm - 50 cm. Abbildung 329 unterscheidet sich durch Darstellung der flächenhaften Anlandung.

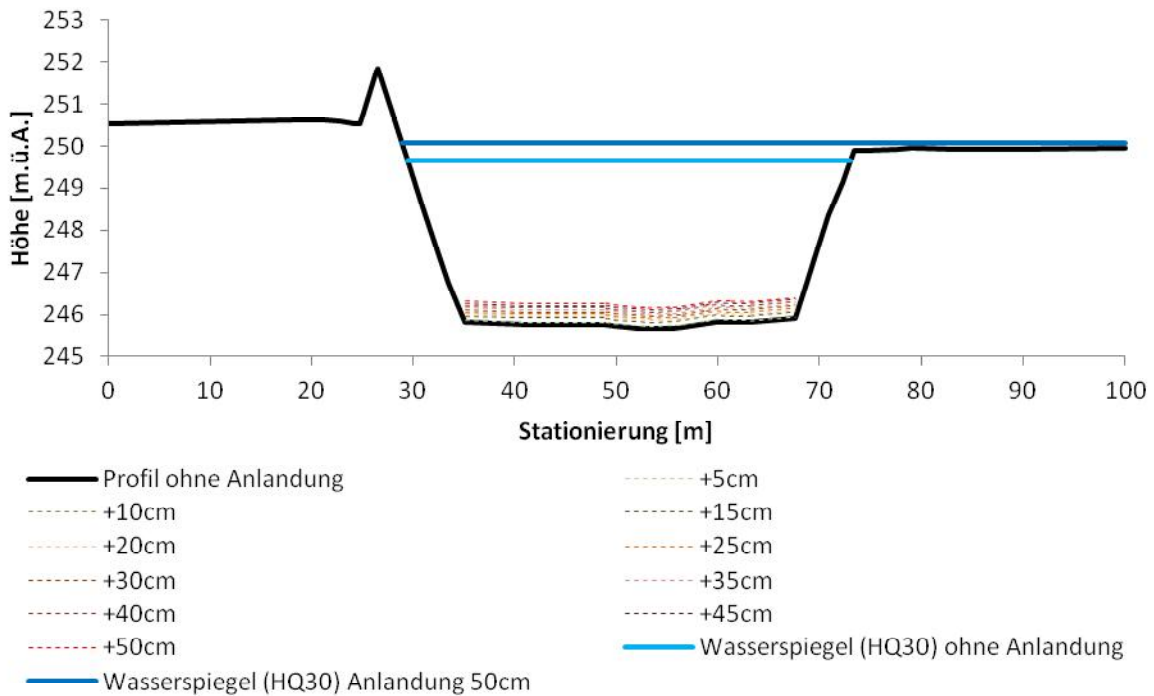


Abbildung 327: Beispiel der Anlandungsszenarien Analyse (Schwertberg, Aist). Dargestellt ist ein Querprofil (schwarz), Sohlenerhebung (strichliert, Bereich +5 cm bis +50 cm), Wasserpegellage bei HQ₃₀ ohne Anlandung (hellblau) und mit 50 cm Anlandung (dunkelblau).

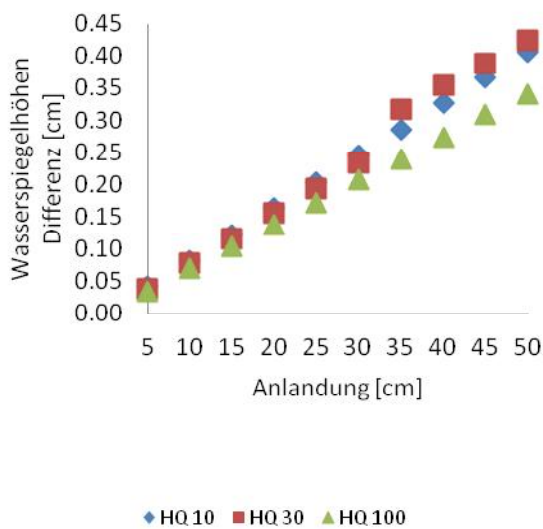


Abbildung 328: Anlandungsszenarien Analyse. Dargestellt ist die Änderung der Wasserpegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse).

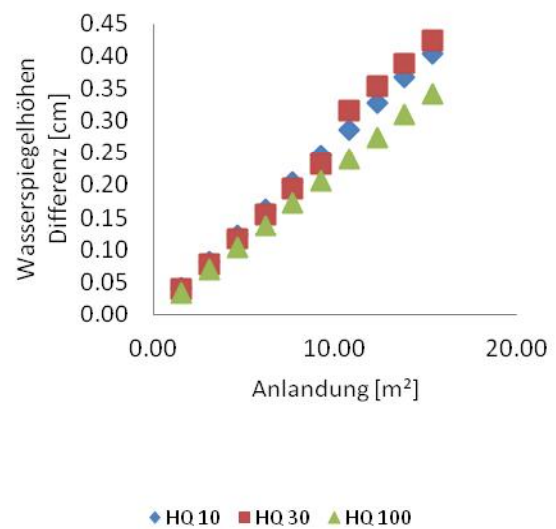


Abbildung 329: Anlandungsszenarien Analyse. Dargestellt ist die Änderung der Wasserpegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m² (X-Achse).

11.1.4. Regimebreite

Millar (2005) beschreibt die Regimebreite als jene mittlere Fließgewässersbreite, die sich ohne anthropogene Einwirkung über eine lange Zeitperiode einstellt. Diese Breite muss hierbei als dynamisch angesehen werden. Das bedeutet, dass es zwar zu Seiten-, und Tiefenerosion kommt, die Umlagerungsprozesse aber langfristig zu einer relativ konstanten Gewässersbreite führen. Untersucht wurde im Projekt die Anwendbarkeit bekannter Regimeformeln (Simons & Albertson (1963), Leopold & Maddock (1953), Nixon et.al, (1959), Kellerhals (1967)) für Fließgewässer im Mühlviertel und Bayrischen Wald. Mittels hydrodynamisch-numerischer Modellierung sollen hierbei diese Formeln überprüft bzw. angepasst werden, um eine Abschätzung der seitlichen Verlandung durchführen zu können. Es werden hierfür Modelle der Nieder-, und Mittelwasseranalysen wie in Kapitel 11.1.2 beschrieben verwendet.

11.2. Ergebnisse Hydrodynamische – numerische Modellierung schutzwasserwirtschaftlicher Gefährdungsbereiche

Ausgewählt wurden jene Bereiche, die nach dem Hochwasser 2013 geräumt wurden und erhöhtes Schadenspotential durch Infrastruktur (Industrie, Verkehrswege, Siedlungsraum) im Nahbereich der Gewässer aufweisen. Hierbei wurden Gewässerabschnitte in Freistadt (Feldaist, Abbildung 330), Pregarten (Feldaist, Abbildung 331), Schwertberg (Aist, Abbildung 332), St. Georgen (Gusen, Abbildung 334), Rottenegg/Walding (Gr. Rodl, Abbildung 333) und Perg (Tobrakanal, Abbildung 335) für die hydrodynamisch-numerische Modellierung herangezogen.

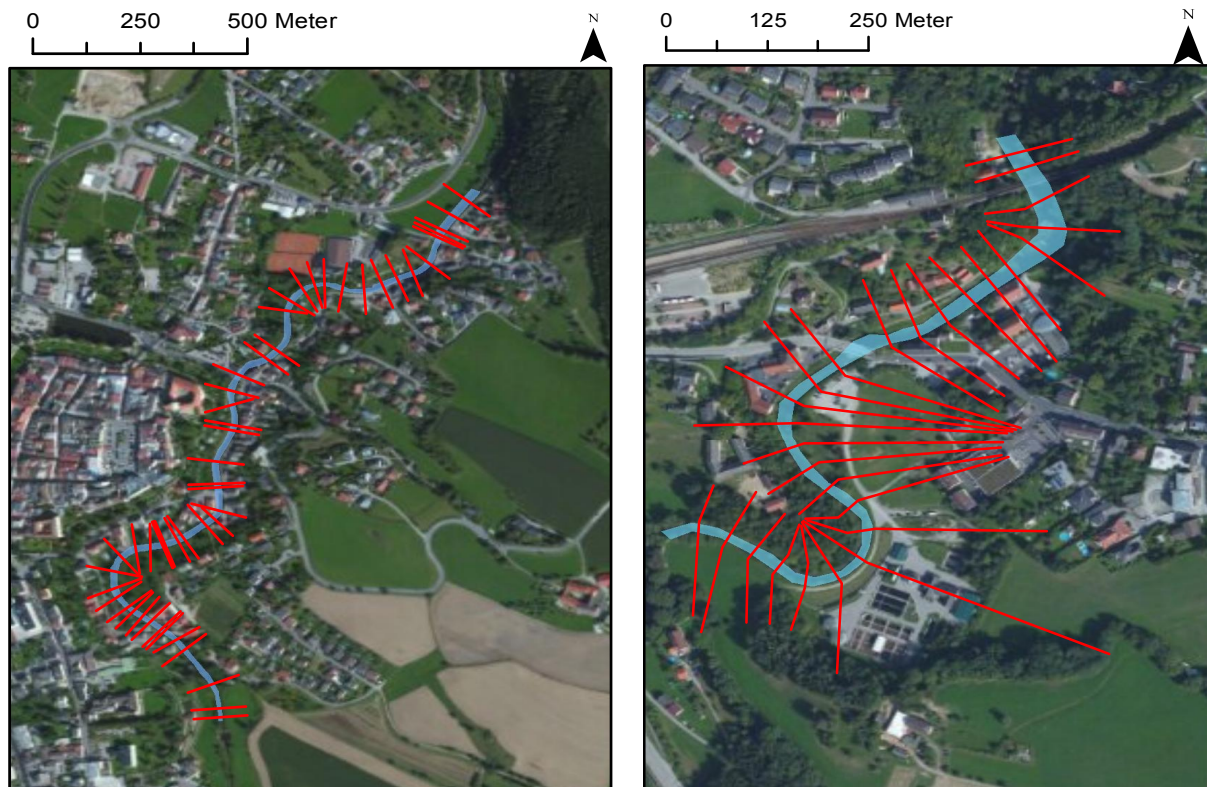


Abbildung 330: Gewässerabschnitt Freistadt (Feldaist).
Legende: Gewässerachse (blau); vermessene Querprofile (rot).

Abbildung 331: Gewässerabschnitt Pregarten (Feldaist).
Legende: Gewässerachse (blau); vermessene Querprofile (rot).



Abbildung 332: Gewässerabschnitt Schwertberg (Aist). Legende: Gewässerachse (blau); vermessene Querprofile (rot).

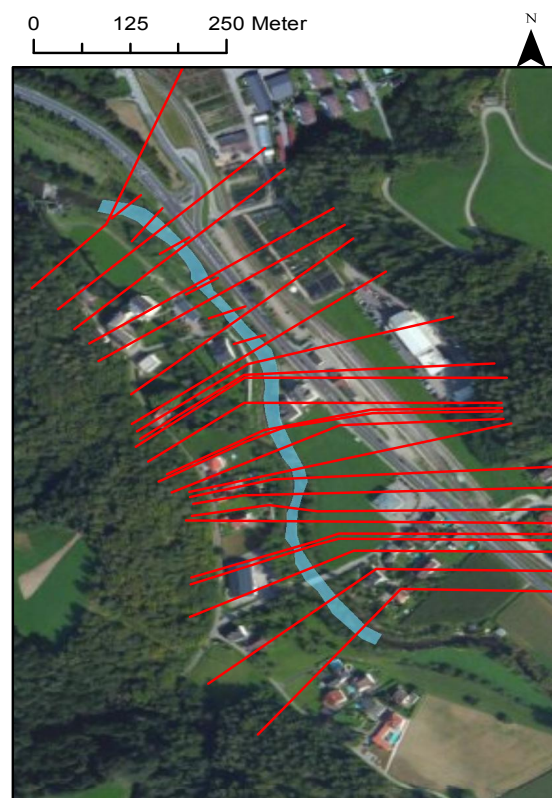


Abbildung 333: Gewässerabschnitt Rottenegg (Gr. Rodl). Legende: Gewässerachse (blau); vermessene Querprofile (rot).

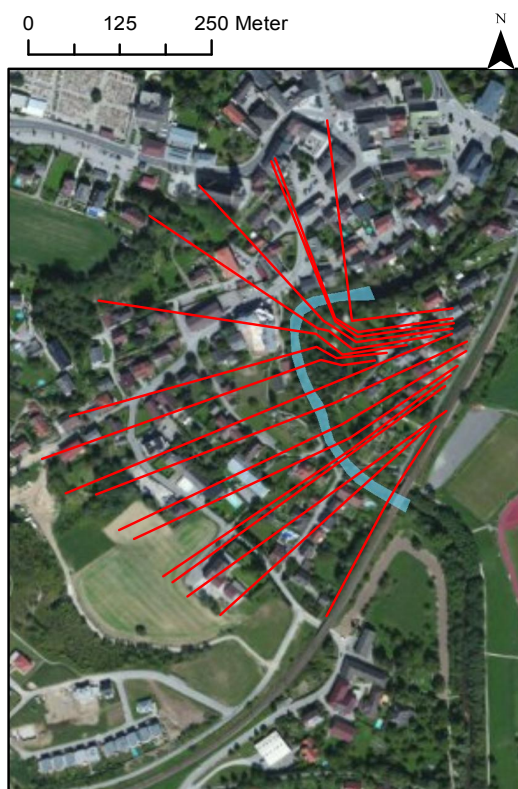


Abbildung 334: Gewässerabschnitt St. Georgen (Gusen). Legende: Gewässerachse (blau); vermessene Querprofile (rot).



Abbildung 335: Gewässerabschnitt Perg (Tobrakanal). Legende: Gewässerachse (blau); vermessene Querprofile (rot).

11.2.1. Freistadt (Feldaist)

Im Gewässerabschnitt in Freistadt war bei der Vermessung streckenweise eine deutliche Anlandung festzustellen. Vegetation auf diesen Anlandungen war nur teilweise festzustellen. Die Modellierung des IST-Zustandes ergab, dass eine tlw. Gefährdung (Ausuferung) ab einem Ereignis Q größer $36\text{m}^3\text{s}^{-1}$ zu erwarten ist. Der zurzeit verfügbare Abflussquerschnitt muss daher als kritisch angesehen werden. Hierbei ist anzumerken, dass auch nach Entfernung der Anlandung (Analyse der Anlandungsszenarien) keine deutliche Verbesserung aus schutzwassertechnischer Sicht zu erwarten ist (Bezug zu HQ_{100} -Schutz). In Abbildung 336 sieht man jedoch, dass sich die Sedimentablagerung insbesondere auf kleinere Hochwasserereignisse (HQ_1 - HQ_{10}) auswirkt. Grund hierfür ist, dass bei größeren Hochwasserereignissen (HQ_{30} - HQ_{100}) das Vorland an Einfluss auf die Abflusskapazität zunimmt.

Abbildung 337 zeigt bei einem Anlandungsszenario von 50 cm eine mittlere Anlandung von 3 m^2 pro Querprofil.

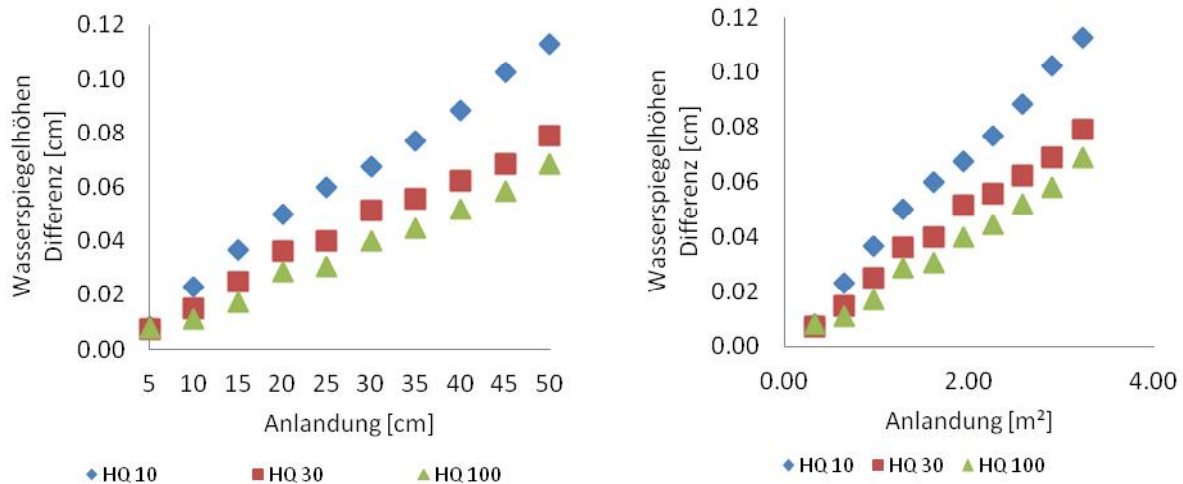


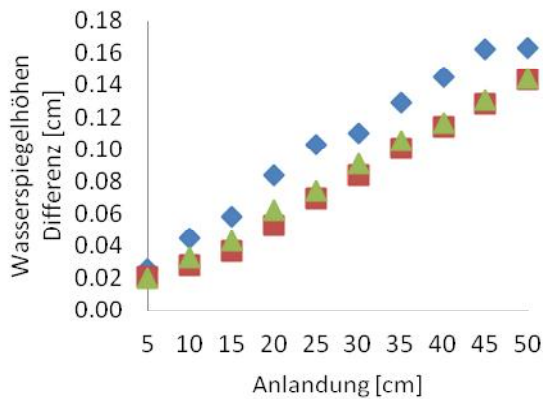
Abbildung 336: Anlandungsszenarien Analyse Freistadt (Feldaist). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse).

Abbildung 337: Anlandungsszenarien Analyse Freistadt (Feldaist). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m^2 (X-Achse).

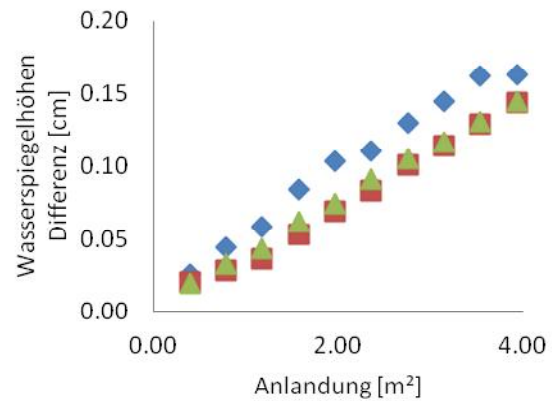
11.2.2. Pregarten (Feldaist)

Im Gewässerabschnitt in Pregarten war bei der Vermessung abschnittsweise Anlandung von Feinmaterial festzustellen. Die Modellierung des IST-Zustandes ergab, dass eine Gefährdung ab einem Ereignis Q größer $70,7\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ zu erwarten ist. Der zurzeit verfügbare Abflussquerschnitt muss daher als kritisch angesehen werden. Hierbei ist anzumerken, dass nach Entfernung der Anlandung (Analyse der Anlandungsszenarien) eine leichte Verbesserung aus schutzwassertechnischer Sicht zu erwarten ist. Die Sohlanhebung wirkt sich, ähnlich wie in Freistadt, etwas stärker auf kleine Hochwasserereignisse (HQ_1 - HQ_{10}) aus. Der Unterschied ist jedoch geringer, da der Abflussquerschnitt größer dimensioniert ist.

Abbildung 339 zeigt bei einem Anlandungsszenario von 50 cm eine mittlere Anlandung von 4 m^2 pro Querprofil.



◆ HQ10 ■ HQ30 ▲ HQ100



◆ HQ10 ■ HQ30 ▲ HQ100

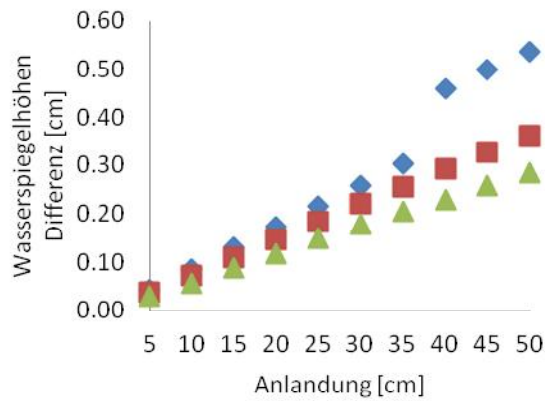
Abbildung 338: Anlandungsszenarien Analyse Pregarten (Feldaist). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse).

Abbildung 339: Anlandungsszenarien Analyse Pregarten (Feldaist). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m² (X-Achse).

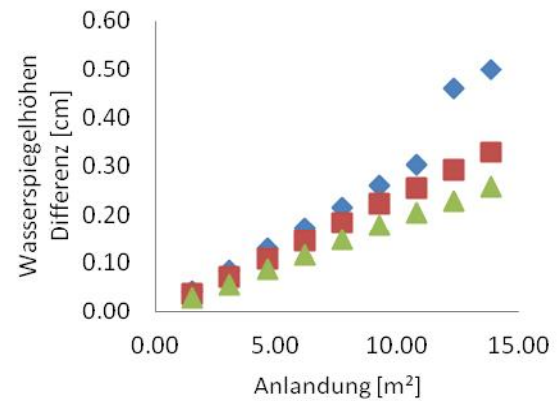
11.2.3. Schwertberg (Aist)

Im Gewässerabschnitt in Schwertberg war bei der Vermessung streckenweise deutliche Anlandung und Aufkommen von Vegetation festzustellen. Die Modellierung des IST-Zustandes ergab, dass eine Gefährdung ab einem Ereignis größer HQ₃₀ ($Q = 197,6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) zu erwarten ist. Nach Entfernung der Anlandung (Analyse der Anlandungsszenarien) ist eine leichte Verbesserung aus schutzwassertechnischer Sicht zu erwarten (Gefährdung ab HQ₁₀₀ = $253,7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$). Eine mögliche negative Auswirkung durch Rückstau bei Hochwassersituation in der Donau konnte nicht modelliert werden. Dieser Aspekt sollte daher näher untersucht bzw. berücksichtigt werden. In Abbildung 340 erkennt man bei einem HQ₁₀ und Anlandungsszenario von 40 cm einen Sprung. Dieser tritt auf falls Böschungsbewuchs (dichte Strauchvegetation) in diesem Bereich aufkommt. Bei Ereignissen größer HQ₁₀ wirkt sich diese optionale Rauigkeit der Böschung hingegen gleichmäßiger aus, da der Einfluss der Sohlrauigkeit mit steigendem Wasserspiegel abnimmt.

Abbildung 341 zeigt weiters bei einem Anlandungsszenario von 50 cm eine mittlere Anlandung von 16 m² pro Querprofil.



◆ HQ.10 ■ HQ.30 ▲ HQ.100



◆ HQ.10 ■ HQ.30 ▲ HQ.100

Abbildung 340: Anlandungsszenarien Analyse Schwertberg (Aist). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse).

Abbildung 341: Anlandungsszenarien Analyse Schwertberg (Aist). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m² (X-Achse).

11.2.4. Rottenegg (Große Rodl)

Der Untersuchungsabschnitt Rottenegg weist eine sehr starke Verlandung auf, welche zusätzlich durch das Vegetationsaufkommen teilweise stabilisiert wird. Im Bereich des Mühlbacheinlaufs ist weiters eine zusätzliche Akkumulation von Feinmaterial festzustellen. Der Ist-Zustand zeigt, dass leichte Ausuferungen bei einem $Q = 84 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ eintreten; deutliche Ausuferungen sind hingegen erst bei einem Hochwasserabfluss von $HQ_{30} = 110 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ zu erwarten. Nach Entfernung der Anlandung (Analyse der Anlandungsszenarien) ist eine leichte Verbesserung aus schutzwassertechnischer Sicht zu erwarten. Durch das breitere Querprofil wirkt sich eine Sohlanhebung relativ gleichmäßig auf Hochwasserereignisse aus (Abbildung 342).

Abbildung 343 zeigt bei einem Anlandungsszenario von 50 cm eine mittlere Anlandung von 7 m^2 pro Querprofil.

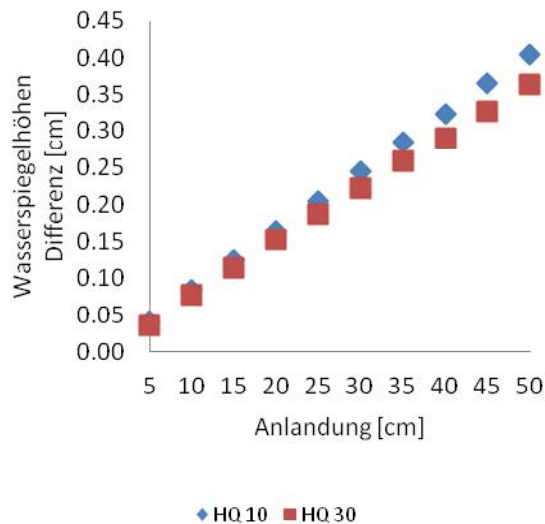


Abbildung 342: Anlandungsszenarien Analyse Rottenegg (Gr. Rodl). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse).

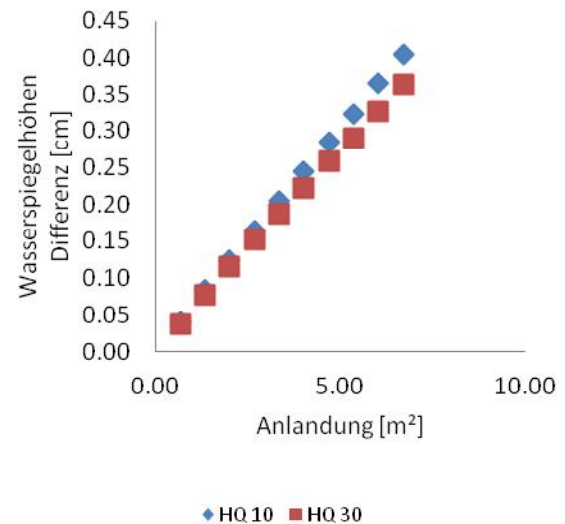


Abbildung 343: Anlandungsszenarien Analyse Rottenegg (Gr. Rodl). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m² (X-Achse).

11.2.5. St. Georgen (Gusen)

Im Gewässerabschnitt in St. Georgen war bei der Vermessung abschnittsweise ein Anlandung von Feinmaterial (Granitgrus) festzustellen. Hochwasserabflüsse bis zu einer Größe von $HQ_{100} = 102,6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ können schadlos abgeführt werden. Der zurzeit verfügbare Abflussquerschnitt kann daher als unkritisch angesehen werden. Eine mögliche negative Auswirkung durch Rückstau bei Hochwassersituation in der Donau konnte nicht modelliert werden. Dieser Aspekt sollte daher näher untersucht bzw. berücksichtigt werden. Nach Entfernung der Anlandung (Analyse der Anlandungsszenarien) ist eine weitere Verbesserung aus schutzwassertechnischer Sicht zu erwarten. Hierbei wirkt sich eine Sohlenerhebung relativ linear auf die Höhe des Wasserspiegels aus. Grund hierfür ist die Querschnittsgeometrie und Einfluss des Vorlandes.

Abbildung 345 zeigt bei einem Anlandungsszenario von 50 cm eine mittlere Anlandung von 5 m² pro Querprofil.

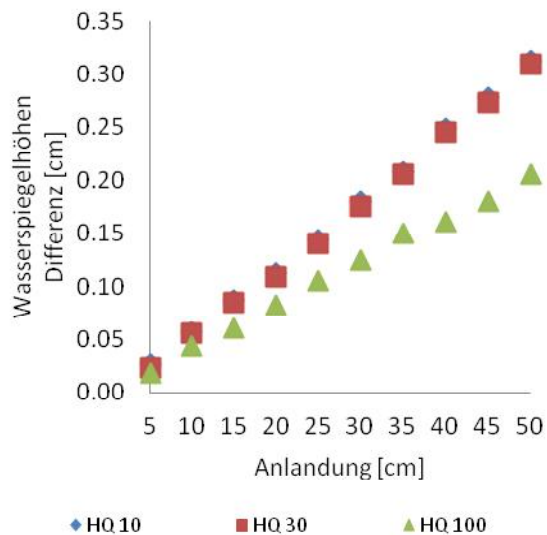


Abbildung 344: Anlandungsszenarien Analyse St. Georgen (Gusen). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse).

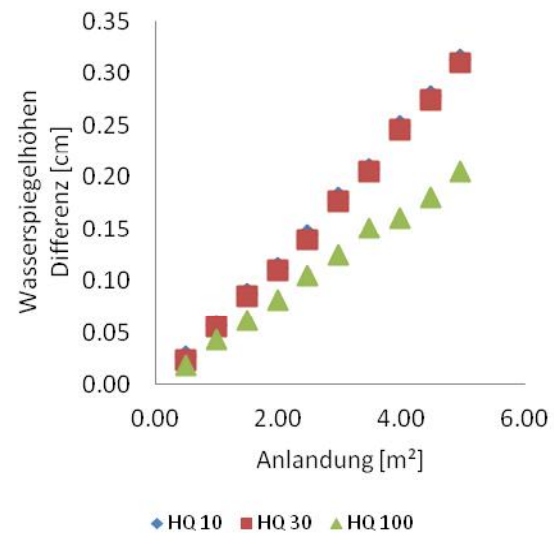


Abbildung 345: Anlandungsszenarien Analyse St. Georgen (Gusen). Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m² (X-Achse).

11.2.6. Sandfang Perg (Tobrakanal)

Die Abschnitte ober-, und unterhalb des Sandfanges in Perg weisen keine bzw. nur geringe Sedimentablagerungen auf. Im Randbereich des Sandfanges sind hingegen hohe Mengen von Feinmaterial festzustellen (Vermessung Herbst 2014). Da für den Gewässerabschnitt am Tobrakanal keine quantitative Aufzeichnung des Abflusses zur Verfügung steht musste die Analysemethodik adaptiert werden.

Zur Anwendung kam hierbei eine hydrodynamisch-numerische Modellierung der transportwirksamen Abflüsse (Bewegungsbeginn $\tau > \tau_{crit}$) wie in 11.1.2 beschrieben. Der Sandfang, sowie die Abschnitte ober-, und unterhalb wurden hierbei getrennt untersucht. Der bordvolle Zustand wird als Referenzwert herangezogen und beträgt $Q_{BV} = 10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Dieser maximal mögliche Abfluss führt zu keiner Mobilisation von Korngrößen kleiner 10 mm im Sandfang. Flussauf des Sandfanges führt ein Abfluss größer $Q = 1,2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ zum Bewegungsbeginn für Korngrößen kleiner 10 mm. Flussab sind hingegen nur $0,2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ notwendig. Dies ist mit der deutlichen geringeren Fließgewässerbreite zu erklären.

Es kann daher angenommen werden, dass ein vollständiger Rückhalt im Sandfang der, für die Ökologie kritisch angesehenen, Korngrößen von 1 mm-10 mm gewährleistet ist.

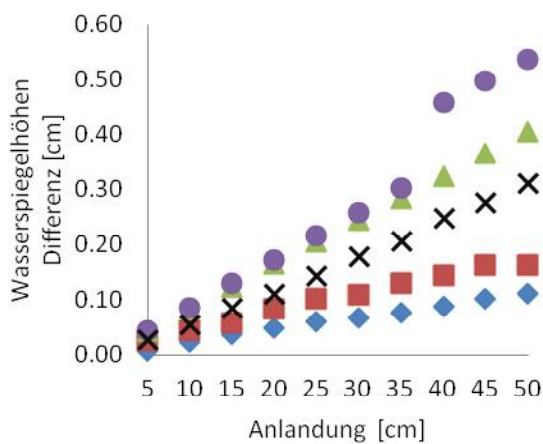
11.2.7. Gegenüberstellung der Modellergebnisse hinsichtlich schutzwasserwirtschaftlich charakteristischer Durchflüsse

Im Folgenden werden die bisher angeführten Ergebnisse abhängig von den charakteristischen Abflüssen HQ_{10} , HQ_{30} , HQ_{100} angeführt und diskutiert.

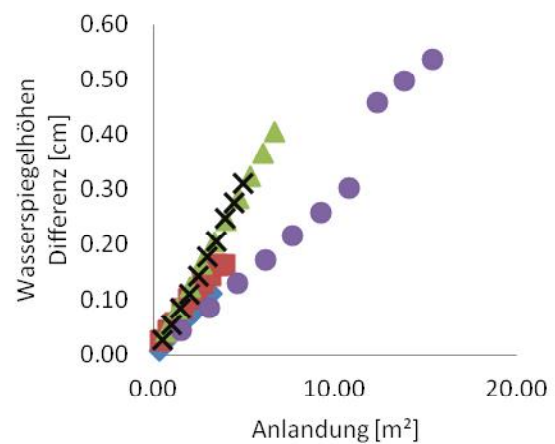
Ein Vergleich der Anlandungsszenarien lässt den Einfluss der Gerinnegeometrie gut erkennen. In Freistadt führt die simulierte Anlandung, durch das (nahezu) rechteckige Profil, zu den stärksten Auswirkungen auf die Wasserspiegellage. Ist die relative Wasserspiegelhöhen Differenz bei einem HQ_{10} noch relativ ähnlich wie an den anderen Abschnitten, verliert die Anlandung an Relevanz mit zunehmend größer werdenden Abflüssen (Vgl. Abbildung 346, Abbildung 348, Abbildung 350). Dieser Effekt lässt sich in ähnlicher Weise für breite Profile (z.B. Schwertberg) feststellen. Hier führt eine mögliche Anlandung, unabhängig der Abflussgröße, zu sehr ähnlichen relativen Änderungen der Wasserspiegellagen, da die Hochwässer überwiegend innerhalb des Querschnitts abgeführt werden.

In der flächenhaften Auswertung der Anlandungsszenarien zeigt sich, dass in Schwertberg (mit dem breitesten Profil) die größte Toleranz gegenüber Materialablagerungen besteht (Abbildung 347, Abbildung 349, Abbildung 351). Die anderen untersuchten Gewässerabschnitte zeigen relativ ähnliche Flächenverluste des aktiven Fließquerschnitts durch die Anlandung (3-7 m² bei angenommener Sohlanhebung von 50 cm).

Gegenüberstellung der Modellergebnisse bei einem HQ_{10}



◆ Freistadt ■ Pregarten ▲ Rottenegg ● Schwertberg ✕ St. Georgen



◆ Freistadt ■ Pregarten ▲ Rottenegg ● Schwertberg ✕ St. Georgen

Abbildung 346: Vergleich der Anlandungsszenarien Analyse bei jeweiligem HQ_{10} Abfluss. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse). Legende: Freistadt (blau), Pregarten (rot), Rottenegg (grün), Schwertberg (Violett) und St. Georgen (schwarz).

Abbildung 347: Vergleich der Anlandungsszenarien Analyse bei jeweiligem HQ_{10} Abfluss. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m² (X-Achse). Legende: Freistadt (blau), Pregarten (rot), Rottenegg (grün), Schwertberg (Violett) und St. Georgen (schwarz).

Gegenüberstellung der Modellergebnisse bei einem HQ₃₀

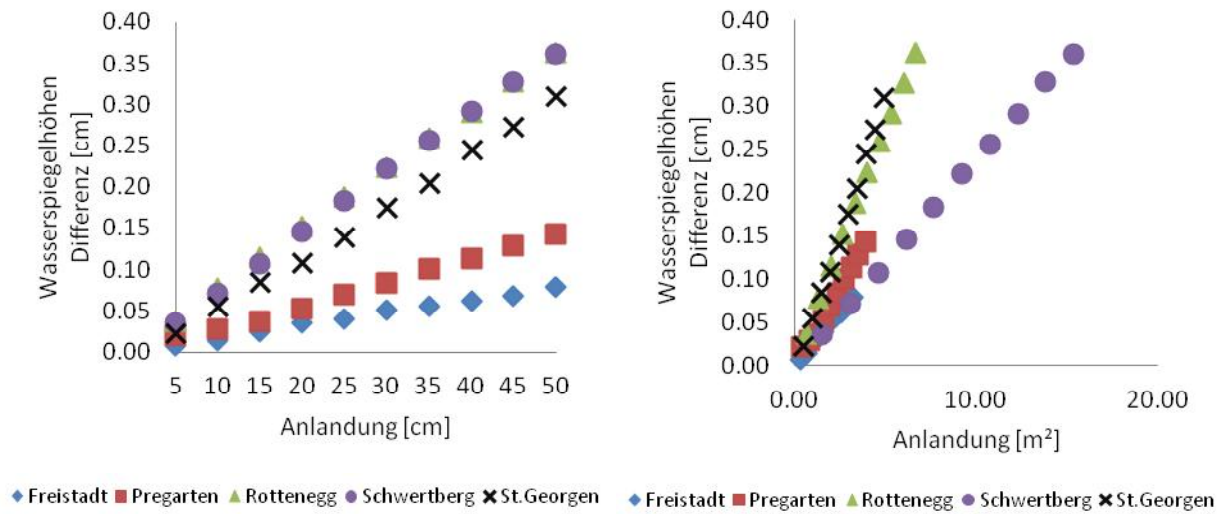


Abbildung 348: Vergleich der Anlandungsszenarien Analyse bei jeweiligen HQ₃₀ Abfluss. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse). Legende: Freistadt (blau), Pregarten (rot), Rottenegg (grün), Schwertberg (Violett) und St. Georgen (schwarz).

Abbildung 349: Vergleich der Anlandungsszenarien Analyse bei jeweiligen HQ₃₀ Abfluss. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m² (X-Achse). Legende: Freistadt (blau), Pregarten (rot), Rottenegg (grün), Schwertberg (Violett) und St. Georgen (schwarz).

Gegenüberstellung der Modellergebnisse bei einem HQ₁₀₀

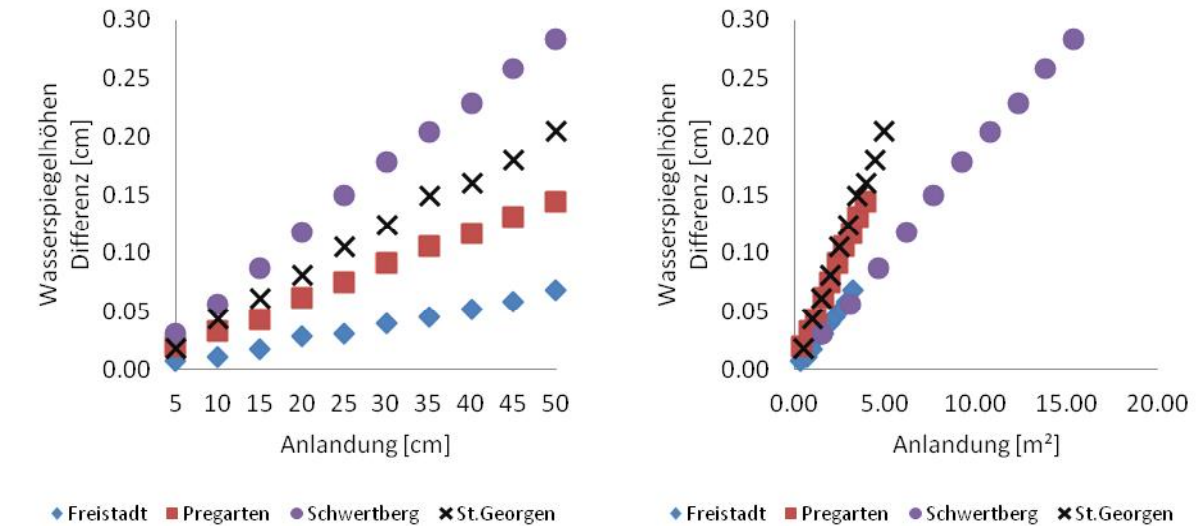


Abbildung 350: Vergleich der Anlandungsszenarien Analyse bei jeweiligen HQ₁₀₀ Abfluss. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungshöhe in cm (X-Achse). Legende: Freistadt (blau), Pregarten (rot), Schwertberg (Violett) und St. Georgen (schwarz).

Abbildung 351: Vergleich der Anlandungsszenarien Analyse bei jeweiligen HQ₁₀₀ Abfluss. Dargestellt ist die Änderung der Wasserspiegellage in cm (Y-Achse) abhängig von der Anlandungsfläche in m² (X-Achse). Legende: Freistadt (blau), Pregarten (rot), Schwertberg (Violett) und St. Georgen (schwarz).

11.2.8. Regimebreite

Die Überprüfung der Regimeformel nach Simons & Albertson (1963) mittels hydrodynamisch-numerischer Modellierung zeigt eine gute Übereinstimmung bei einem simulierten 1-jährlichen Hochwasser (Tabelle 20). Etwas schlechtere Ergebnisse zeigen sich hingegen bei den anderen untersuchten Formeln (Leopold & Maddock (1953), Nixon et.al. (1959), Kellerhals (1967)). Hierbei muss jedoch angemerkt werden, dass insbesondere das berechnete Sohlgefälle aller untersuchten Regimeformeln von den untersuchten Gewässerabschnitten im Mühlviertel abweichen. Weiters zeigte sich, dass die bekannten Regimeformeln nur für ausgewählte charakteristische Durchflüsse zutreffen (meist HQ_1).

Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Rahmenbedingungen für die Anwendungen der Regimeformeln in den Untersuchungsstrecken variieren (Gefälleknick, deutlicher Materialüberschuss).

Tabelle 20: Ergebnisse der Regimebreite bei MJHQ nach Simons & Albertson (1963) und Überprüfung mittels hydrodynamisch-numerischen Modells.

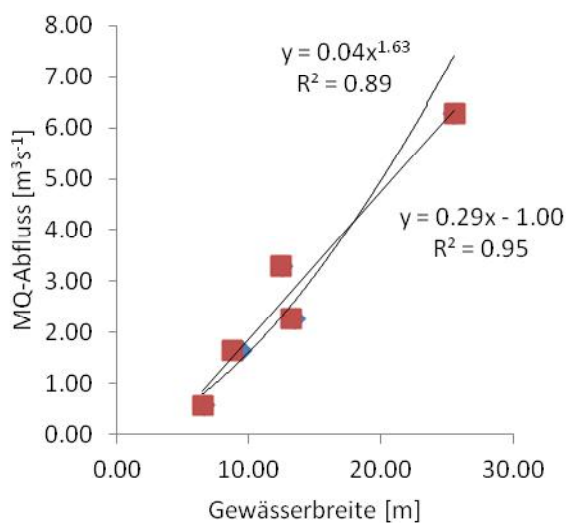
	Freistadt Feldaist	Pregarten Feldaist	Schwertberg Aist	St. Georgen Gusen	Rottenegg Gr. Rodl
Gewässerbreite					
Simons & Albertson	11.80 m	16.60 m	26.00 m	19.40 m	21.10 m
Hydro-Dyn- Modell	9.40 m	22.80 m	32.20 m*	20.30 m	23.40 m
Gewässertiefe					
Simons & Albertson	1.60 m	2.10 m	2.90 m	2.30 m	2.80 m
Hydro-Dyn- Modell	1.60 m	2.00 m	2.10 m	2.50 m	2.48 m

*Im Mittel über Gesamte Strecke; Im kritischen Bereich beträgt die mittlere Profilbreite 40m.

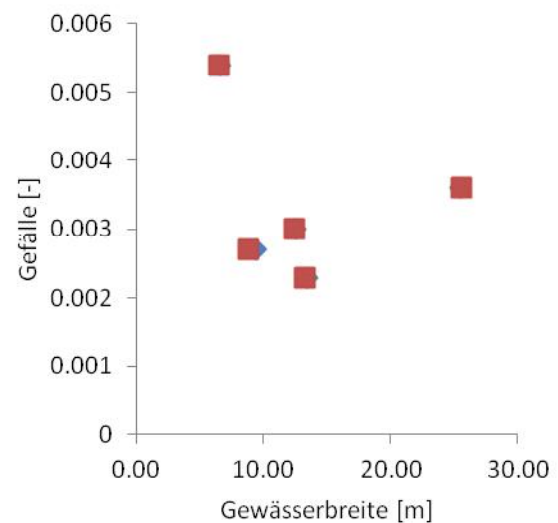
Weitere Analysen ergaben hierbei eine gute Korrelation der benetzten Breite bei Mittelwasser (Tabelle 21) und etwas schlechtere Ergebnisse für Niederwasserabfluss. Es kann daher angenommen werden, dass bereits Durchflüsse um Mittelwasser als maßgebliche transportwirksame Abflüsse anzusprechen sind. Dies wird sowohl durch die Ergebnisse des Feststofftransportmodells an der Aist als auch durch die physikalischen Modellversuche im Labor des IWHW bestätigt. In einer Analyse der Freilanddaten zeigt sich auch, dass die Anlandungen ungefähr die Höhe des Wasserspiegels bei Mittelwasser erreichen. Aufgrund der geringen Datengrundlage (n=5) kann derzeit jedoch noch nicht mit Sicherheit festgestellt werden, ob ein linearer ($y=0.29x-1.00$) oder ein exponentieller ($y=0.04x^{1.63}$) Zusammenhang besteht (Abbildung 352). Ausgeschlossen werden kann hingegen der Einfluss des Sohlgefälles auf die Gewässerbreite (Abbildung 353).

Tabelle 21: Teilergebnisse der hydrodynamisch-numerischen Modellierung zur Ermittlung der natürlichen Regimebreite.

Strecke	Mittelwasser m ³ /s	Gewässerbreite (Mittelwert) m	Gewässerbreite (Median) m	S
Freistadt	0.58	6.64	6.51	0.0054
Pregarten	1.65	9.45	8.81	0.0027
Rottenegg	3.31	12.57	12.42	0.0030
Schwertberg	6.28	25.51	25.60	0.0036
St.Georgen	2.27	13.51	13.25	0.0023



- ◆ Gewässerbreite (Mittelwert)
- Gewässerbreite (Median)
- Linear (Gewässerbreite (Median))
- Pot. (Gewässerbreite (Median))



- ◆ Gewässerbreite (Mittelwert)
- Gewässerbreite (Median)

Abbildung 352: Untersuchung einer möglichen Korrelation zwischen Mittelwasserabfluss und Gewässerbreite. Dargestellt ist auf der X-Achse die hydrodynamisch-numerisch modellierte Gewässerbreite (Median) der Untersuchungsgebiete sowie der Mittelwasserabfluss (Y-Achse). Desweiteren sind ein möglicher linearer bzw. exponentieller Zusammenhang eingetragen.

Abbildung 353: Untersuchung einer möglichen Korrelation zwischen Sohlgefälle und Gewässerbreite. Dargestellt ist auf der X-Achse die hydrodynamisch-numerisch modellierte Gewässerbreite (Median) der Untersuchungsgebiete sowie das Sohlgefälle in jenen Bereichen (Y-Achse).

12. Überprüfung der Übertragung der Aussagen zum Geschiebemanagement

In diesem Kapitel werden grundlegende Prozesse auf ihre Übertragbarkeit untersucht. Diese Untersuchung der Übertragbarkeit beinhaltet naturräumliche Analysen auf unterschiedlichen Skalen. Einerseits werden in einer überregionalen (makroskaligen Betrachtung) mögliche Änderungen in der Hydrologie in Bezug auf erosiven Niederschlag und mögliche Veränderungen von transportwirksamen Abflüssen untersucht. Andererseits wurden sehr kleinräumige Prozesse des Sedimenttransportverhaltens im physikalischen Wasserbaulabor hinsichtlich allgemein gültiger Aussagen untersucht.

12.1. Makroskalige hydrologische Analysen

12.1.1. Methodik hydrologische Analysen

Änderungen der Niederschlagsmenge und Intensität und ihr nachweislicher Einfluss auf die Fließgewässerentwicklung wurden in den letzten Jahren vermehrt untersucht (Zhang et al., 2005; Vano et al., 2012; Nearing et al., 2005). Für die Analyse von langjährigen Niederschlagsmessreihen hat (Buishand 1982; Craddock 1979) die Berechnung der kumulativen Abweichung vom Mittelwert als geeignetes Verfahren beschrieben. Anwendung fand das Verfahren hierbei in einem breiten Spektrum an wissenschaftlichen Fragestellungen (Eakin, 1964; Temperley, 1980; Yesertener, 2005). Für das vorliegende Projekt wurden Veränderungen der mittleren Tagesniederschläge, sowie Starkregenereignisse mittels kumulativer Abweichung vom Mittelwert untersucht. Berechnet wurden diese mit Formel (4) unter Berücksichtigung der Bedingungen (3) und (5).

$$S_0 = 0 \quad (3)$$

$$S_k = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad (4)$$

$$k = 1 \dots n \quad (5)$$

wobei S_0 = Startbedingung (Datenwert auf null gesetzt); S_k = Kumulative Abweichung vom Mittelwert; Y_i = Jahressumme der Daten; \bar{Y} = Mittelwert der Daten über untersuchten Zeitabschnitt und k = Anzahl der Jahre. Die Entwicklung der Anzahl an Starkregenereignissen pro Jahr wurde mit der in Kapitel 12.1.3 beschriebenen Methodik analysiert.

Methodik und Datengrundlage zur Abflussanalyse ist in Kapitel 12.1.5, 12.1.6 und 12.1.7 angeführt.

12.1.2. Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge

Für die Analyse einer möglichen Trendänderung der mittleren Tagesniederschläge in den jeweiligen Einzugsgebieten wurden jene Niederschlagsmessstationen herangezogen, welche Aufzeichnungen länger als 20 Jahre aufweisen. Diese Datenreihen wurden mittels kumulativer Abweichung vom Mittelwert (Formel 4), Kapitel 12.1.1) untersucht. Die Allgemeine Methodik ist hierzu in Kapitel 12.1.1 beschrieben. In Abbildung 354 ist diese Auswertung beispielhaft dargestellt.

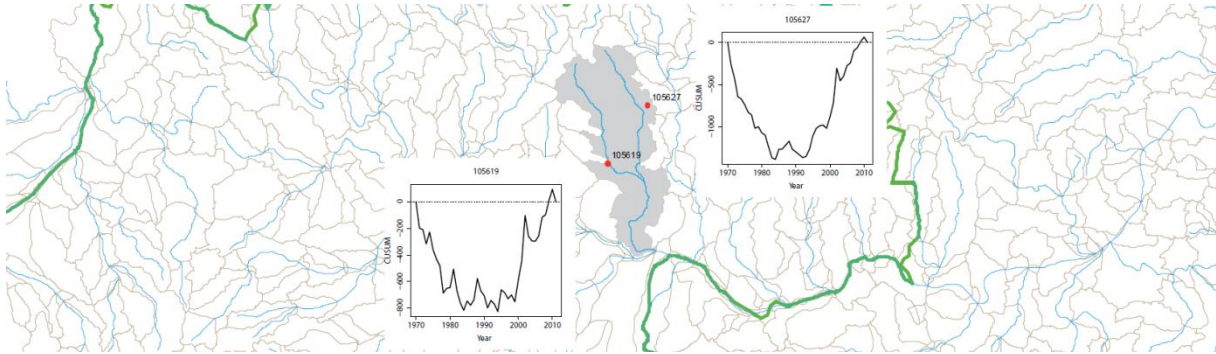


Abbildung 354: Beispiel für die Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge – Gusen. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

12.1.3. Trendanalysen der Anzahl an Starkregenereignissen

Für die Ermittlung der Starkregenereignisse wurden für jedes Einzugsgebiet jene Niederschlagsstationen herangezogen, bei denen Aufzeichnungen länger als 30 Jahre im Intervall von 15 Minuten vorliegen. Für jede Messreihe wurden anschließend mittels Überschreitungsdauerlinie jene Niederschlagsmengen ermittelt, die größer als 90 %, 95 % und 98 % der aufgezeichneten Niederschläge waren und als Starkregen, seltener Starkregen und sehr seltener Starkregen definiert (Abbildung 355).

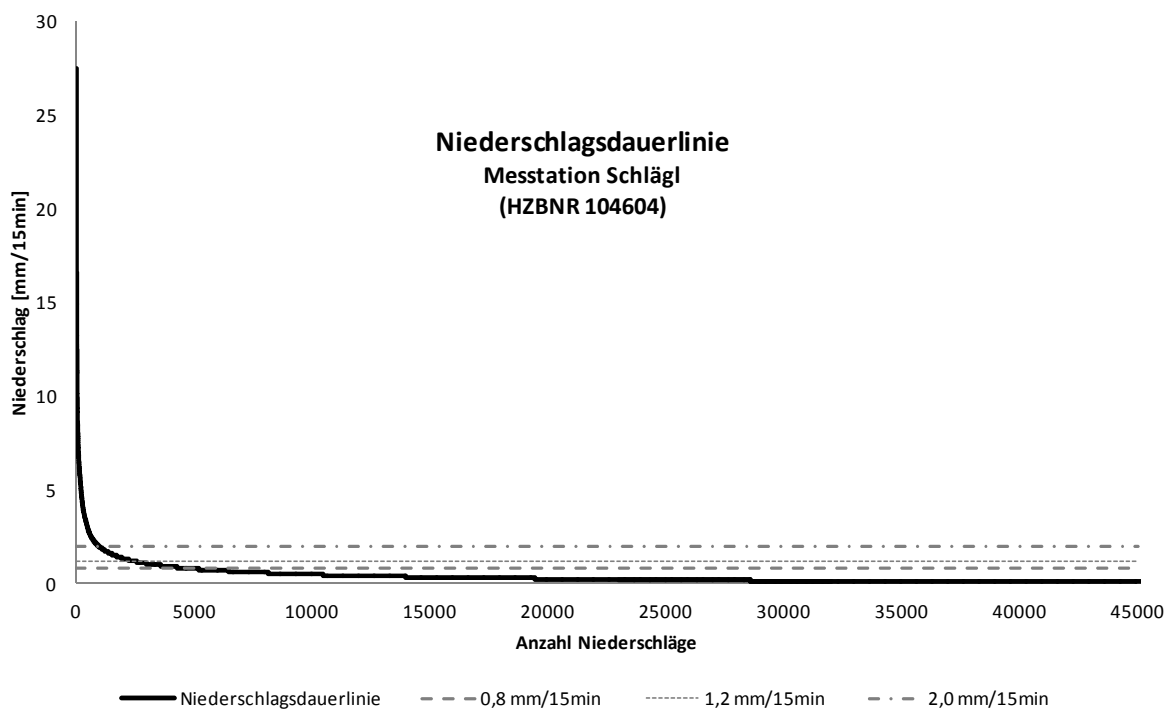


Abbildung 355: Beispiel der Starkregenermittlung mittels Niederschlagsdauerlinie für die Messstation Schlägl (HZBNR: 104604).

Diese Niederschlagswerte wurden nun für die Bestimmung der Anzahl an Starkregenereignisse pro Jahr herangezogen. Diese Datenreihen wurden anschließend mittels kumulativer Abweichung vom Mittelwert (Formel 4), Kapitel 12.1.1) untersucht. Die Allgemeine Methodik ist hierzu in Kapitel 12.1.1 beschrieben. In Abbildung 356 ist die Auswertung beispielhaft dargestellt.

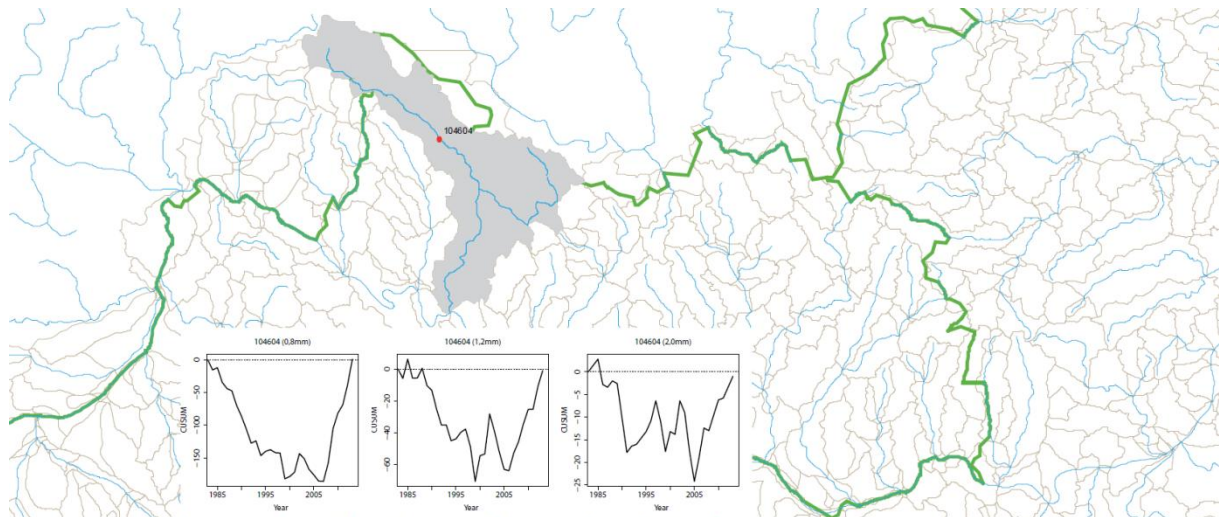


Abbildung 356: Beispiel der Entwicklung der Anzahl an Starkregenereignissen – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

12.1.4. Trendanalysen der Niederschlagsmenge bei Starkregenereignissen

Für die Ermittlung der Starkregenereignisse wurden für jedes Einzugsgebiet jene Niederschlagsstationen herangezogen, bei denen Aufzeichnungen länger als 30 Jahre im Intervall von 15 Minuten vorliegen. Für jede Messreihe wurden anschließend mittels Überschreitungsdauerlinie jene Niederschlagsmengen ermittelt, die größer als 90 %, 95 % und 98 % der aufgezeichneten Niederschläge waren und als Starkregen, seltener Starkregen und sehr seltener Starkregen definiert (Abbildung 357). In weiterer Folge wurde mittels kumulativer Abweichung vom Mittelwert, wie in Kapitel 12.1.1 beschrieben, untersucht, ob sich die Intensität der definierten Starkregenereignisse verändert hat. Ein Beispiel für diese Auswertung ist in Abbildung 357 zu sehen.

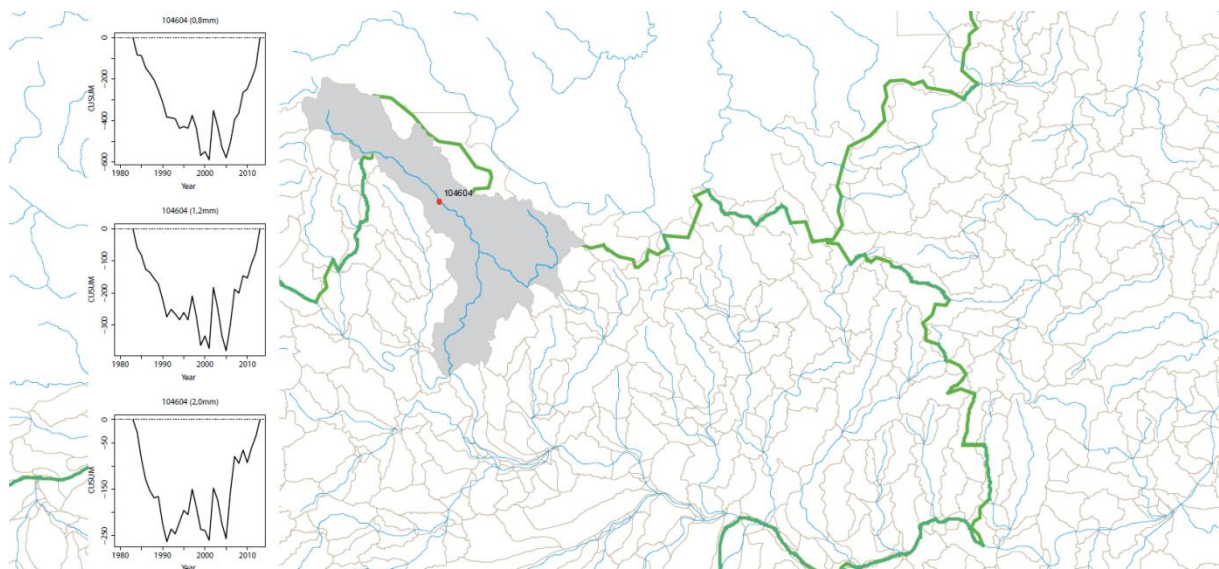


Abbildung 357: Beispiel der Entwicklung der Starkregenereignisse – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

12.1.5. Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse

Neben der von Buishand (1982) beschriebenen Anwendung der kumulativen Abweichung vom Mittelwert auf Niederschlagsdaten, wurden in den letzten Jahren auch Fragestellungen in Bezug auf

die langjährige Änderung des Abflusses mittels kumulativer Abweichung vom Mittelwert untersucht (Jessop et.al., 1989; Jessop et.al., 2003). Mit der in Kapitel 12.1.1 beschriebenen Methode der kumulativen Abweichung vom Mittelwert (Formel 4) wird eine mögliche Änderung des Durchflusses untersucht. Datengrundlage bilden jene Pegelschreiber, die eine Aufzeichnung der mittleren täglichen Abflüsse für mindestens 20 Jahre aufweisen. In Abbildung 358 ist die Auswertung beispielhaft dargestellt.

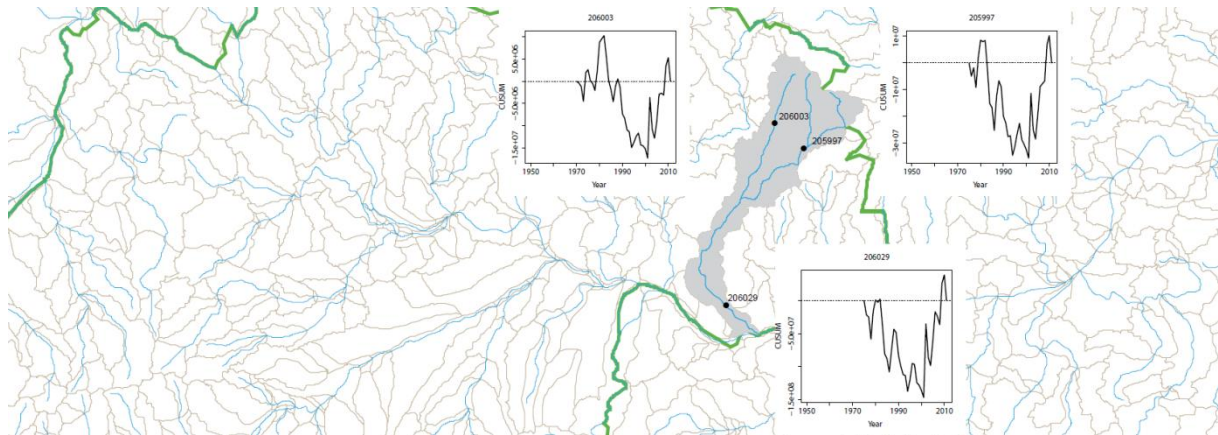


Abbildung 358: Beispiel der Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Naarn. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

12.1.6. Trendanalysen in Bezug auf transportwirksame Abflüsse

Für ausgewählte Pegelstationen im Untersuchungsgebiet wurde mittels hydrodynamisch-numerischer Modellierung der transportwirksame Abfluss (Bewegungsbeginn $\tau > \tau_{crit}$) für die maßgeblichen Korngrößen der Versandung bestimmt. Datengrundlage bilden jene Pegelschreiber, die eine Aufzeichnung der mittleren täglichen Abflüsse für mindestens 28 Jahre aufweisen. Mittels kumulativer Abweichung vom Mittelwert (Formel 4, Kapitel 12.1.1) wurde eine mögliche Trendänderung der transportwirksamen Abflüssen pro Jahr untersucht. Hierfür wurde die Anzahl an Tagen, an denen der Transportwirksame Abfluss unterschritten wird, ermittelt. Eine Zunahme der Anzahl an Tagen zeigt, dass an immer mehr Tagen der transportwirksame Abfluss unterschritten wird. Umgekehrt zeigt eine Abnahme der Anzahl an Tagen, dass die Höhe des Abflusses zunimmt und Korngrößen zwischen 1 mm – 10 mm transportiert werden können. In Abbildung 359 ist die Auswertung beispielhaft für einen ausgewählten Bereich der Feldaist dargestellt.

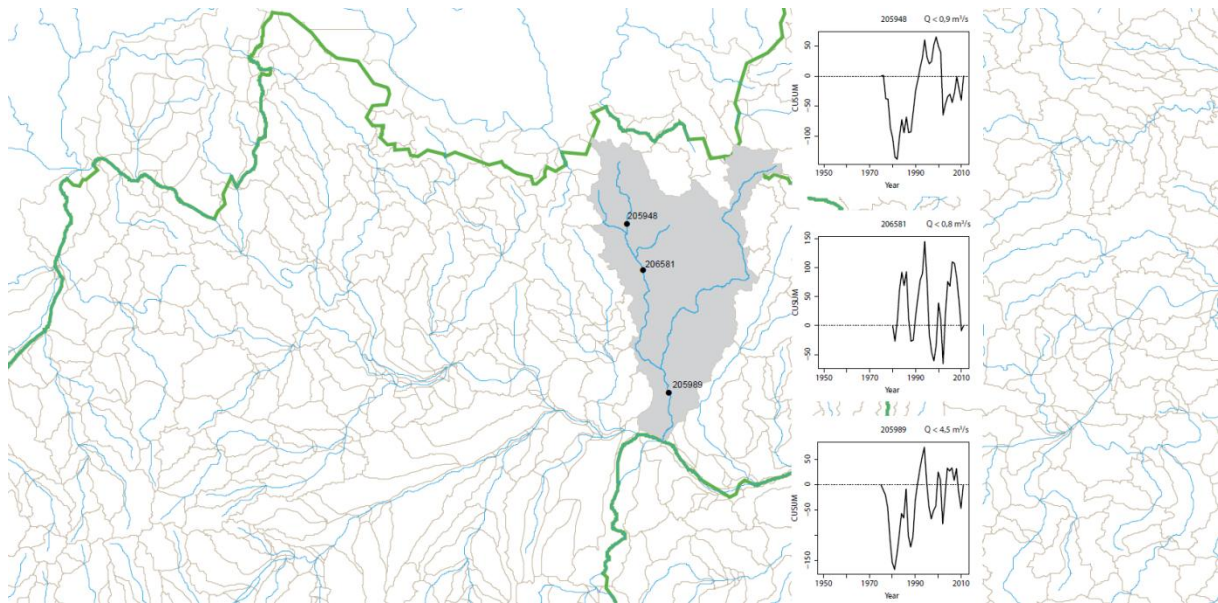


Abbildung 359: Beispiel der Entwicklung der geschiebetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr – Feldaist (Freistadt). Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

12.1.7. Gegenüberstellung saisonaler Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse

Eine mögliche saisonale Veränderung im Abfluss und deren Auswirkung auf den Feststoffhaushalt wird mit Zeitreihen des mittleren täglichen Abflusses untersucht. Datengrundlage bilden Abflusspegel mit einer Aufzeichnungsdauer von mindestens 25 Jahren. Die Zeitreihen werden in Abschnitte vor und nach dem Jahr 1990 geteilt und in weiterer Folge gegenübergestellt. In weiterer Folge wird das langjährige Tagesmittel über die mittleren täglichen Abflüsse für die geteilten Zeitreihen berechnet und dargestellt (Abbildung 360). Als Referenzwerte sind zusätzlich das mittlere jährliche Niederwasser (MJNQT) und Mittelwasser (MQ) eingetragen (Auswertungen diesbzgl. befinden sich im Anhang).

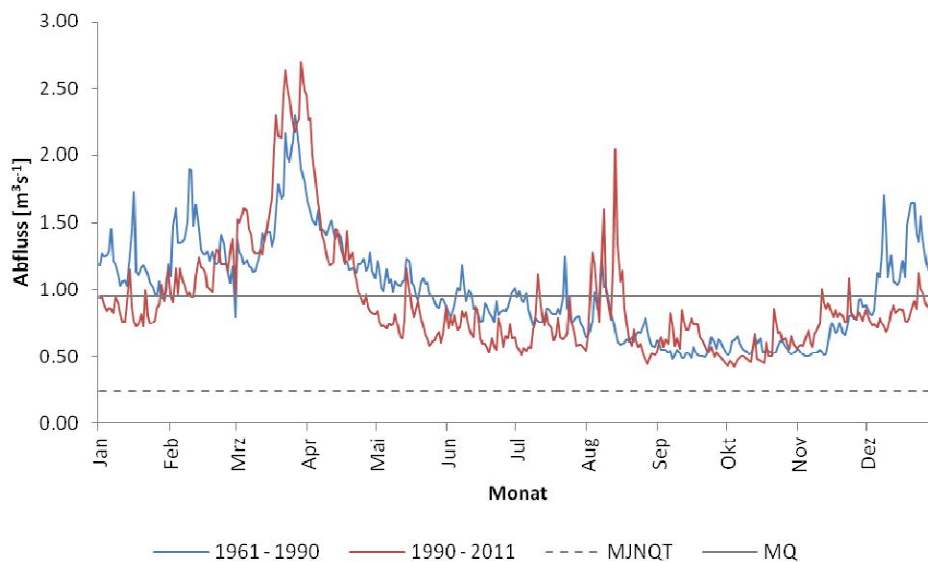


Abbildung 360: Beispiel einer Gegenüberstellung saisonaler Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse am Pegel 206037 (Sturmmühle, Naarn). Legende: mittlerer täglicher Abfluss der Zeitreihe 1961-1990 (blau); Zeitreihe 1990-2011 (rot); mittleres jährliches Niederwasser (MJNQT, strichliert); Mittelwasser (MQ, graue Linie).

12.2. Ergebnisse hydrologische Analysen

12.2.1. Einzugsgebiet Aist (Feld-, Waldaist, Aist)

Die Datengrundlage im Einzugsgebiet der Aist ermöglicht eine Umfassende Analyse hydrologischer Parameter. Durchgeführt wurde hierbei:

- Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge (106807 Rainbach im Mühlkreis, 108977 Lasberg, 106823 Karlstift, 106864 Gutau, 106849 Schöneben-Gugu, 106872 Tragwein)
- Trendanalysen der Anzahl an Starkregenereignissen (108977 Lasberg, 106831 Liebenau)
- Trendanalysen der Niederschlagsmenge bei Starkregenereignissen (108977 Lasberg, 106831 Liebenau)
- Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse (205948 Freistadt (Hafnerzeile), 206581 Kefermarkt, 206680 Weitersfelden, 205971 Pfahlmühle, 205989 Schwertberg (Kaolinwerk))
- Trendanalysen in Bezug auf transportwirksame Abflüsse (Freistadt (Hafnerzeile), 206581 Kefermarkt, 205989 Schwertberg (Kaolinwerk))
- Trendanalyse in Bezug auf saisonale Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse (205948 Freistadt (Hafnerzeile), 206581 Kefermarkt, 206680 Weitersfelden, 205971 Pfahlmühle, 205989 Schwertberg (Kaolinwerk))

Im Einzugsgebiet der Aist ist eine leichte Trendänderung der jährlichen Summe der Tagesniederschläge nach 1990 festzustellen (Abbildung 361). Im oberen Teil des Einzugsgebietes der Waldaist (Station 106823 Karlstift und 106849 Schöneben-Gugu) ist eine Zunahme besonders deutlich zu erkennen. Flussab, an Station 106864 (Gutau), ist diese Änderung hingegen nicht ersichtlich. Die Aufzeichnungen am Gewässerabschnitt Feldaist (Station 106807 Rainbach im Mühlkreis, 108977 Lasberg) zeigen ein differenziertes Bild. Zwischen 1990-2000 nahm die jährliche Summe der mittleren Tagesniederschläge zu. Ab dem Jahr 2000 ist dieser Trend nicht mehr eindeutig.

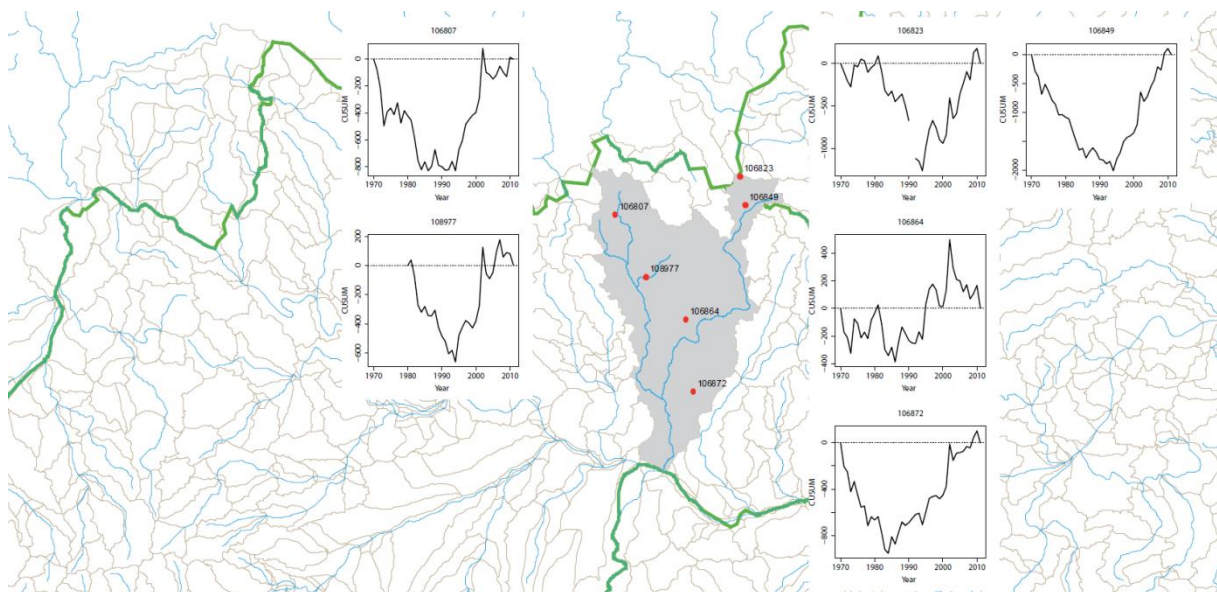


Abbildung 361: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge - Aist. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Festzustellen ist weiters, dass die Anzahl an Starkregenereignissen zugenommen hat (Abbildung 362). Starkregenereignisse (Schwellenwert 0,8 mm/15 min) und seltene Starkregenereignisse (Schwellenwert 1,3 mm/15 min) weisen diesen Trend ab Mitte der 1990er Jahre auf. Einzig für sehr seltene Starkregenereignisse (Schwellenwert 2,2 mm/15 min) ist ab 2005 eine leichte Abnahme der Anzahl an Ereignissen pro Jahr zu erkennen.

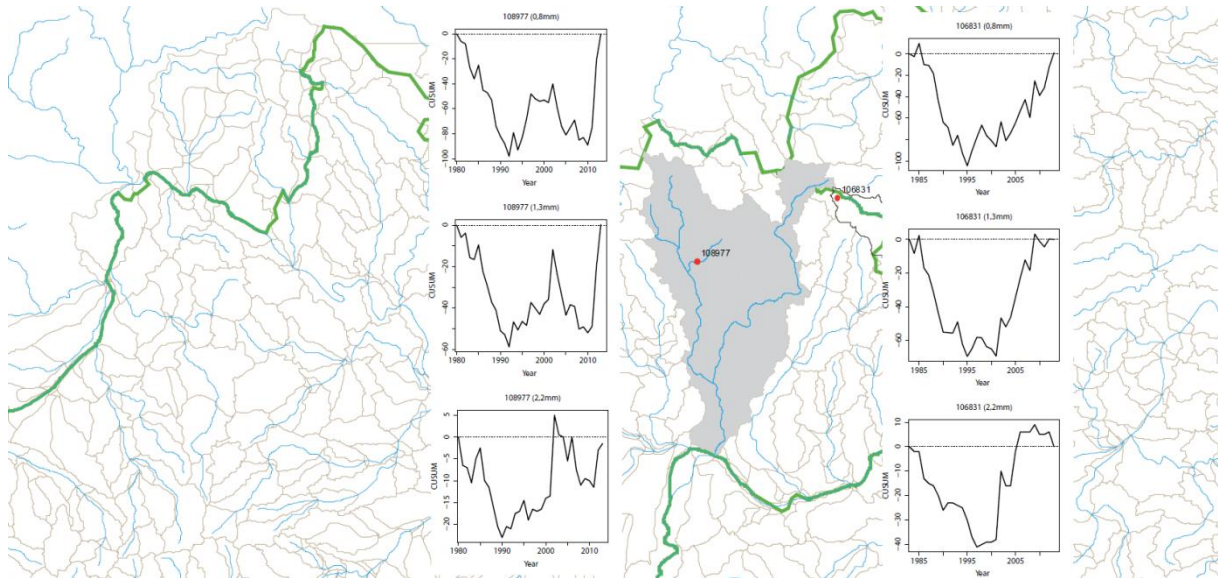


Abbildung 362: Entwicklung der Anzahl an Starkregenereignissen - Aist. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Die Niederschlagsintensität für Starkregenereignisse (Schwellenwert 0,8 mm/15 min), seltene Starkregenereignisse (Schwellenwert 1,3 mm/15 min) und sehr seltener Starkregenereignisse (Schwellenwert 2,2 mm/15 min) haben im Zeitraum von 2000-2013 ebenfalls signifikant zugenommen (Abbildung 363).

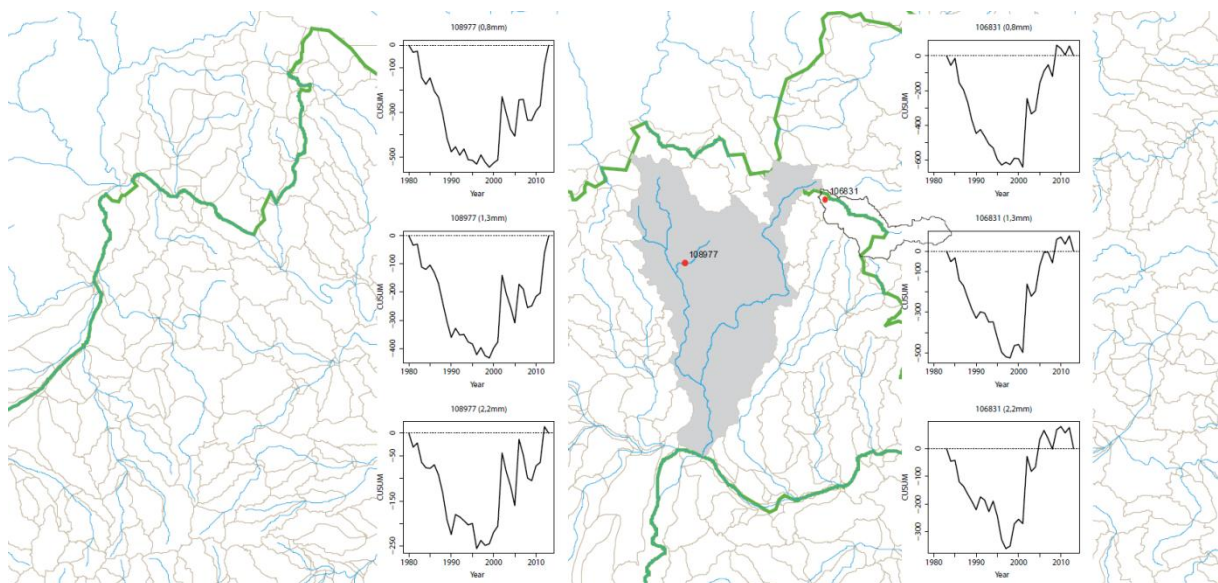


Abbildung 363: Entwicklung der Starkregenereignisse – Aist. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Im oberen Abschnitt der Feld-, und Waldaist ist eine leichte Zunahme der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse festzustellen (Abbildung 364). Bei den Pegelstationen 205948 (Freistadt (Hafnerzeile)) und 206680 (Weitersfelden) beginnt dieser Trend ab dem Jahr 2000. Flussab nimmt dieser Trend hingegen ab (Pegelstationen 206581 (Kefermarkt), 205971 (Pfahlmühle)). An der Aist (Station 205989 Schwertberg (Kaolinwerk)) hat keine Veränderung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse stattgefunden.

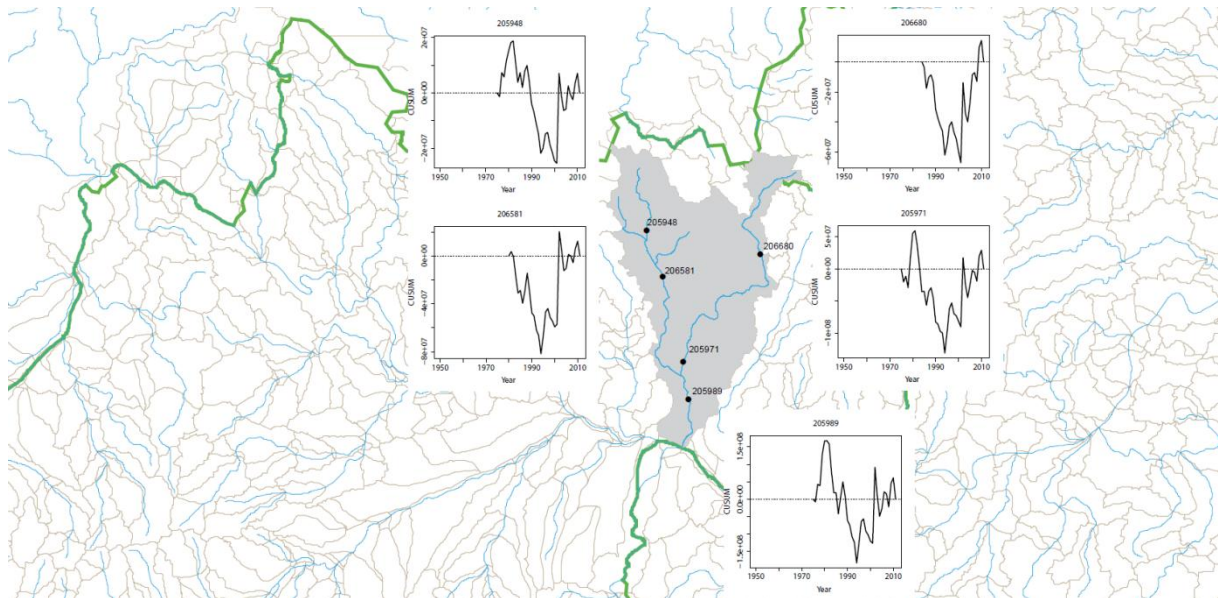


Abbildung 364: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Aist. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Die Entwicklung der Anzahl der geschiebetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr (Korngröße 10 mm) für die Pegelstation 205948 (Freistadt (Hafnerzeile)) zeigt eine Abnahme im Zeitraum 1980 bis Mitte der 1990er Jahre (Abbildung 365). Seit diesem Zeitraum kommt es immer wieder zu Unterschreitungen des Mittels bzw. geringfügigen Zunahmen in einzelnen Jahren. In den Abschnitten Kefermarkt (Station 206581) und Schwertberg (Station 205989) hat keine eindeutige Änderung stattgefunden. Die Analyse für die Korngröße von 1 mm zeigt, dass der für den Transport notwendige Durchfluss nur sehr selten unterschritten wird.

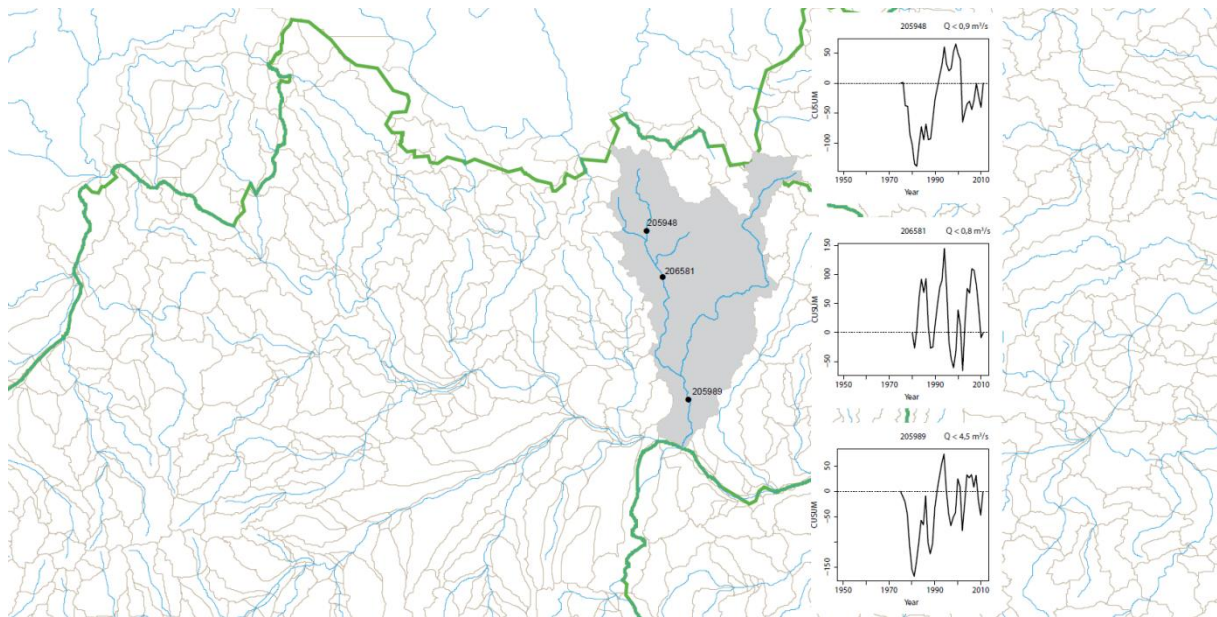


Abbildung 365: Entwicklung der geschlebetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr – Aist. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Die Gegenüberstellung saisonaler Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse zeigt, dass an den Pegelstationen des Aist-Gewässernetzes geringere Abflüsse in den Wintermonaten (Dezember-Februar) nach 1990 auftreten. Frühjahrshochwässer (März/April) finden etwas früher statt, jedoch kann keine gesicherte Aussage darüber getroffen werden, ob sich diese auch in der Abflussmenge verändert haben. In den Sommermonaten (Mai-August) ist kein eindeutiger Unterschied festzustellen. Im Herbst (September-November) zeigt sich an fast allen Pegelaufzeichnungen eine leichte Zunahme der mittleren jährlichen Abflüsse. Ausnahme bildet die Station 205948 Freistadt (Hafnerzeile). An dieser hat keine signifikante Änderung stattgefunden (graphische Details zu diesen Auswertungen befinden sich im Anhang).

12.2.2. Große Mühl

Die Datengrundlage im Einzugsgebiet der Großen Mühl ermöglicht eine umfassende Analyse hydrologischer Parameter. Durchgeführt wurde hierbei:

- Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge (104596 Schwarzenberg, 104604 Schlägl, 104620 Haslach, 104638 Guglwald, 104901 Helfenberg, 104661 Langhalsen)
- Trendanalysen der Anzahl an Starkregenereignissen (104604 Schlägl)
- Trendanalysen der Niederschlagsmenge bei Starkregenereignissen (104604 Schlägl)
- Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse (204891 Vorderanger, 204917 Furtmühle, 204925 Hartmannsdorf, 204933 Teufelmühle)
- Trendanalysen in Bezug auf transportwirksame Abflüsse (204891 Vorderanger, 204917 Furtmühle, 204933 Teufelmühle)
- Trendanalyse in Bezug auf saisonale Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse (204891 Vorderanger, 204917 Furtmühle, 204925 Hartmannsdorf, 204933 Teufelmühle)

Im Einzugsgebiet der Großen Mühl weisen alle Stationen, bis auf die Stationen 104596 (Schwarzenberg) und 104901 (Helfenberg) eine positive Trendänderung (Zunahme) der jährlichen Summe der mittleren täglichen Tagesniederschläge ab dem Jahr 2000 auf (Abbildung 366). Station

104596 (Schwarzenberg) deutet zwar auf eine leichte Zunahme im Zeitraum 2000-2005 hin, im Zeitraum von 2005-2011 sind die Niederschlagsmengen in Bezug auf das Mittel des Untersuchungszeitraums jedoch rückläufig.

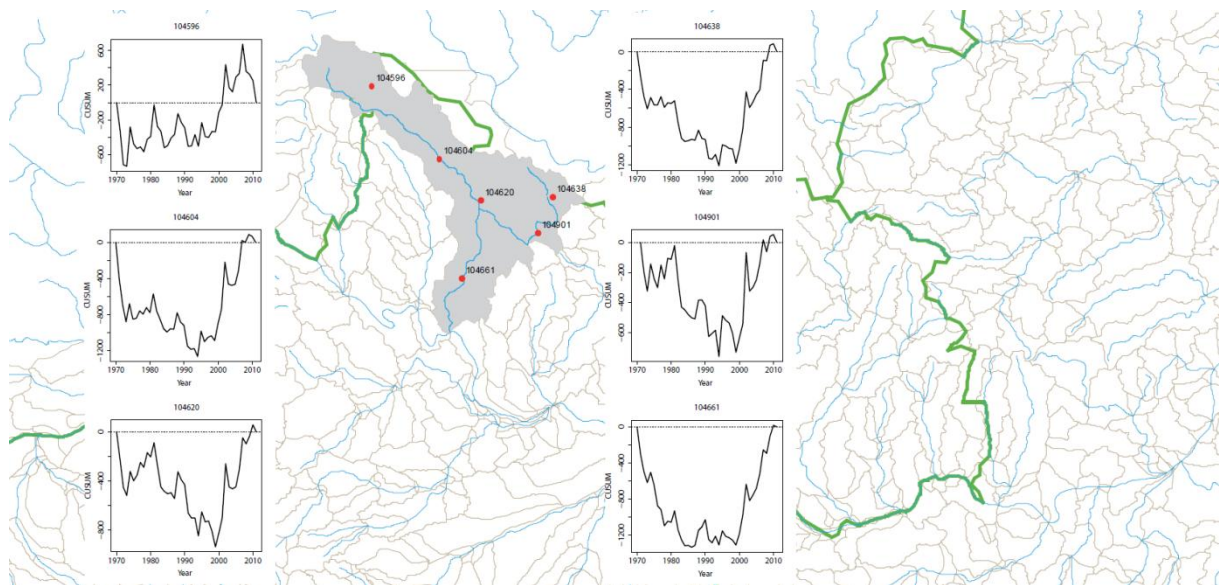


Abbildung 366: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Im Einzugsgebiet der Großen Mühl ist grafisch eine Zunahme der Anzahl an Starkregenereignissen ersichtlich, wobei mit sinkendem Wiederkehrintervall die Zunahme etwas geringer ausgefallen ist (Abbildung 367). Dies zeigt sich auch in der Niederschlagsintensität, die ebenfalls vom Schwellenwert der Starkregenereignisse abhängt (Abbildung 368). Hierbei haben Starkregenereignisse und seltene Starkregenereignisse (Schwellenwert 0,8 mm/15 min und 1,2 mm/15 min) ab dem Jahr 2000 zugenommen. Für sehr seltene Starkregenereignisse (Schwellenwert 2,0 mm/15 min) lässt sich hingegen kein eindeutiger Trend feststellen.

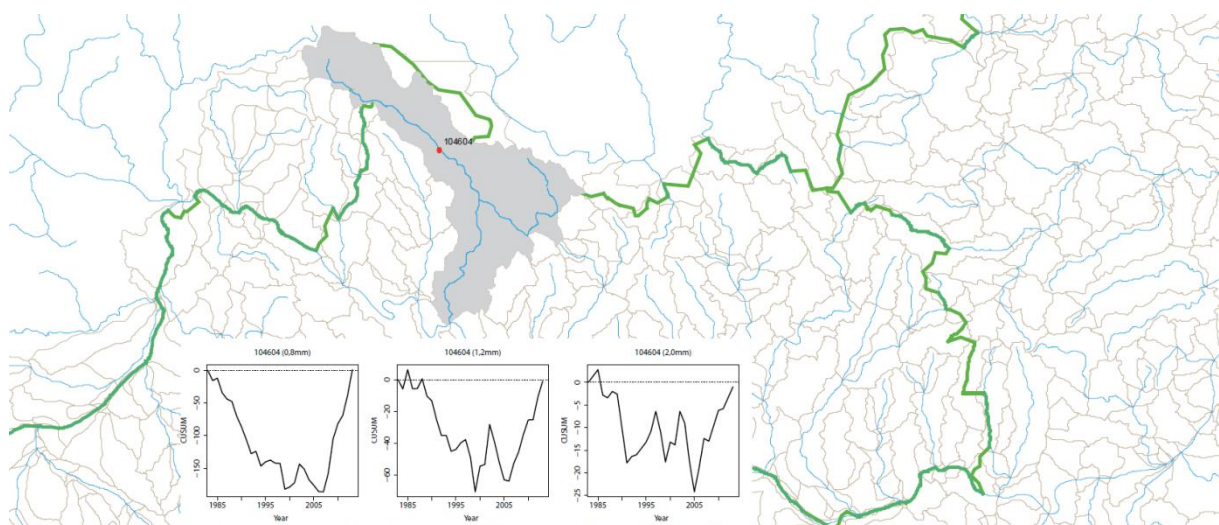


Abbildung 367: Entwicklung der Anzahl an Starkregenereignissen – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

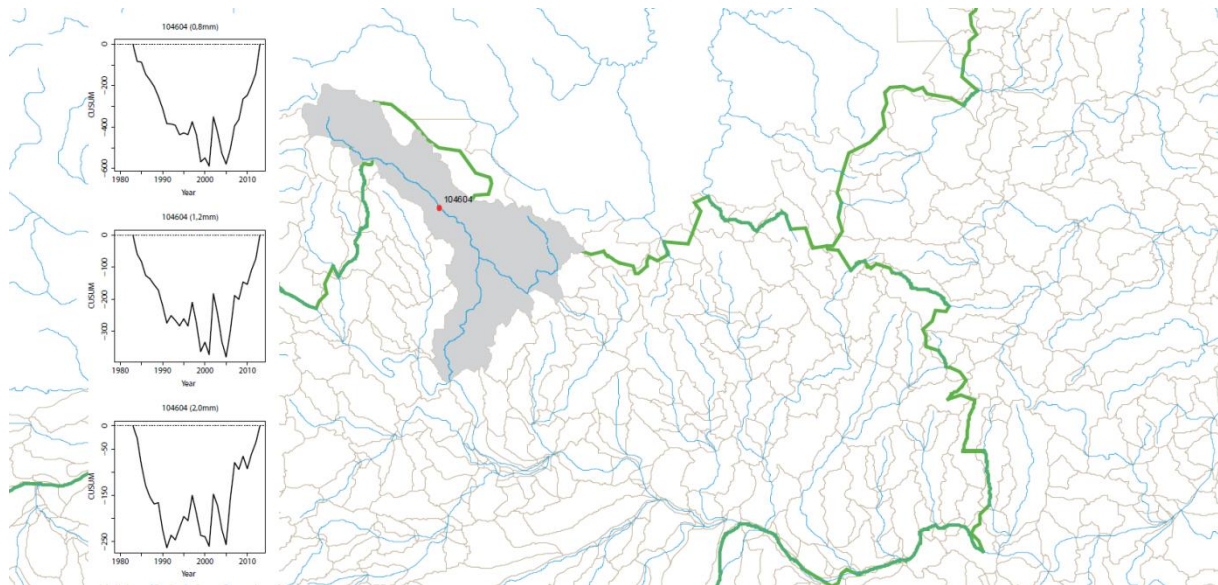


Abbildung 368: Entwicklung der Starkregenereignisse – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Eine eindeutige Trendänderung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse im Gewässersystem der großen Mühl ist nicht festzustellen (Abbildung 369). Einzig Station 204917 (Furtmühle) zeigt eine Zunahme der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse im Zeitraum von 1990-2013.

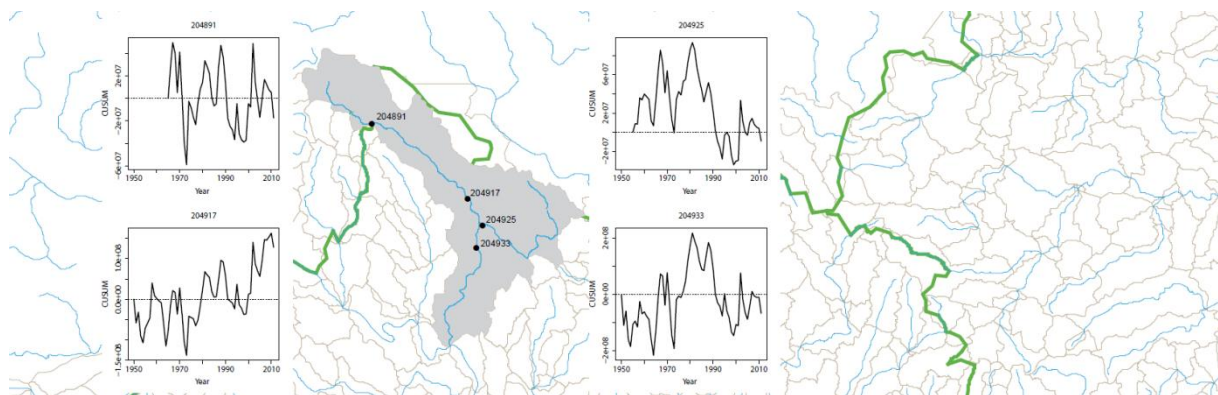


Abbildung 369: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

In Bezug auf die Anzahl der geschiebetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr (Korngröße 10 mm) ist für die Große Mühl ebenfalls keine eindeutige Aussage über den Trend möglich (Abbildung 370). An den Pegelstationen 204891 (Vorderanger) und 204933 (Teufelmühle) haben keine Änderungen im langjährigen Mittel stattgefunden. Am Pegel 204917 (Furtmühle) lässt sich hingegen eine Abnahme der transportwirksamen Abflüsse ab 1990 erkennen. Die Analyse für die Korngröße von 1 mm zeigt, dass der für den Transport notwendige Durchfluss nur sehr selten unterschritten wird.

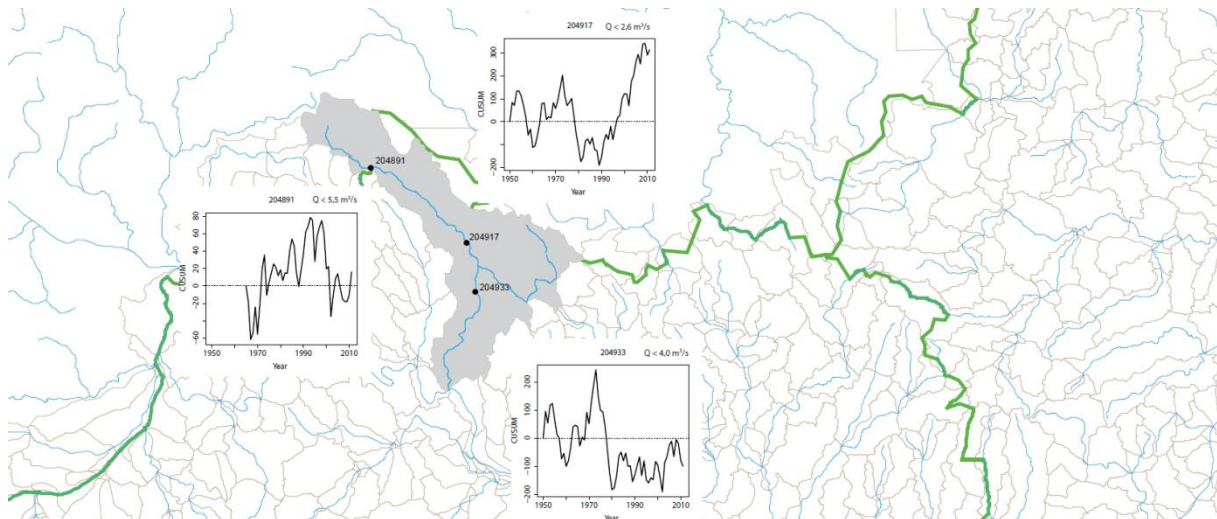


Abbildung 370: Entwicklung der geschiebetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr – Große Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Die Gegenüberstellung saisonaler Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse zeigt an allen Pegelstationen der Großen Mühl etwas stärkere Frühjahrshochwässer (März/April) und ähnlich wie am Aist-Gewässersystem, eine zeitliche Verschiebung. Die Abflüsse von Mai bis August haben desweiteren im Zeitraum von 1990-2011 abgenommen. Dies wird besonders in den Sommermonaten Juni und Juli deutlich. Entsprechend der Abfluss dieser beiden Monate vor 1990 noch ungefähr dem Mittelwasserabfluss, wird dieser Referenzwert nach 1990 nur mehr selten erreicht. Im Herbst (September – November) ist hingegen eine leichte Zunahme der Abflüsse nach 1990 festzustellen (graphische Details zu diesen Auswertungen befinden sich im Anhang).

12.2.3. Einzugsgebiet Kleine Mühl

Die Datengrundlage im Einzugsgebiet der kleinen Mühl ermöglicht eine Auswertung folgender hydrologischer Parameter:

- Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge (104919 Julbach, 104588 Kirchberg ob der Donau)
- Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse (206771 Koblmühle, 204883 Obermühl)
- Trendanalysen in Bezug auf transportwirksame Abflüsse (206771 Koblmühle, 204883 Obermühl)
- Trendanalyse in Bezug auf saisonale Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse (204883 Obermühl)

Im Einzugsgebiet der Kleinen Mühl ist eine Trendänderung in Bezug auf die jährliche Summe der mittleren täglichen Tagesniederschläge für die Periode 1990-2010 festzustellen, wobei bei Station 104588 (Kirchberg ob der Donau) die Trendänderung deutlicher ausgeprägter ist als bei Station 104919 (Julbach) (Abbildung 371).

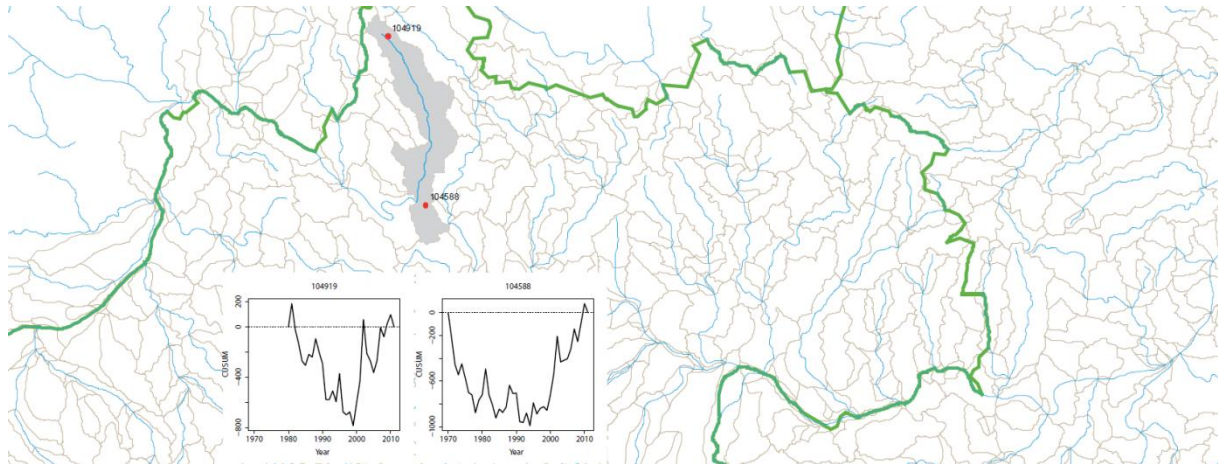


Abbildung 371: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge – Kleine Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

In der kleinen Mühl zeigen sich keine eindeutigen Trendänderungen in Bezug auf die jährliche Summe der mittleren täglichen Abflüsse (Abbildung 372). Die kurze Pegelaufzeichnung (1989-2011) an der Station 206771 (Koblmühle) deutet zwar auf eine leichte Zunahme der Abflüsse hin, eine Abnahme ist hingegen an der Station 204883 (Obermühl) zu verzeichnen.

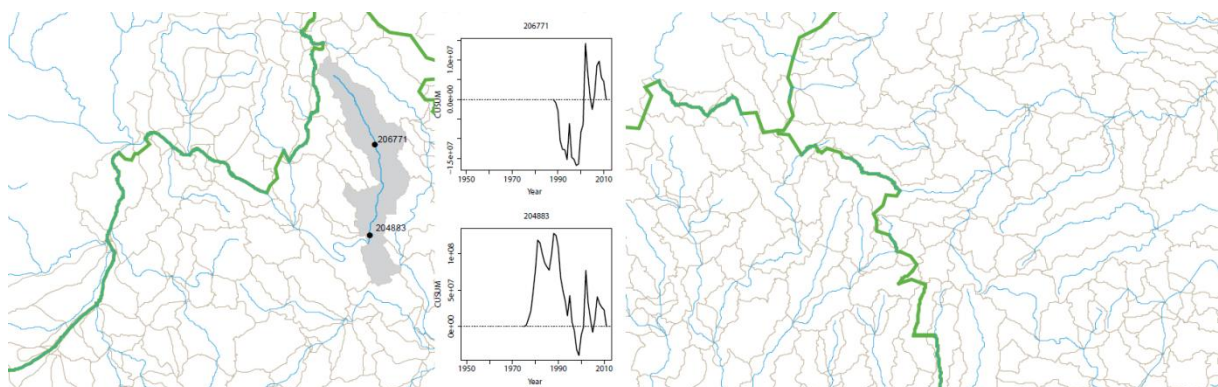


Abbildung 372: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Kleine Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Die Trendanalysen in Bezug auf geschiebetransportwirksame Abflüsse (10 mm) zeigt im oberen Abschnitt der kleinen Mühl eine geringfügige Abnahme, im unteren Abschnitt eine leichte Zunahme (Abbildung 373). Die Analyse für die Korngröße von 1 mm zeigt, dass der für den Transport notwendige Durchfluss nur sehr selten unterschritten wird.

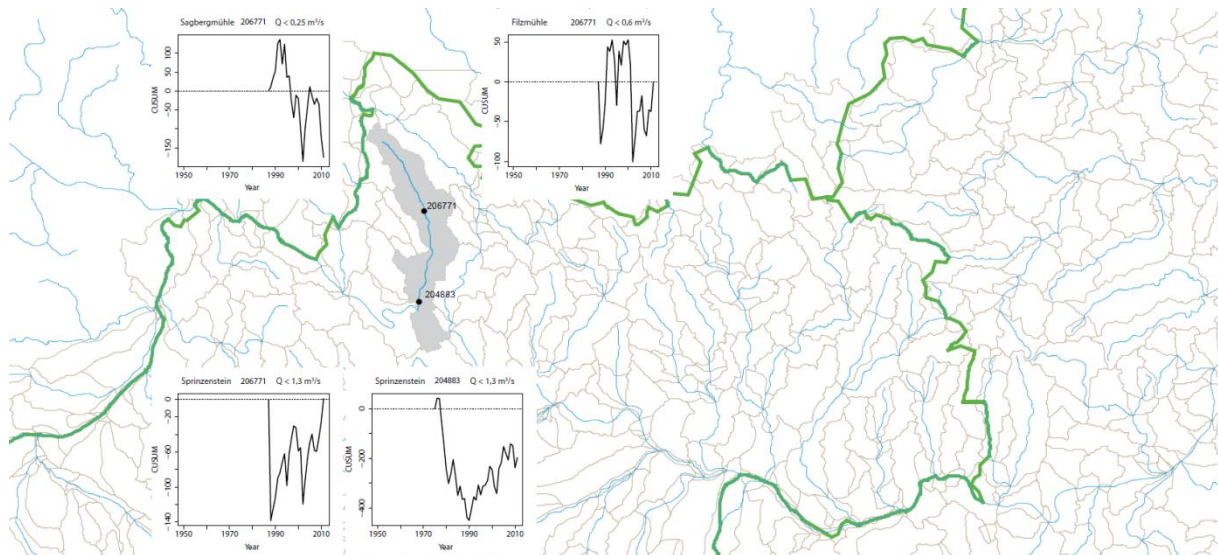


Abbildung 373: Entwicklung der geschlebetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr – Kleine Mühl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Die Gegenüberstellung saisonaler Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse zeigt eine deutliche Abnahme in den Wintermonaten (Dezember/Jänner). Eine leichte Saisonelle Veränderung ist desweiteren in den Sommermonaten (Juli-August) zu vermerken. Auch hier haben die Abflüsse nach dem Jahr 1990 abgenommen (graphische Details zu diesen Auswertungen befinden sich im Anhang).

12.2.4. Einzugsgebiet Kleine und Große Naarn, Klambach

Die Datengrundlage im Einzugsgebiet der Naarn, sowie des Zubringers Klambach, ermöglicht eine umfassende Analyse hydrologischer Parameter. Durchgeführt wurde hierbei:

- Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge (117531 Windhaag bei Perg, 106880 Laab, 106914 St.Thomas am Blasenstein, 106930 Saxen-Au)
- Trendanalysen der Anzahl an Starkregenereignissen (106930 Saxen-Au)
- Trendanalysen der Niederschlagsmenge bei Starkregenereignissen (106930 Saxen-Au)
- Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse (206003 Unterweißenbach, 205997 Königswiesen (Ort), 206029 Haid, 206037 Sturmmühle)
- Trendanalyse in Bezug auf saisonale Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse (206003 Unterweißenbach, 205997 Königswiesen (Ort), 206029 Haid, 206037 Sturmmühle)

Im Einzugsgebiet der Naarn für die Station 117531 (Windhaag bei Perg) auf Grund der Auswertungen mittels kumulativer Abweichung vom Mittelwert keine eindeutige Aussage über die Veränderung der jährliche Summe der mittleren täglichen Tagesniederschläge möglich (Abbildung 374). Station 106880 (Laab) zeigt hingegen einen Anstieg der mittleren Tagesniederschläge (Trendänderung) im Zeitraum von 1985-2000; zwischen 2000-2010 pendeln sich die aufgezeichneten Mengen jedoch wieder auf das Mittel des Untersuchungszeitraums ein. Im Einzugsgebiet des Klambach weisen die Aufzeichnungen der Niederschlagsstationen 106914 (St.Thomas am Blasenstein) und 106930 (Saxen-Au) hingegen eine Zunahme der mittleren Tagesniederschläge in den letzten 15 Jahren auf.

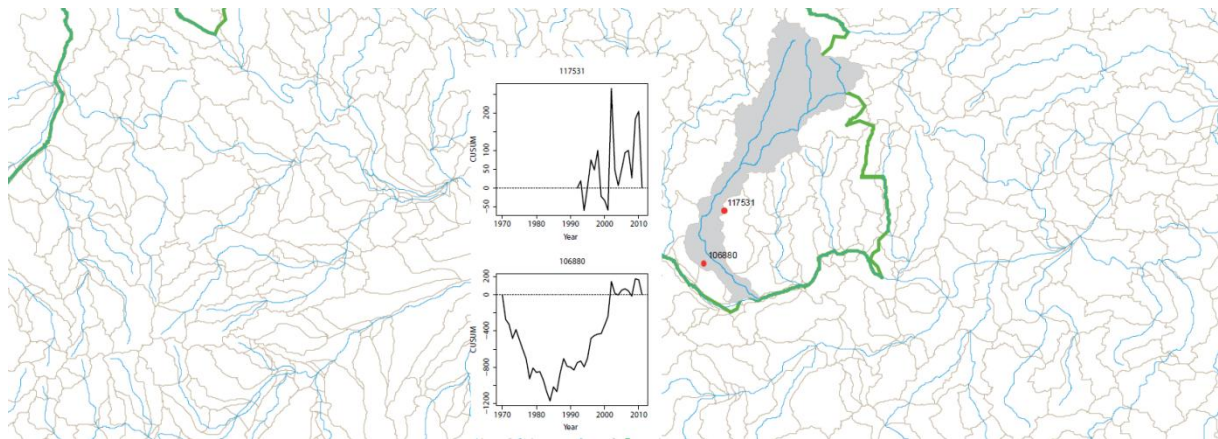


Abbildung 374: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge - Naarn. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Weiters zeigt sich im Einzugsgebiet des Klambach ein differenziertes Bild der Anzahl an Starkregenereignissen der letzten 30 Jahre (Abbildung 375). Starkregenereignisse (Schwellenwert 0,7 mm/15 min) haben deutlich zugenommen. Dieser Trend zeigt sich auch für seltene Starkregen (Schwellenwert 1,1 mm/15 min), wenn auch die Zunahme etwas geringer ist. Für sehr seltene Starkregenereignisse (Schwellenwert 1,8 mm/15 min) ist hingegen auf Grund der grafischen Auswertungen der einzelnen Jahre keine Zunahme festzustellen.

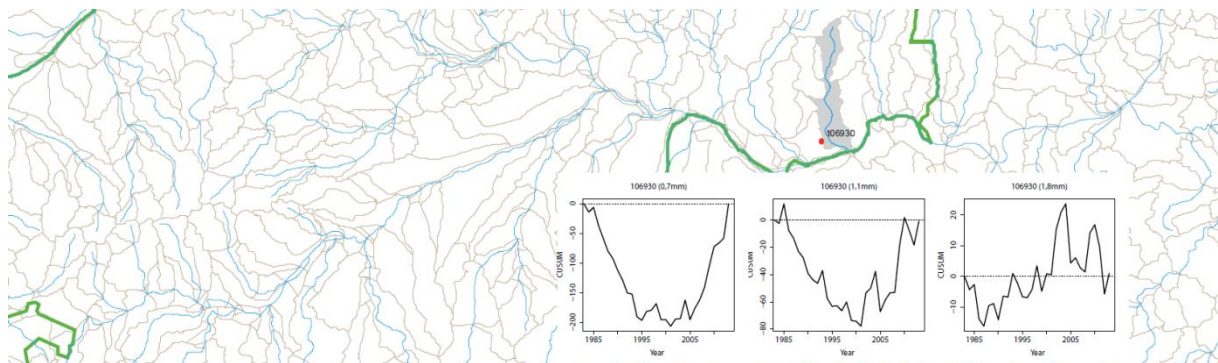


Abbildung 375: Entwicklung der Anzahl an Starkregenereignissen - Klambach. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Ein Ähnliches Ergebnis zeigt auch die Auswertung in Bezug auf die Niederschlagsmenge bei Starkregenereignissen (Abbildung 376). Für Starkregenereignisse (Schwellenwert 0,7 mm/15min) lässt sich eine leichte Zunahme ab 1995 feststellen. Seltene und sehr seltene Starkregenereignisse (Schwellenwert 1,1 mm/15min und 1,8 mm/15min) zeigen diesen Trend hingegen nicht.

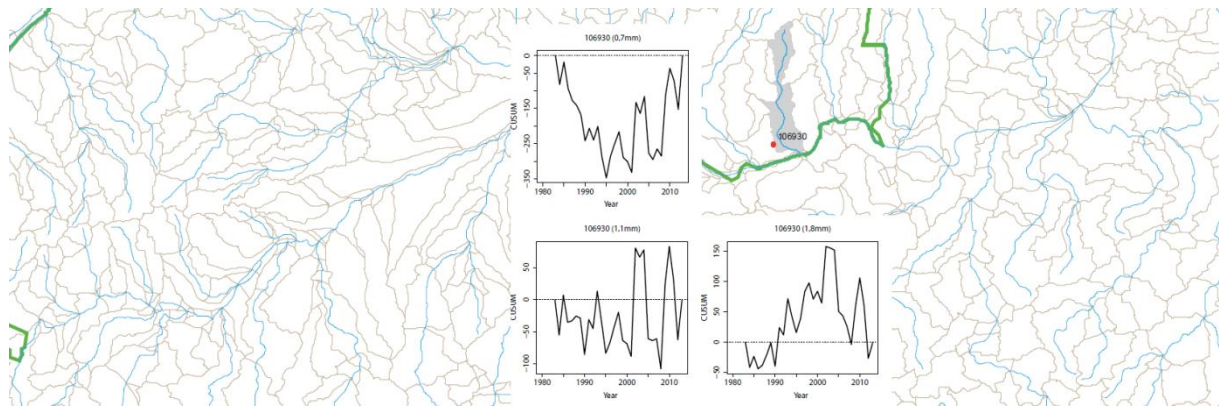


Abbildung 376: Entwicklung der Starkregeneignisse – Klambach. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Im Gewässersystem der Naarn ist eine Zunahme der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse im Zeitraum von 2000-2013 festzustellen (Abbildung 377). Dies zeigt sich bei allen Pegelstationen. Im Klambach zeigt sich hingegen eine kontinuierliche Abnahme am Pegel 206037 (Sturmmühle) (Abbildung 378).

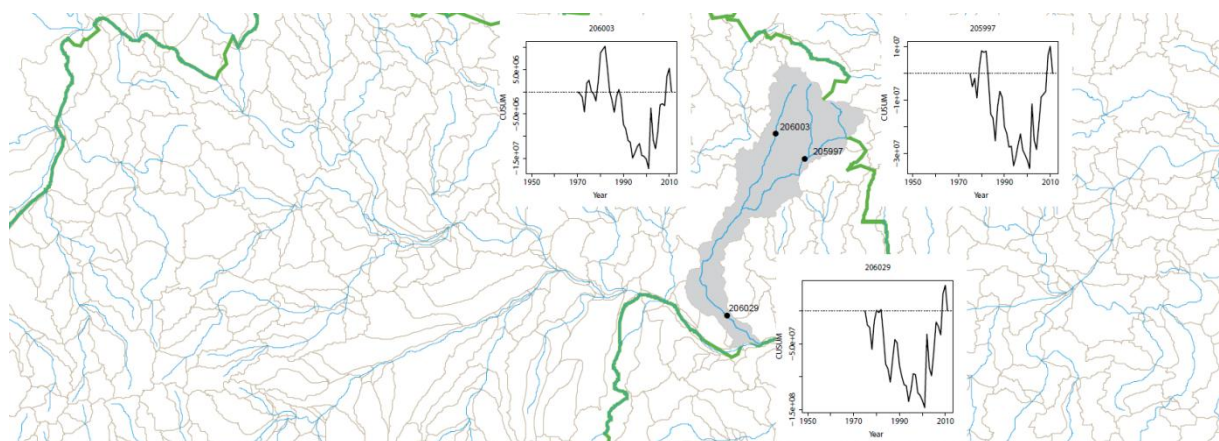


Abbildung 377: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Naarn. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

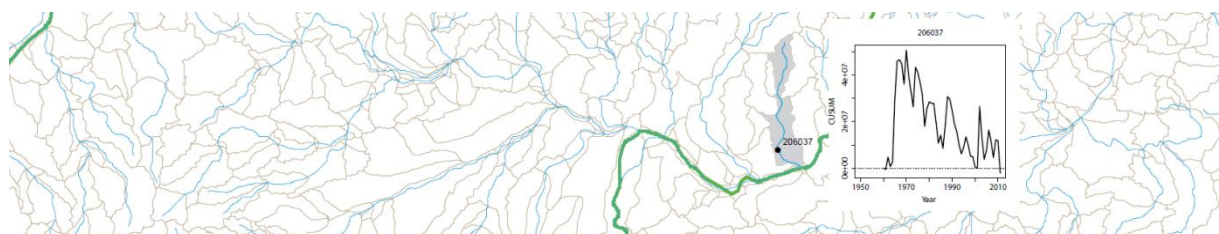


Abbildung 378: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Klambach. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Die Gegenüberstellung saisonaler Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse zeigt an allen Pegelaufzeichnungen eine deutliche Abnahme in den Wintermonaten (Dezember/Jänner). Es zeigt sich hierbei, dass der Referenzwert MQ (Mittelwasser) nach dem Jahr 1990 deutlich unterschritten wird. Frühjahrshochwässer haben hingegen, mit Ausnahme Pegel 205997 (Königswiesen (Ort)), nach

dem Jahr 1990 an Abflussmenge zugenommen. Keine eindeutige Trendänderung ist in den Sommermonaten (Mai-August) festzustellen. In den Herbstmonaten (September-November) können desweiteren etwas stärkere Abflüsse verzeichnet werden (graphische Details zu diesen Auswertungen befinden sich im Anhang).

12.2.5. Einzugsgebiet Große und Kleine Gusen

Die Datengrundlage im Einzugsgebiet der Gusen ermöglicht eine Auswertung folgender hydrologischer Parameter:

- Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge (105627 Neumarkt im Mühlkreis, 105619 Gallneukirchen)
- Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse (206854 Unterweikersdorf, 206573 Engerwitzdorf, 206375 St. Georgen an der Gusen (Bad))
- Trendanalysen in Bezug auf transportwirksame Abflüsse (206375 St. Georgen an der Gusen (Bad))
- Trendanalyse in Bezug auf saisonale Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse (206573 Engerwitzdorf, 206375 St. Georgen an der Gusen (Bad))

Die Niederschlagsaufzeichnungen im Einzugsgebiet der Gusen deuten auf eine Trendänderung in der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge am Beginn der 1990-Jahre hin mit einer stetigen Zunahme ab 2000 bzw. 1990 (Abbildung 379).

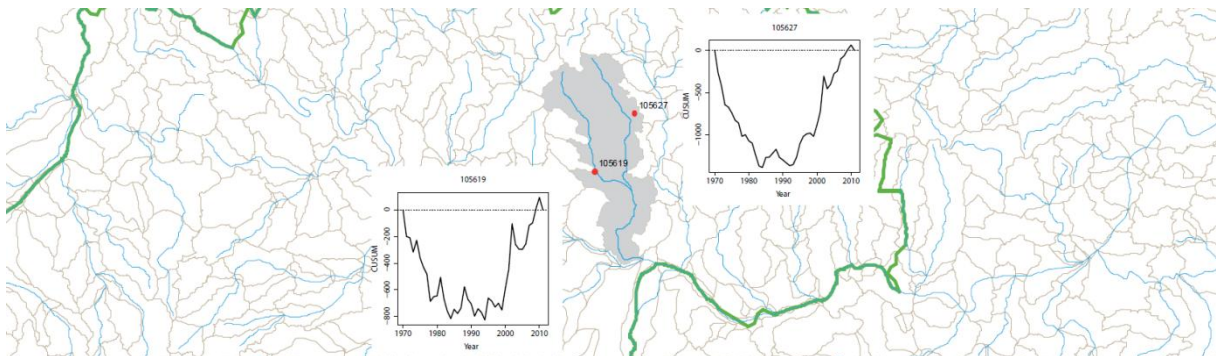


Abbildung 379: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge - Gusen. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Desweiteren zeigt sich im benachbarten Einzugsgebiet des Großen Haselbaches (westlich der Großen Gusen) eine Zunahme der Intensität (Abbildung 381) und Anzahl (Abbildung 380) an Starkregenereignissen. Es kann daher auch eine Intensivierung der Starkregenereignisse im Einzugsgebiet der Gusen angenommen werden.

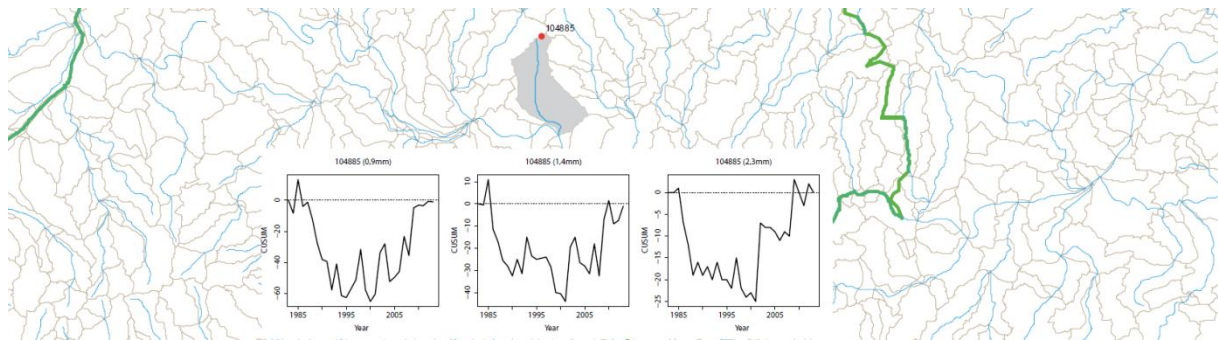


Abbildung 380: Entwicklung der Anzahl an Starkregenerereignissen – Großer Haselbach. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

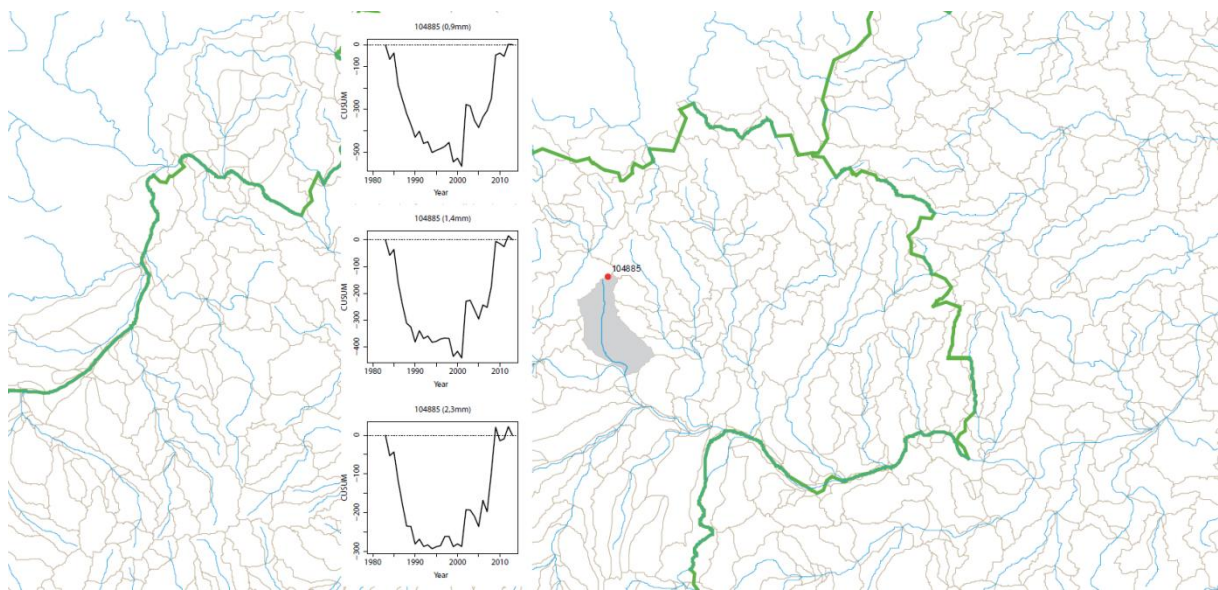


Abbildung 381: Entwicklung der Starkregenerereignisse – Großer Haselbach. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Im Gewässersystem der Gusen zeigen sich keine eindeutigen Änderungen in der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse (Abbildung 382). Die Pegelaufzeichnungen an den Stationen 206573 (Engerwitzdorf) und 206375 (St. Georgen an der Gusen (Bad)) deuten auf eine leichte Zunahme der Abflüsse ab dem Jahr 1990 hin. Die Pegeldata der Station 206854 (Unterweikersdorf) zeigen eine kontinuierliche Abnahme der Abflussmenge. Die kurze Aufzeichnungsdauer (1994-2011) dieser Station muss jedoch als Unsicherheit bei der Trendanalyse beachtet werden.

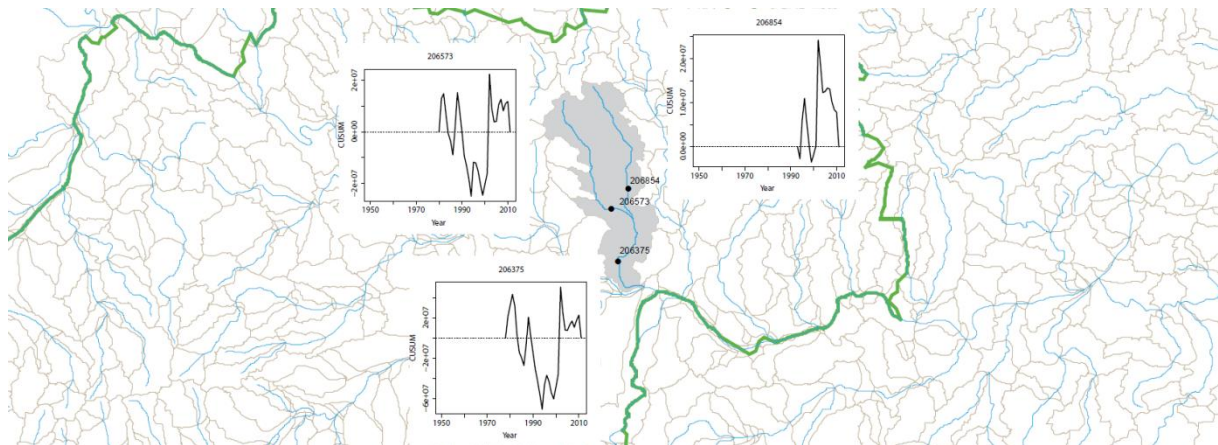


Abbildung 382: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Gusen. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Die Trendanalyse in Bezug auf geschiebetransportwirksame Abflüsse zeigt, dass die Zunahme der Abflussmenge zu höheren Transportraten von Korngrößen kleiner 1 mm führt (Abbildung 383). Diese Änderung ist in der Trendanalyse jedoch nicht für Korngrößen von 10 mm feststellbar (Abbildung 383).

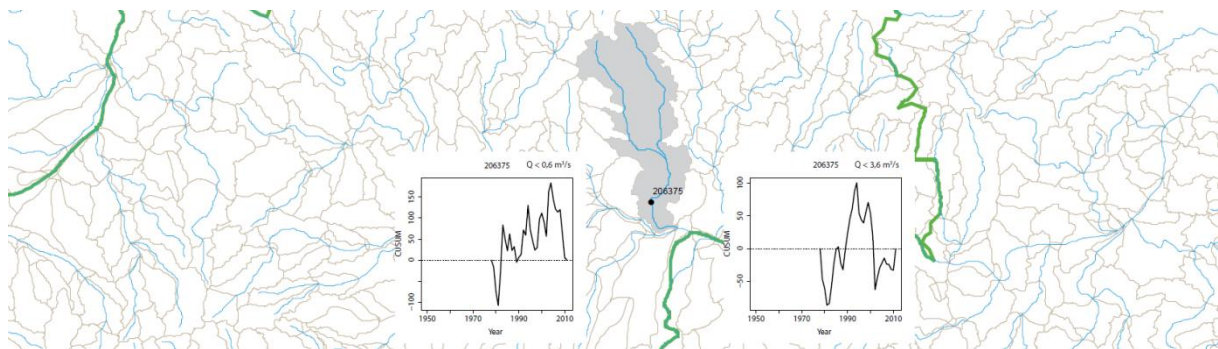


Abbildung 383: Entwicklung der geschleibetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr – Gusen. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Die Gegenüberstellung saisonaler Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse zeigt im Einzugsgebiet der Gusen deutliche Änderungen im Abflussgeschehen. Vor dem Jahr 1990 wurden Abflüsse in den Wintermonaten (Dezember/Jänner) deutlich über Mittelwasser (MQ) aufgezeichnet. Im Zeitraum von 1990-2011 haben die Abflüsse jedoch deutlich abgenommen, wodurch es teilweise zur Unterschreitung dieses Referenzwertes kommt. Frühjahrshochwässer (März/April) fallen ebenfalls ab dem Jahr 1990 geringer aus. Keine Änderung bzw. ein kleiner Anstieg der Abflüsse ist im Sommer (Mai-September) und Herbst (Oktober-November) festzustellen (graphische Details zu diesen Auswertungen befinden sich im Anhang).

12.2.6. Einzugsgebiet der Rodl (Kleine und Große Rodl)

Die Datengrundlage im Einzugsgebiet der Kleinen und Großen Rodl ermöglicht eine Auswertung folgender hydrologischer Parameter:

- Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge (104802 Piberstein, 104653 St.Peter am Wimberg, 104828 Waxenberg, 104950 Neußerling, 104943 Bad Leonfelden, 104885 Hellmonsödt, 105742 Kirchschatlag bei Linz, 104844 Ottensheim)
- Trendanalysen der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse (206664 Zwettl an der Rodl (Gemeindeamt), 205088 Rottenegg, 206656 Zwettl an der Rodl)
- Trendanalysen in Bezug auf transportwirksame Abflüsse (205088 Rottenegg)
- Trendanalyse in Bezug auf saisonale Änderungen der mittleren täglichen Abflüsse (206664 Zwettl an der Rodl (Gemeindeamt), 205088 Rottenegg, 206656 Zwettl an der Rodl)

Die Trendanalyse in Bezug auf die Veränderung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Tagesniederschläge deutet auf eine Zunahme sei dem Jahr 1990 (Abbildung 384). Die Stationen 104828 (Waxenberg), 104844 (Ottensheim), 104943 (Bad Leonfelden) und 104885 (Hellmonsödt) weisen eine Niederschlagszunahme im Zeitraum von 1994-2011 auf; Station 104653 (St.Peter am Wimberg) ab 2000. Die Stationen 104950 (Neußerling) und 105742 (Kirchschatlag bei Linz) lassen aufgrund der kurzen Aufzeichnungsdauer keine sichere Aussage über eine mögliche Trendänderung zu. Ebenfalls keine sichere Aussage lässt sich über die Aufzeichnung der Station 104802 (Piberstein) treffen. Hier ist eine Zunahme der Niederschläge bis zum Jahr 1990 festzustellen. Nach dem Jahr 1990 bleiben diese konstant.

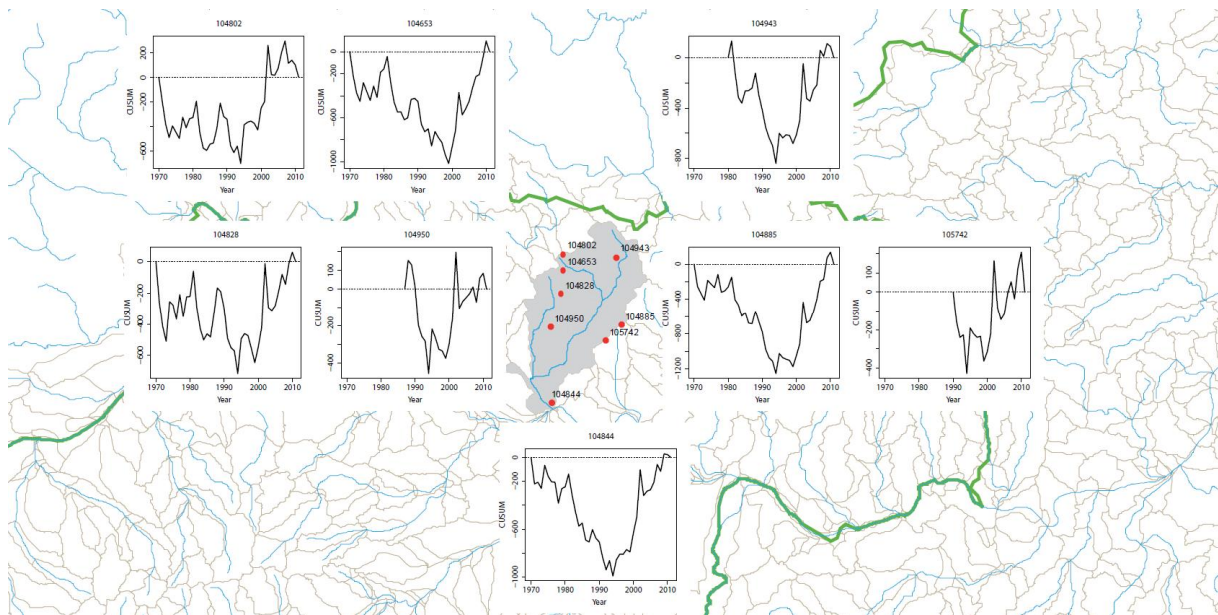


Abbildung 384: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren Tagesniederschläge - Rodl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Desweiteren zeigt sich im benachbarten Einzugsgebiet des Großen Haselbaches (östlich der Großen Rodl) eine Zunahme der Intensität (Abbildung 381, 12.2.5) und Anzahl (Abbildung 380, 12.2.5) an Starkregenereignissen. Es kann daher eine Intensivierung der Starkregenereignisse in Teilen des Einzugsgebiets der Rodl angenommen werden.

Im Gewässersystem der Rodl zeigen sich keine signifikanten Änderungen der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse (Abbildung 385). Die Trendanalysen in Bezug auf geschlebetransportwirksame Abflüsse zeigt ebenfalls keine eindeutige Änderung im langjährigen Mittel (Abbildung 386).

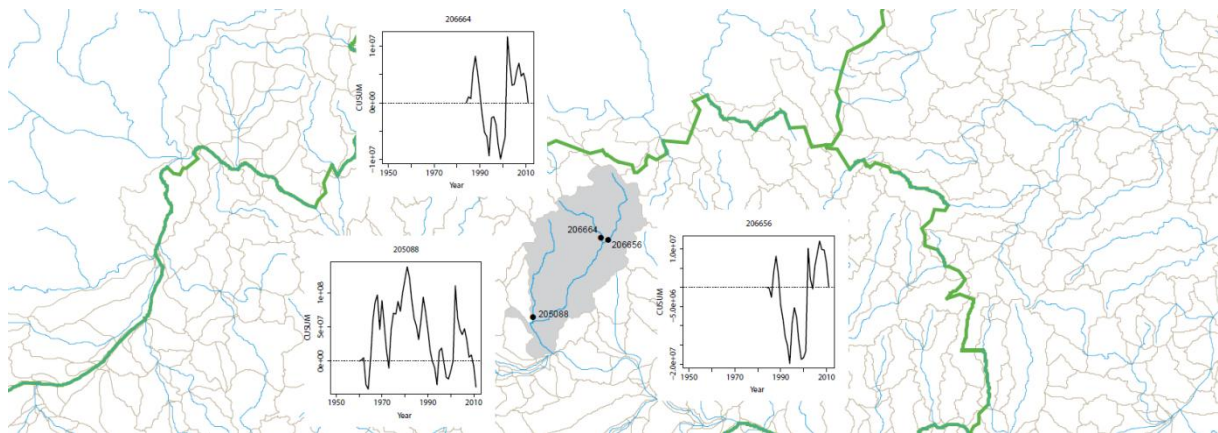


Abbildung 385: Entwicklung der jährlichen Summe der mittleren täglichen Abflüsse – Rodl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

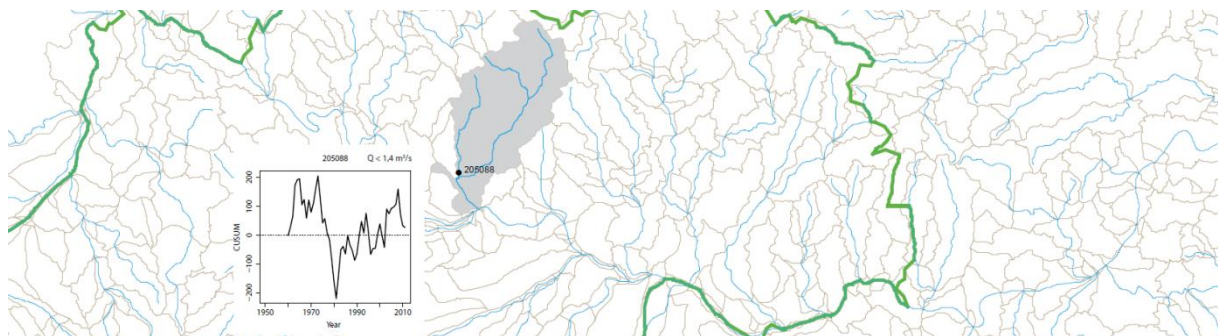


Abbildung 386: Entwicklung der geschlebetransportwirksamen Abflüsse pro Jahr – Rodl. Legende: Untersuchtes Einzugsgebiet (grau hinterlegt), untersuchter Gewässerabschnitt (dicke blaue Linie); umliegende Fließgewässer (blau); Einzugsgebiete (grau); Ländergrenze (grün).

Die Gegenüberstellung saisonaler Änderungen zeigen hingegen deutliche Veränderungen der mittleren täglichen Abflüsse. Eine Abnahme der Abflüsse ist in den Wintermonaten (Dezember/Jänner) im gesamten Einzugsgebiet der Rodl festzustellen. Dieser Trend ist weiters in den Sommermonaten (Mai-August) am Pegel 205088 (Rottenegg) zu verzeichnen, wobei eine deutliche Unterschreitung unterhalb des Referenzwertes MQ (Mittelwasser) zu sehen ist. Ein leichter Anstieg des Abflusses ist hingegen im Herbst (Oktober-November) ebenfalls ersichtlich (graphische Details zu diesen Auswertungen befinden sich im Anhang).

13. Kleinskalige Untersuchungen zum Sedimenttransportverhalten

13.1. Modellaufbau

Für die Untersuchung des Sedimenttransportverhaltens bzw. Versandungsprozesses wurde in der hydraulischen Versuchsrinne am IWHW (Breite = 300 mm) ein Schnittmodell der rauen Sohle im Maßstab 1:1 aufgebaut. Das Modell wurde in drei Bereiche mit unterschiedlicher Rauigkeit aufgeteilt: Bereich „A“ mit mittlerer Kerngröße $d_m = 140$ mm, Bereich „B“ mit $d_m = 70$ mm, der Bereich „C“ mit $d_m = 30$ mm, und mit einem glatten Vorlauf- und Nachlaufbereich. Die Abschnitte A und B fallen demnach in den Subtrattypus Mesolithal (6 cm-20 cm), die Korngrößen, die in Abschnitt eingebaut wurden, sind dem Typ Mikrolithal (2 cm-6 cm) zuzuordnen. Das Gesteinsmaterial für die Modellierung der rauen Sohle wurde in situ in den Fließgewässern der Böhmisches Masse entnommen, und in die Glasrinne eingebaut. Somit konnte eine möglichst exakte Nachbildung des Naturzustandes angefertigt werden. Die glatten Bereiche, die als Vor- bzw. Nachlauf dienen, wurden mittels einer Schalungsplatte modelliert. Diese Bereiche sind insofern von Bedeutung, als dass sie ein ungestörtes Strömungsbild vor- bzw. nach der Versuchstrecke herstellen. Der Versuchsaufbau wird im Längenschnitt in der Abbildung 387 dargestellt. Die Punkte A-1 bis C-2 stellen hier die Positionen der Messlotrechten dar, an denen die Fließgeschwindigkeit gemessen wurde.

Die hydraulische Versuchsrinne wurde am zentralen Wasserkreislauf des Wasserbaulabors angeschlossen und außer der Durchfluss- und Wasserstands- Regelung ermöglicht sie auch die Einstellung des Sohlgefälles in Fließrichtung.

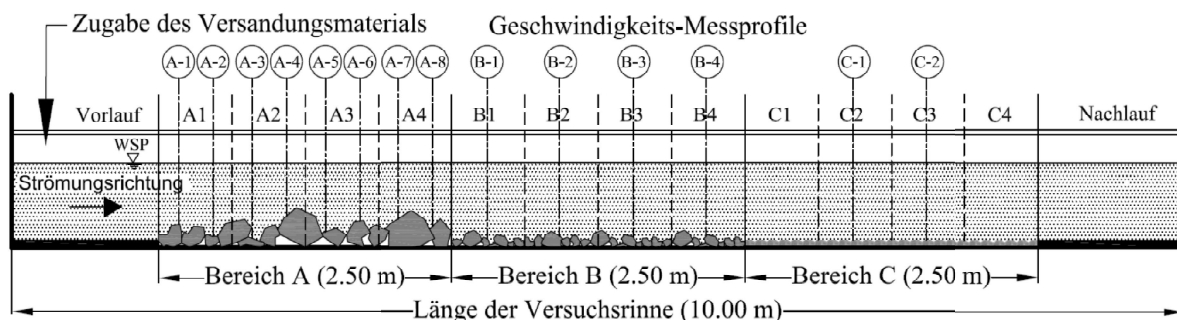


Abbildung 387: Schema des Modellaufbaus.

13.2. Versuchsreihen und Versuchsablauf

Anhand von volumetrischen Proben ($n = 459$) an Fließgewässern im oberösterreichischen Mühlviertel und Korngrößenanalysen wurden als Versandungsmaterial zwei Korngrößenfraktionen (2 mm / 4 mm) gewählt und dementsprechend zwei Versuchsreihen mit jeweils drei Wiederholungen durchgeführt. Eine Übersicht über die Versuchsreihen gibt die Tabelle 22 wieder.

Um den Bewegungsbeginn des Sediments zu erreichen, wurde zwischen den beiden Versuchsreihen Durchfluss und Gefälle angepasst. Die Höhe des Wasserspiegels blieb annähernd konstant. Deshalb unterscheiden sich die Versuchsreihen praktisch nur in der Größe der Sohlschubspannung, die mit dem gleichen Fließquerschnitt, bzw. hydraulischen Radius R_h proportional nur zum Gefälle I ist:

$$\tau = \rho \cdot g \cdot R_h \cdot I, \quad (1)$$

wobei $\rho \cdot g \cdot R_h = \text{konstant}$

Tabelle 22: Eingangsgrößen der beiden Versuchsreihen.

Versuchsreihe	VR-I	VR-II
Korngröße des Sediments	$d_s = 2 \text{ mm}$ (Grobsand)	$d_s = 4 \text{ mm}$ (Feinkies)
Durchfluss	$Q = 0,045 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 0,055 \text{ m}^3/\text{s}$
Spezifischer Durchfluss ($q = Q/B$)	$q = 0,150 \text{ m}^2/\text{s}$	$q = 0,183 \text{ m}^2/\text{s}$
Sohlgefälle	$I = 0,3 \%$	$I = 0,5 \%$
Wassertiefe	$H = 0,23 \text{ m}$	$H = 0,24 \text{ m}$
Wandschubspannung (1)	$\tau_w \cong 2,7 \text{ N/m}^2$	$\tau_w \cong 4,8 \text{ N/m}^2$
Froude-Zahl des Sedimentkorns	$Fr^* \cong 0,21$	$Fr^* \cong 0,18$

Dadurch konnten ähnliche hydraulische Bedingungen mit annähernd gleicher Froude-Zahl Fr^* für das Geschiebekorn simuliert werden.

Während eines Modellversuchs wurde das Versandungsmaterial (Grobsand und Feinkies) im Vorlaufbereich auf die Sohle kontinuierlich zugegeben (ca. 40 kg / Stunde), so dass die gewählten Kornfraktionen gleichmäßig mit der Strömung wegtransportiert wurden. Die sog. Versandungsfront passierte die ganze Versuchsstrecke (Bereiche A bis C) und die Hohlräume sowie flachere Bereiche wurden dabei mit Grobsand und Feinkies bedeckt (versandet). Um die Geschwindigkeit der Versandungsfront feststellen zu können, wurden die Bereiche A, B und C jeweils in vier kleinere Abschnitte unterteilt, und es wurde beobachtet, in welchen Zeitintervallen die wandernde Versandungsfront diese Unterbereiche (A1 bis C4, siehe Abbildung 387) passiert.

Anschließend wurde die Sedimentzugabe eingestellt. Die nun vom Sediment ungesättigte Strömung hat die lose Sedimentschicht bis zu einem Gleichgewichtszustand (sog. Endzustand) wieder abgetragen. In jedem Versuch konnten also drei stabilisierte Zustände beobachtet und messtechnisch aufgenommen werden (Tabelle 23). Zusätzlich wurde die Strömung über eine eingebaute glatte Sohle als Referenzzustand miteinbezogen.

Tabelle 23: Definition der jeweiligen Zustände vor-, während und nach kontinuierlicher Zugabe des Versandungsmaterials.

Gleichgewichtszustand	Beschreibung
Raue Sohle	Raue Sohle ohne Sedimentschicht und ohne Sedimentzugabe, jeweils am Anfang des Versuchs
Versandete Sohle	Sohle bedeckt mit einer stabilisierter Sedimentschicht, gleichbleibende Sedimentzugabe
Endzustand	Endzustand nach Einstellung der Sedimentzugabe, die Sedimentschicht größtenteils abgetragen und stabilisiert
Referenz	Glatte Sohle

13.3. Angewandte Messtechnik und Messverfahren

In der Längsachse der Versuchsrinne wurden insgesamt 14 Profile zur Messung der Geschwindigkeit definiert. Mit Rücksicht auf die sohlmorphologische Variabilität wurden im Bereich A insgesamt acht (A-1 bis A-8), im Bereich B vier (B-1 bis B-4) und im Bereich C zwei (C-1 und C-2) Messlotrechten vorgesehen (Abbildung 387). In jedem Messprofil wurden typischerweise 6-7 örtliche Geschwindigkeiten in der Hauptfließrichtung aufgenommen (Abbildung 388), um die Geschwindigkeitsverteilung über die gesamte Wassertiefe zu bestimmen. Weil das Fließgeschwindigkeitsprofils mehrfach über Sohle mit qualitativ derselben Rauigkeit erfasst wurde, war es möglich die Variabilität des Geschwindigkeitsprofils anhand der somit realisierten Stichprobe X quantitativ durch ein Variationskoeffizient VK zu bewerten:

$$VK(X) = \text{Standardabweichung}(X) / \text{Mittelwert}(X).$$

Für die Messung der örtlichen Geschwindigkeit wurde ein hydrometrischer Messflügel ZS 18 (in einer „Stab“-Ausführung) der Fa. Höntzsch verwendet. Die Messdaten aus dem Messflügel wurden direkt über ein Datenerfassungssystem ausgelesen, um die einzelnen Pulse des 4-schaufeligen Flügelrads auswerten zu können (4 Geschwindigkeitswerte pro Umdrehung). Die Messdauer in einem Punkt war 60 Sekunden und es wurde der Mittelwert V_m und die Turbulenzintensität $Tu = V_{std} / V_m \cdot 100 \%$ ausgewertet, wo V_{std} die Standardabweichung der Geschwindigkeit darstellt.

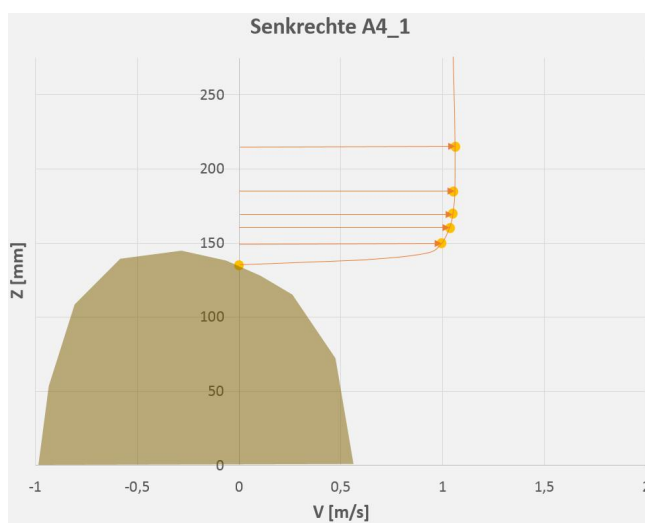


Abbildung 388: Messlotrechte 1 im Bereich A4

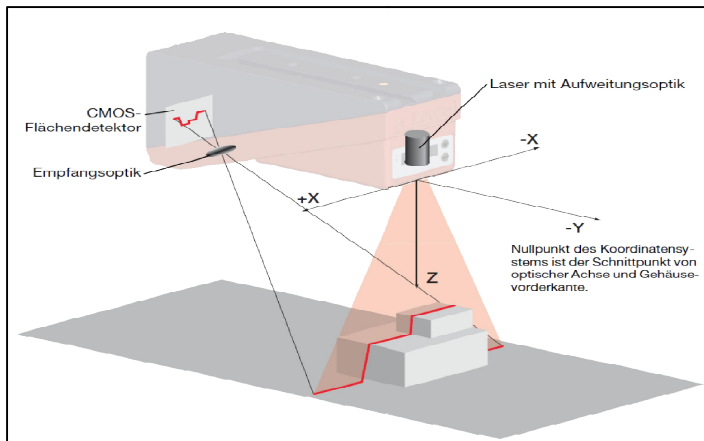


Abbildung 389: Schema der Profilaufnahme des Modells LPS 36

Zur Aufnahme der Sohlmorphologie, bzw. des digitalen Terrain-Modells (DTM), wurde ein Laser-Profilsensor (LPS) der Fa. Leuze (Abbildung 389) verwendet. Dieses basiert auf dem Triangulationsmessprinzip. Für eine Sohlaufnahme wurde die Versuchsrinne jedes Mal vom Wasser langsam entleert und mit dem LPS entlang der Rinne mehrfach vermessen. Die Verschiebung in der Längsrichtung (x) wurde mittels Reibrad mit inkrementalem Drehgeber mit Auflösung 0,5 mm aufgenommen. Die Rohdaten, die einzelne Messprofile (y,z) mit Auflösung $\ll 1$ mm, wurden ggf. gemittelt und interpoliert und auf einen regelmäßigen Gitter (x,y,z) mit definierten Abständen übertragen. Mit dieser Methode konnten präzise 3D-Sohlaufnahmen realisiert werden, wie bspw. in Abbildung 390 dargestellt.

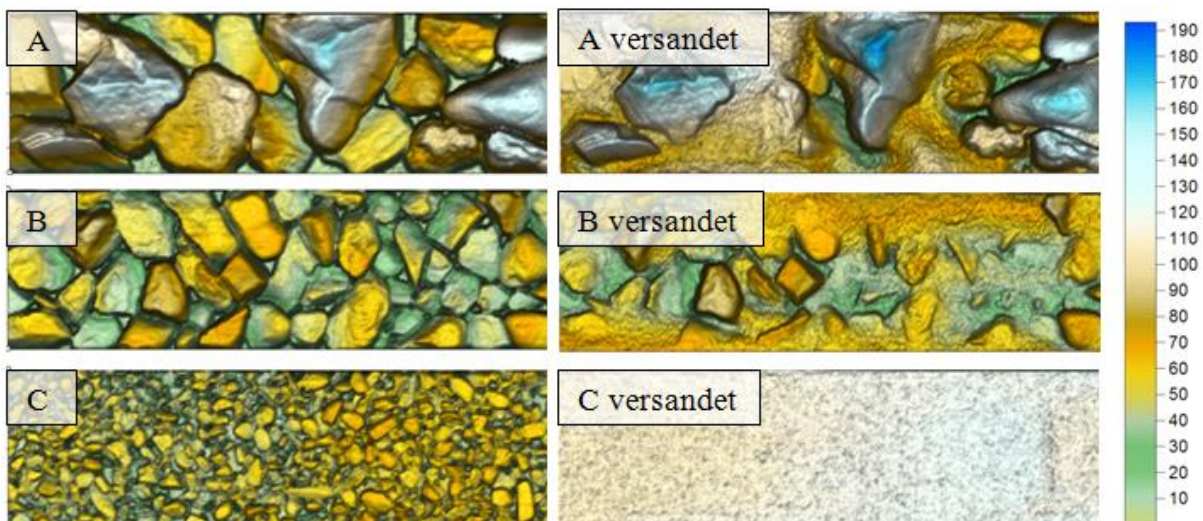


Abbildung 390: Sohlmorphologie der Sohle vor-als auch nach der Zugabe des Versandungsmaterials in den jeweiligen Bereichen in Abschnitten zu je 1 m. Die Farbskala stellt die absolute Sohlhöhe [mm] über Referenz dar.

13.4. Ergebnisse

In der Abbildung 391 wird die Sohlmorphologie durch Verteilung der Sohlhöhen dargestellt, die mit dem Laserscan erfasst wurden. In den Diagrammen sind beide Versuchsreihen (VR-I und VR-II) nach der Versandung und in dem Endzustand sowie die raue Sohle vor dem Versandungsversuch abgebildet. Während des Versandungsprozesses wird die Sohle mit dem Sedimentmaterial überdeckt; die Verteilungskurven verschieben sich zu größeren Z-Werten. Nach Einstellung der Sedimentzugabe und Erreichung des Endzustands wurde entsprechend ein Teil der Anlandung wieder abgetragen. Insbesondere in den Bereichen A und B zeigte sich eine starke Tendenz der Wiederherstellung der Ausgangssituation. In allen Bereichen blieben allerdings die tiefsten Stellen ($\Delta Z = \text{ca. } 30 \text{ mm}$) dauerhaft mit dem feinen Sediment befüllt. Es ist ersichtlich, dass der höchste Überdeckungsgrad den Sohlbereich C betrifft, also genau jene Korngrößen, welche für Laichplätze insbesondere relevant wären. Hier bilden sich eine starke Überdeckungen des Sohlsubstrates ($\Delta Z = \text{ca. } 110\text{-}120 \text{ mm}$). Im Bereich mit Grobsteinsohle (Bereich A) sind die Folgen der Versandung hingegen nicht so gravierend und es bilden sich nur lokale Ablagerungen bis $Z = 100 \text{ mm}$.

Die Sediment-Volumina, bzw. die Ablagerungen für die versandete Sohle und den Endzustand werden in Tabelle 24 zusammengefasst. Die kleinsten Ablagerungen finden in dem Bereich A statt, demgegenüber der Sohlbereich C wird mit vergleichsweise zu Bereich A ca. 5-fach so hoch belastet. Die Sohle im Bereich B wird zwar wesentlich versandet, hat dennoch sehr gute Fähigkeit der Rekonvaleszenz, so dass der Endzustand praktisch dem des Sohlbereichs A gleicht.

Tabelle 24: Festgestellte Volumen des Sediments (l/m^2) in Abhängigkeit von der Rauigkeit (Bereich A, B und C) und Versuchsreihe, bzw. Korngröße (ds).

Rauigkeit (Sohlbereich)	Versandete Sohle [l/m^2]		Endzustand [l/m^2]		Differenz [%]	
	VR-I	VR-II	VR-I	VR-II	VR-I	VR-II
A	9.6	13.2	5.5	9.0	-43	-32
B	19.8	18.2	4.7	10.5	-76	-42
C	57.5	54.7	27.5	43.8	-52	-20

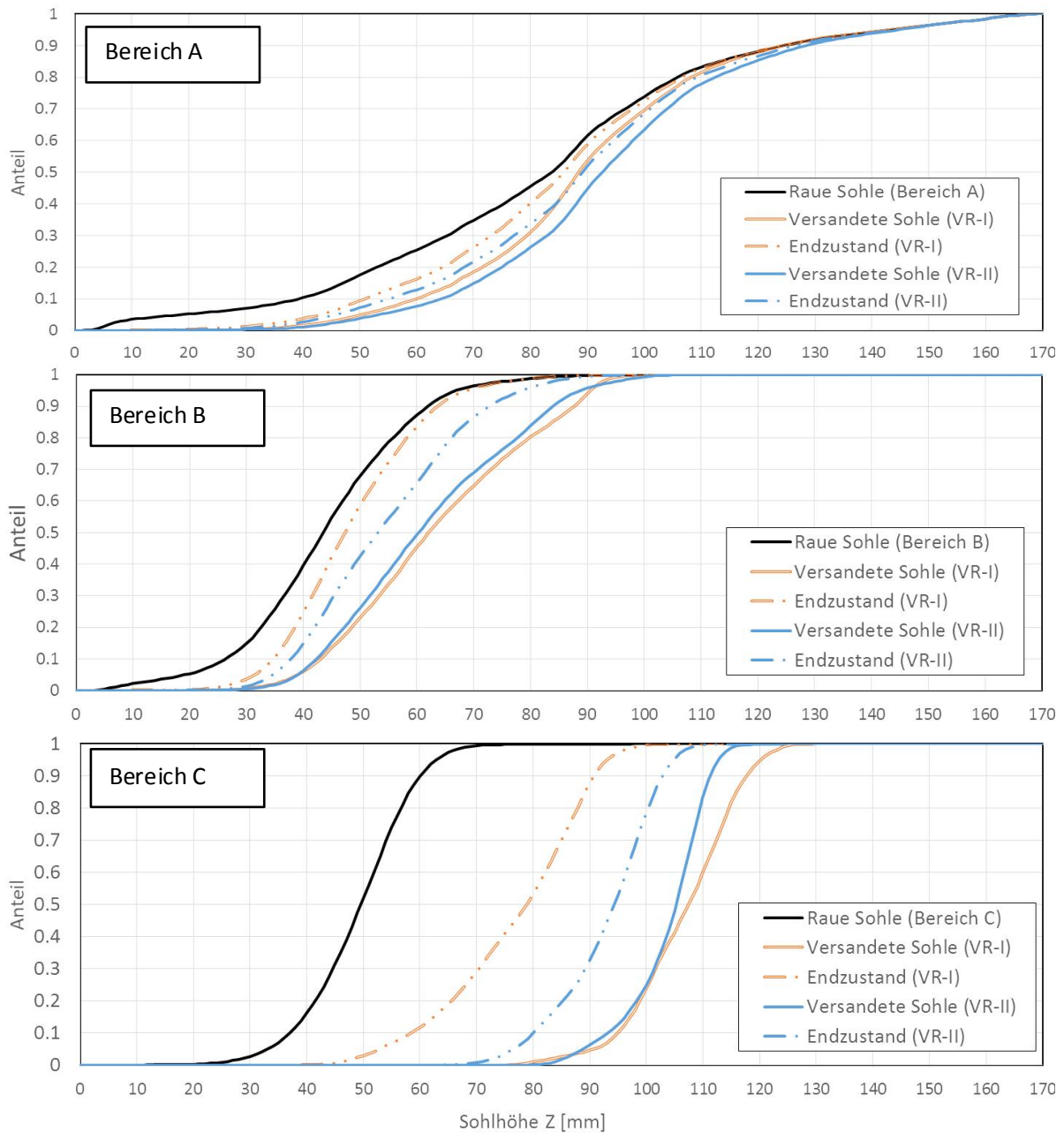


Abbildung 391: Kumulative Verteilung der Z-Ordinate des jeweiligen Sohlbereichs der rauhen Sohle, versandeten Sohle und des Endzustands (definiert in Tabelle 23).

Die Dynamik des Versandungsprozesses wurde anhand der Schubgeschwindigkeit der Versandungsfront bewertet (Tabelle 25). Die Versandung in dem Bereich A mit der größten Rauigkeit verbreitet sich am schnellsten, im Bereich C am langsamsten. Hingegen die Schubgeschwindigkeit einer kleinen Versandungsfront an einer glatten Sohle war die am größten.

Tabelle 25: Schubgeschwindigkeit der Versandungsfront in Metern pro Stunde, bzw. pro Tag in Abhängigkeit von der Rauigkeit (Bereich A, B, C und glatte Sohle).

Rauigkeit (Sohlbereich)	VR-I ($d_s = 2 \text{ mm}$)	VR-II ($d_s = 4 \text{ mm}$)
A	3.24 m/h (78 m/d)	5.49 m/h (132 m/d)
B	2.27 m/h (55 m/d)	3.13 m/h (75 m/d)
C	1.05 m/h (25 m/d)	1.32 m/h (32 m/d)
glatte Sohle	7.5 m/h (180 m/d)	13.7 m/h (329 m/d)

Durch eine konstante Unterbrechung des Modellversuchs zu einem bestimmten Zeitintervall (15 min), konnte die Position und der Versandungsfortschritt mit dem Laserscanner aufgenommen werden. Dabei war auf sorgsames Ablassen des Wassers in der Glasrinne zu achten, um ein Ausspülen der Versandungsfront zu verhindern. Die jeweils durch den Laserscan aufgenommenen Punktwolken können über eine spezielle Software eingelesen und visualisiert werden. Die Abbildung 392 und Abbildung 393 zeigen die Visualisierung dieser Teilversandung in den Zeitschritten von 15 Minuten. Diese zeitäquidistante Laservermessung wurde sowohl in der Versuchsreihe I ($d_s = 2 \text{ mm}$), als auch in der Versuchsreihe ($d_s = 4 \text{ mm}$) durchgeführt. Hier wird zu Anschauungszwecken jedoch nur erstere Versuchsreihe gezeigt.

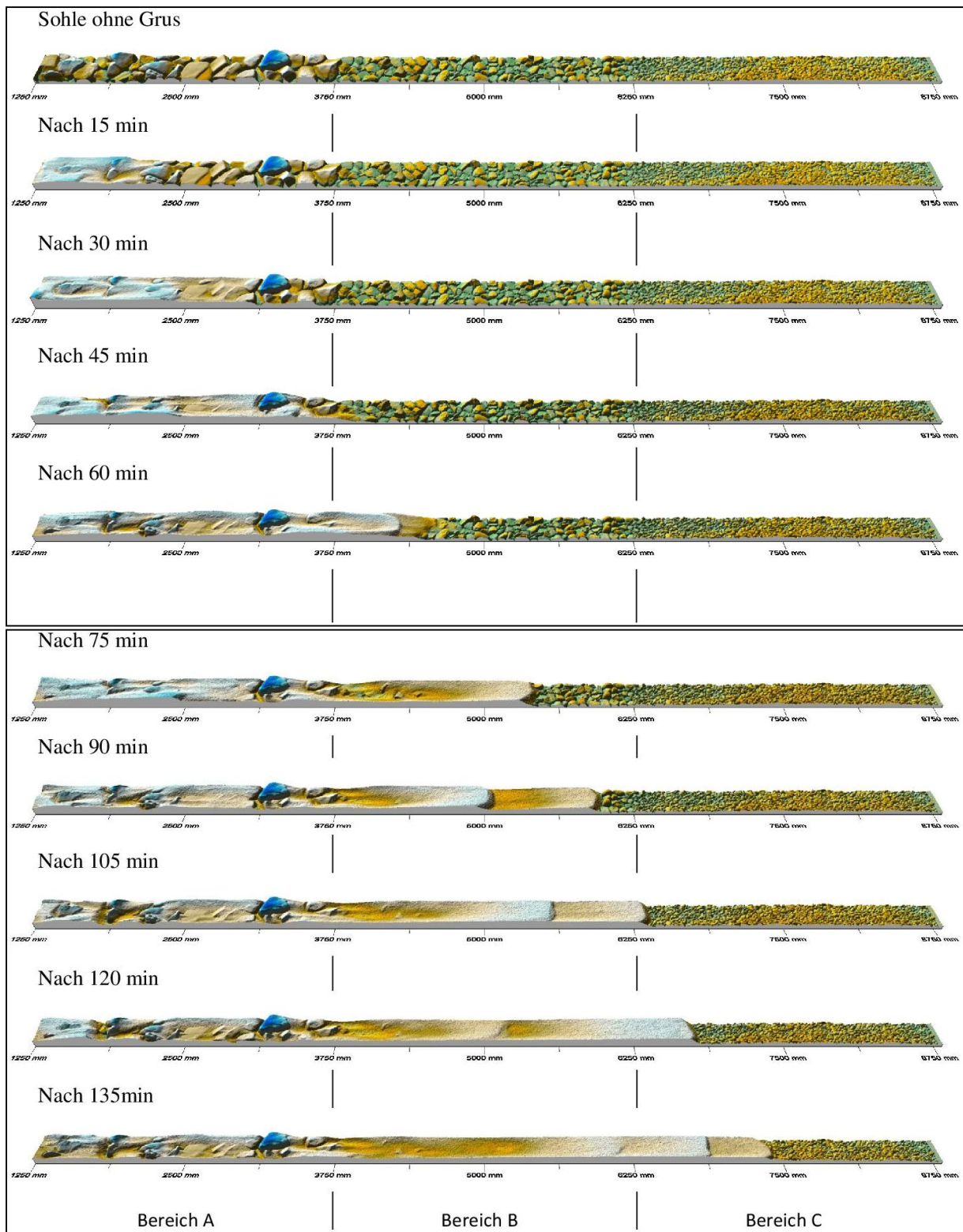


Abbildung 392: Visualisierung der Versandung unter Sedimentzugabe ($d_s = 2 \text{ mm}$)

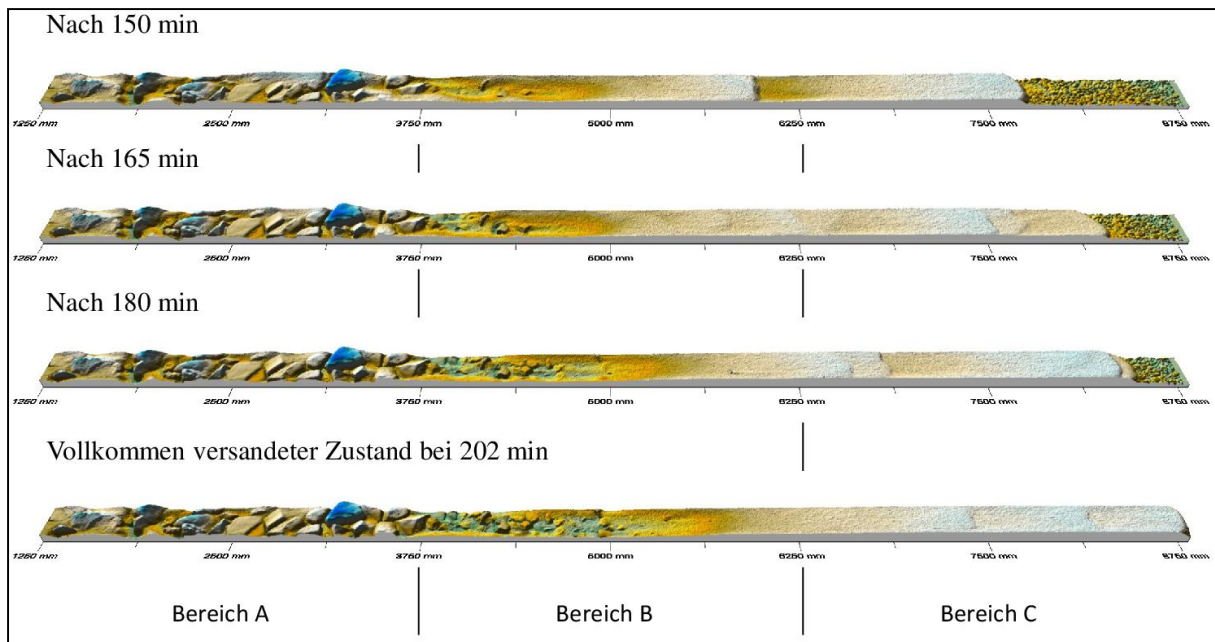


Abbildung 393: Fortsetzung Visualisierung der Versandung unter Sedimentzugabe ($d_s = 2 \text{ mm}$)

Die Schubgeschwindigkeit des Sedimentkorns sollte der Theorie nach der Sohlschubspannung, bzw. dem Geschwindigkeitsgradient an der Sohle proportional stehen. In Abbildung 394 und Abbildung 395 wird das mittlere Geschwindigkeitsprofil über die raue Sohle (ohne Sediment) und über die Sohle im Endzustand (versandet und wieder abgetragen, siehe Tabelle 23) für alle betrachteten Bereiche dargestellt (VR-I und VR-II). Es ist ersichtlich, dass im Referenzfall (glatte Sohle) das wenn auch mit einfacher Flügelmessung ermittelte Geschwindigkeitsprofil den größten Gradienten aufweist. Der zweitgrößte Gradient wurde interessanterweise im Bereich A (Grobstein-Sohle) ermittelt, der kleinste wiederum im Bereich C. Hier ist es zu betonen, dass insbesondere im Bereich A die Messprofile mit unterschiedlicher Sohlebene aufgenommen wurden - jeweils nach dem, wo der Flügel-Messstab die Sohle, bzw. den Stein erreicht hatte. In den Diagrammen ist die normalisierte Profilhöhe Z_n dargestellt, wobei $Z_n = 0$ der Sohle, bzw. der Anschlagstelle, und $Z_n = 1$ dem Wasserspiegel entspricht.

Des Weiteren werden in Abbildung 394 und Abbildung 395 die Turbulenzintensität der örtlichen Geschwindigkeiten (Tu [%]) und die positionsabhängige Variabilität des Geschwindigkeitsprofils (Variationskoeffizient VK [%]) widergegeben. Im Vergleich zur Referenz (glatte Sohle) wurde in allen rauen Sohlbereichen deutlich höhere Turbulenzintensität ermittelt (15 – 20 %), diese fiel nach der Versandung und Erreichung des Endzustands adäquat ab. Da der Bereich B dem Bereich A folgte, wäre hierdurch die höchste Turbulenz im Bereich B zu klären, im Übergang der beiden Teilabschnitte trat ein kurzer Wechselsprung auf. Die Turbulenzintensität über glatte Sohle beträgt bis zu 7 %. Die relativen Differenzen zwischen den Sohlbereichen waren jedoch nicht so signifikant, wie die Differenzen beim Variationskoeffizient, siehe Abbildung 394 (VK). Erwähnenswert sei hier, dass alle Maxima des Variationskoeffizienten in Sohlhöhe auftraten. Während der 2. Versuchsreihe bildete sich aufgrund der Rahmenbedingungen ($Q=55 \text{ l/s}$, $I=0,5\%$) und des abrupten Wechsels der Sohlrauigkeit, ein freier Wechselsprung am Übergang der Teilabschnitte A zu B. Diese Änderung des Abflussverhaltens (strömend-schießend-strömend) zeigt sich in dem hohen Maß an Turbulenz im Abschnitt B mit 24 % in unversandetem Zustand (Abbildung 395, Tu [%]). Der Turbulenzgrad des Bereichs B in versandetem Endzustand verringert sich hingegen um beinahe die Hälfte (13 %). Der

Grund dafür wird in der verringerten Sohlrauigkeit vermutet, da durch den Versandungsprozess die Lückenräume verschlossen, und die Sohle somit „glatter“ wird. Im Bereich A wurde eine sehr hohe Variation in dem Geschwindigkeitsprofil bis zu $VK_{max} = ca. 55\%$ nachgewiesen, im Bereich B $VK_{max} = ca. 23$ (rau), bzw. 12% (Versandungszustand) in VR-I bzw. 32 , bzw. 15% in VR-II. Im Bereich C ergaben sich VK_{max} von ca. 10 , bzw. 5% (raue Sohle, bzw. Versandungszustand) für die Versuchsreihe I, wohingegen in der Versuchsreihe II $VK_{max} = ca. 16$, bzw. 12% auftraten. Über die glatte Sohle wurden VK-Werte von nur ca. 1% festgestellt.

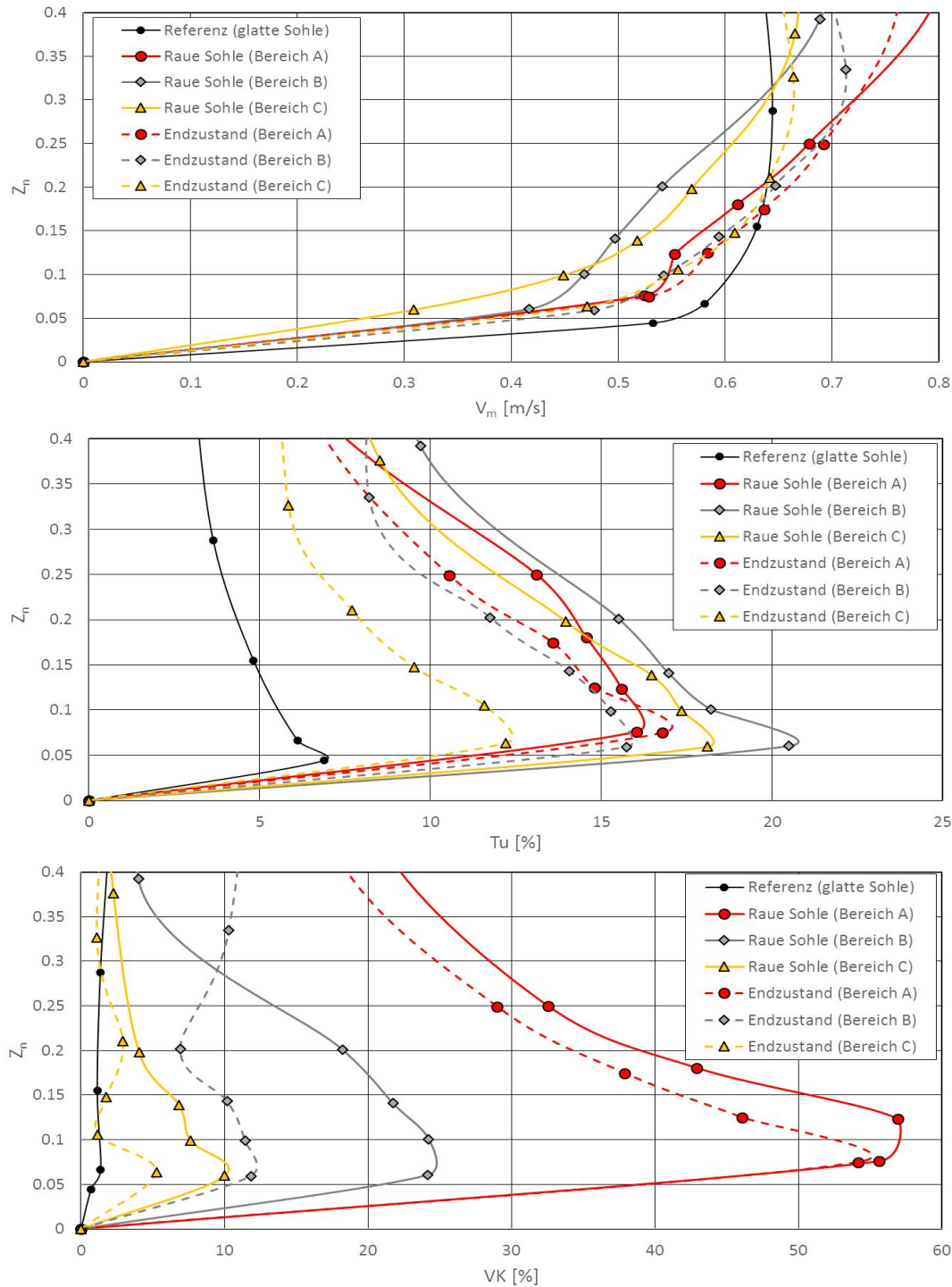


Abbildung 394: Mittleres Geschwindigkeitsprofil (V_m) mit entsprechender Verteilung der Turbulenzintensität (Tu) und des Variationskoeffizienten (VK), (Versuchsreihe VR-I).

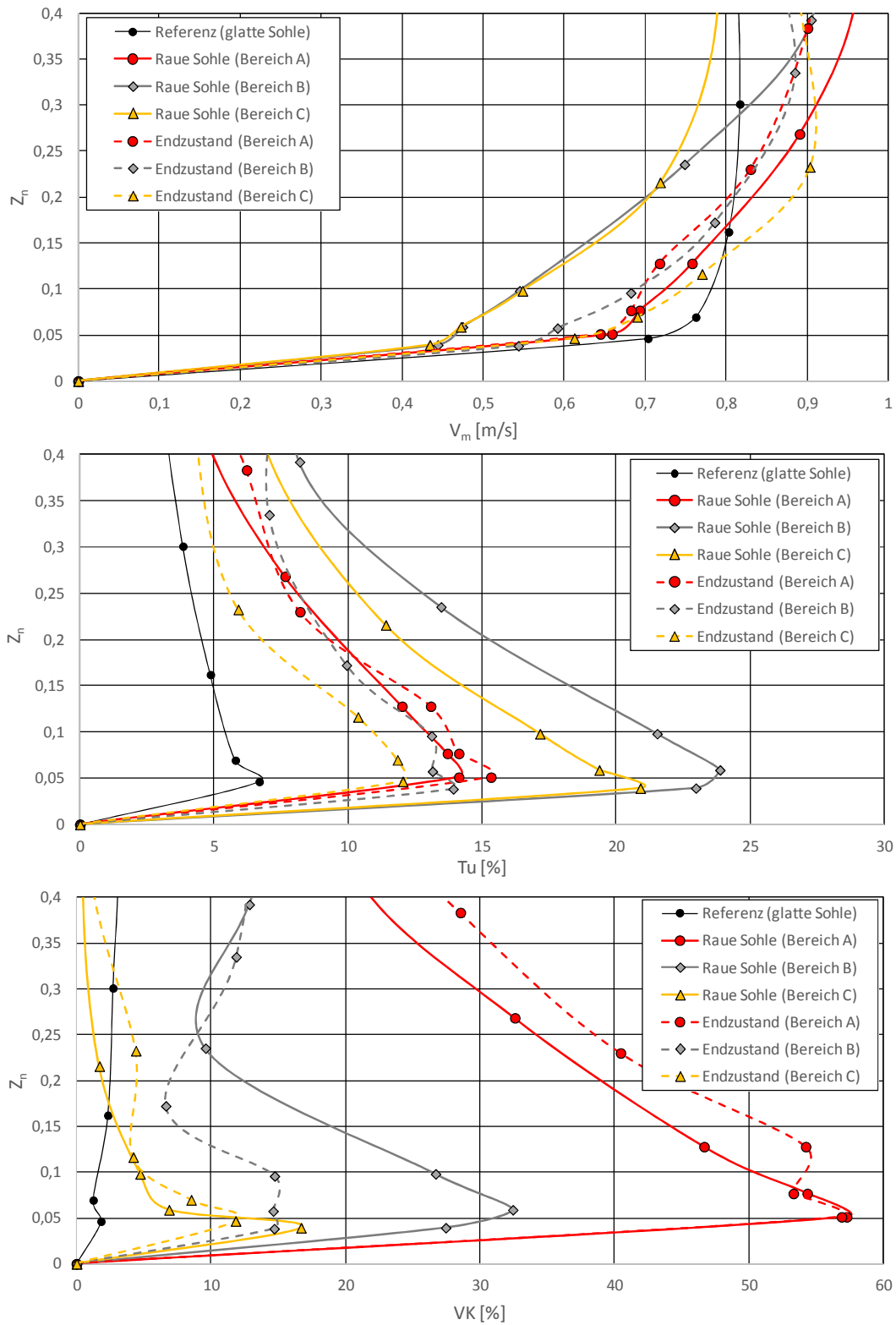


Abbildung 395: Mittleres Geschwindigkeitsprofil (V_m) mit entsprechender Verteilung der Turbulenzintensität (Tu) und des Variationskoeffizienten (VK), (Versuchsreihe VR-II).

13.4.1. Anwendung der Laborversuche an Freilandstrecken

Um die Erkenntnisse bzw. Ergebnisse des physikalischen Modellversuchs auf die Dynamik des Feststofftransports in Freilandstrecken zu untersuchen wurde das Fallbeispiel Aist gewählt. Hier wurden in ausgewählten Gewässerstrecken (bei Pegeln) die Veränderungen der Transportlängen von Versandungsfronten für real aufgezeichnete Durchflüsse bewertet.

Die Tagesmittel der Abflüsse Q wurden den Pegel-Messstellen Schwertberg a. d. Aist, Kefermarkt a. d. Feldaist und Pfahlmühle a. d. Waldaist entnommen (Tabelle 26). Die Messstellen Schwertberg und Pfahlmühle werden durch Kraftwerksbetrieb beeinflusst. Die Aufzeichnungen liegen für den Schreibpegel Schwertberg ab dem Jahr 1976 vor. Die Messungen des Abflusses sind an dem Pegel Pfahlmühle seit 1976 vorhanden, an der Messstelle Kefermarkt liegt die Zeitreihe ab dem Jahr 1981 vor. Die Messreihen liegen an allen drei Stellen bis Ende 2011 vor. Das langjährige Mittelwasser MQ wurde aus dem Hydrografischen Jahrbuch von 2011 entnommen.

Tabelle 26: Auszug der Messstellen Schwertberg, Pfahlmühle und Kefermarkt aus dem hydrografischen Jahrbuch 2011.

Mess-Stelle	Swertberg	Pfahlmühle	Kefermarkt
Fluss	Aist	Waldaist	Feldaist
Art	Schreibpegel	Schreibpegel	Schreibpegel
Einzugsgebiet	604,7 km ²	266,1 km ²	189,2 km ²
Zeitreihe	1976-2011	1976-2011	1981-2011
MQ	6,28 m ³ /s (1983-2011)	3,23 m ³ /s (1976-2011)	1,65 m ³ /s (1981-2011)

Aus der Zeitreihe der mittleren täglichen Abflüsse der einzelnen Pegelmessungen wurden jene Abflüsse, die größer oder gleich dem Mittelwasser MQ sind gefiltert. Die aneinander folgenden Tage mit entsprechender Abflussintensität wurden aufsummiert. Das Produkt der Anzahl der Tage während eines Ereignisses ($Q \geq MQ$) und der jeweiligen Schubgeschwindigkeit in Abhängigkeit zur Sohlrauhigkeit (siehe Tabelle 23) ergab somit in der weiterführenden Analyse die Länge des Transports bei gleichmäßigem Sedimenteintrag.

13.4.2. Ausweisung transportwirksamer Abflüsse

Nach der physikalisch begründeten Annahme, dass der Granitgrus ab einem Durchfluss entsprechend MQ ($= 3.23 \text{ m}^3/\text{s}$) mobilisiert wird, treten an der Waldaist demnach transportwirksame Abflüsse an bis zu 94 Tagen auf, die diesem Grenzwert entsprechen (Abbildung 396).

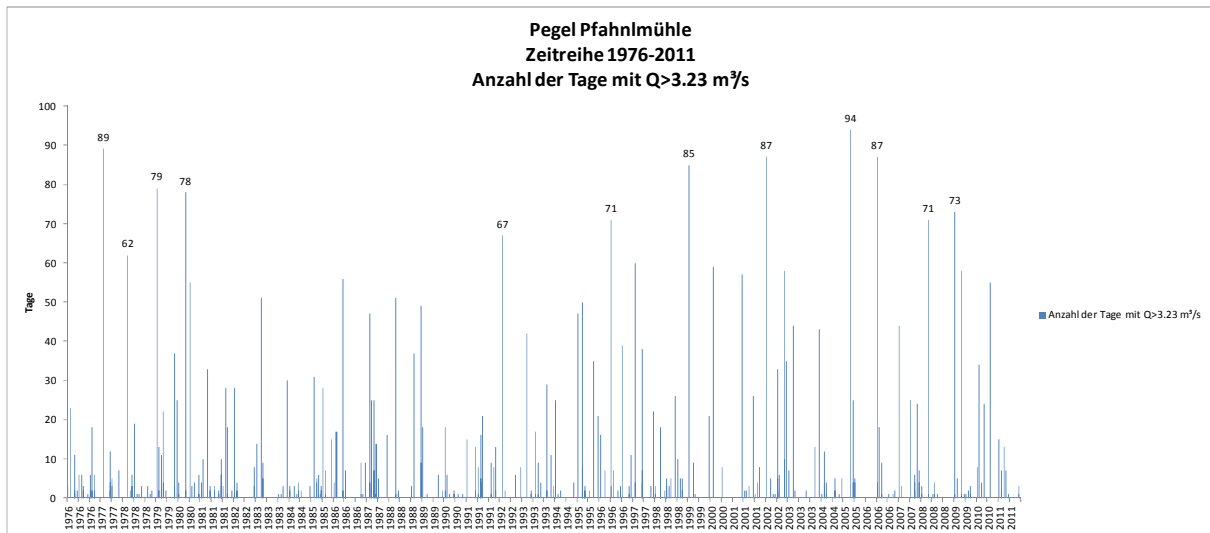


Abbildung 396: Anzahl der Tage mit Q größer MQ am Pegel Pfahlmühle; Zeitreihe 1976-2011

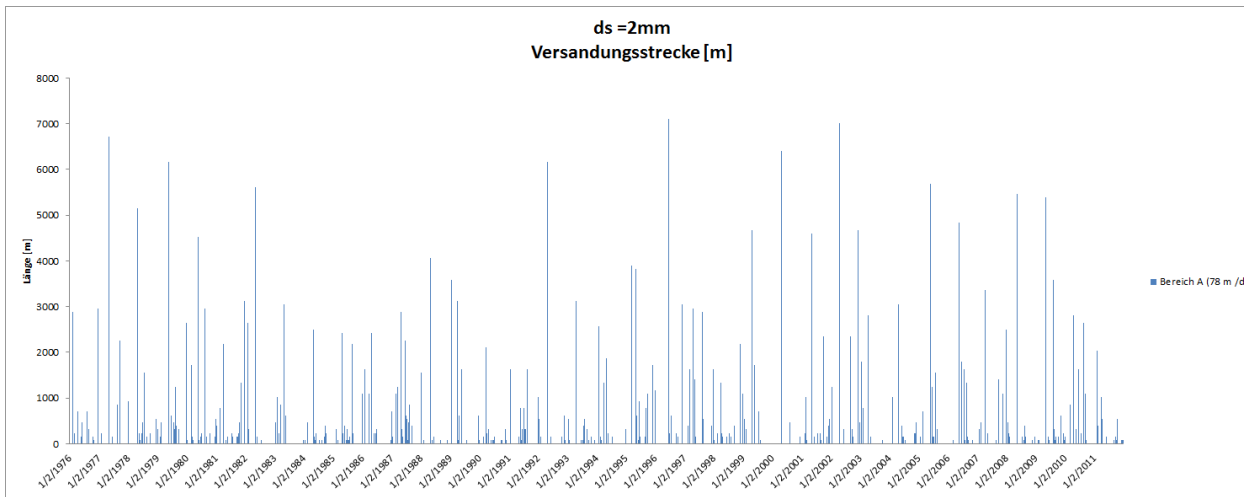
Zusätzlich zu den Auswertungen am Pegel Pfahlmühle wurden weitere Pegelstationen im Einzugsgebiet der Aist untersucht. Nachstehend werden in Tabelle 27 analog die Versandungstrecken für die Pegelstationen Schwertberg an der Aist und Kefermarkt an der Feldaist ausgewiesen.

Tabelle 27: Maximale Versandungstrecken an den Pegeln Schwertberg, Pfahlmühle und Kefermarkt für Granitgrus 2mm/4mm.

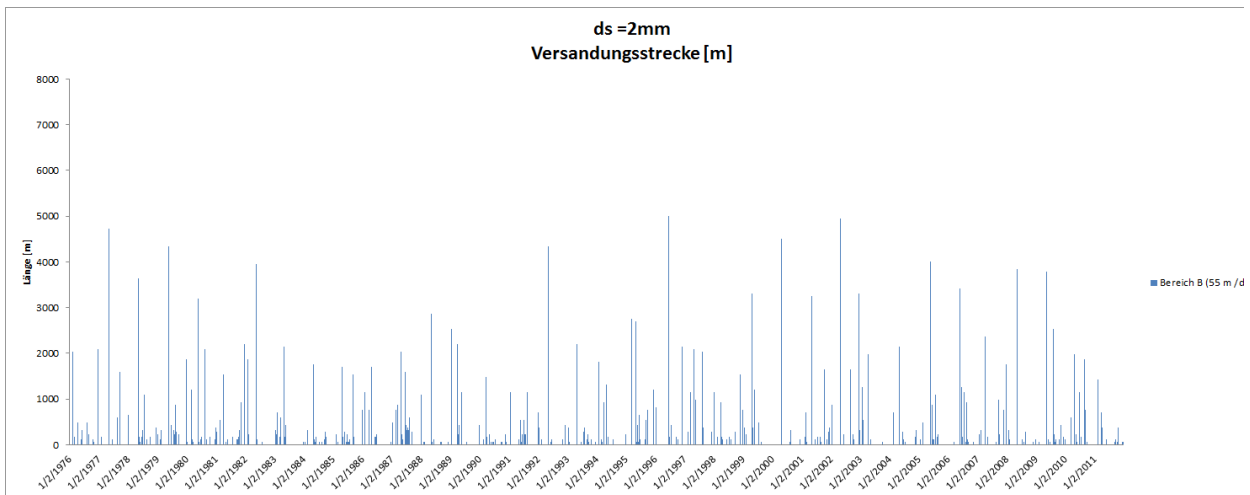
Mess-Stelle	Schwertberg		Pfahlmühle		Kefermarkt	
Fluss	Aist		Waldaist		Feldaist	
MQ	6,28 m ³ /s (1983-2011)		3,23 m ³ /s (1976-2011)		1,65 m ³ /s (1981-2011)	
Max. Versandungstrecke für Bereich C	d _s =2 m	d _s =4 m	d _s =2 m	d _s =4 m	d _s =2 m	d _s =4 m
	m	m	m	m	m	m
	2275 m	2912 m	2350 m	3008 m	2800 m	3584 m

Für die wasserbauliche Praxis von hoher Relevanz ist nun die Bewertung der Transportlängen dieser Versandungsfronten in Bezug auf die ausgewiesenen transportwirksamen Abflüsse. In Abbildung 397 sind diesbzgl. die jeweiligen Transportlängen für einzelne Jahre unter Berücksichtigung unterschiedlicher Sohlrauigkeiten abgebildet für den Pegel Schwertberg abgebildet.

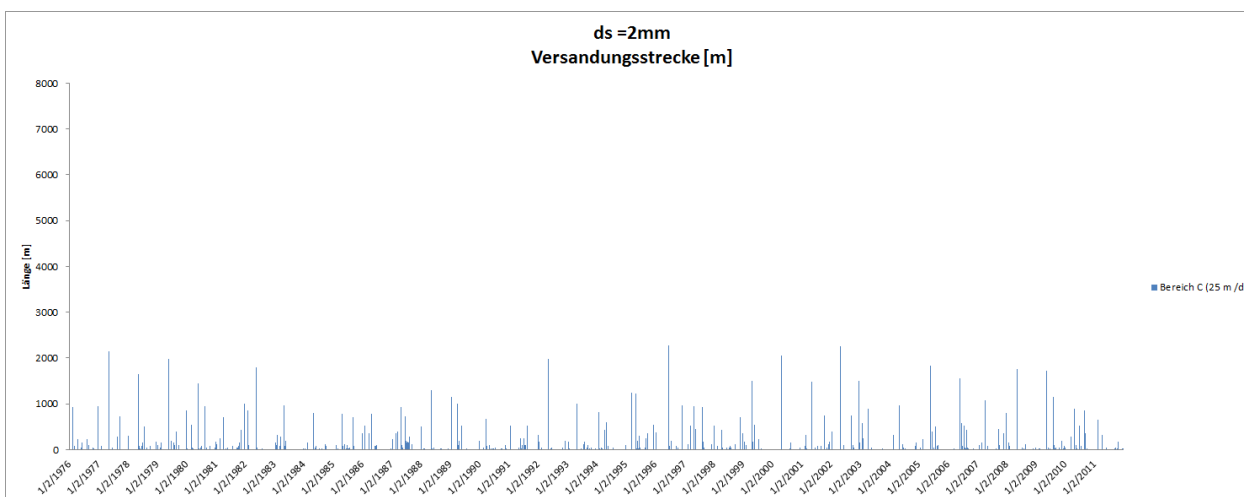
Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass je glatter die Sohle, desto geringer die Transportlängen der Versandungsfronten. Diese Längen reduzieren sich in einzelnen Jahren von 8 km bis auf unter 2 km. Dies bedeutet wiederum, wenn die Sohle einmal tlw. oder vollständig von Granitgrus bedeckt ist, wird der Weitertransport auf Grund der geringen Turbulenzintensität (Turbulenzvariabilität) verzögert. Es handelt sich auf Grund dieser physikalischen Eigenschaften um einen sich akkumulierenden Effekt in Bezug auf die Versandungsproblematik. Ein mehr an Versandungsmaterial (z.B. Auswirkungen Globale Erwärmung) bedeutet auch einen verzögerten Abtransport und eine Zunahme der ökologischen und schutzwassertechnischen Probleme.



(a)



(b)



(c)

Abbildung 397: Veränderung der Transportlängen von Versandungssohlformen in Abhängigkeit der Sohlrauigkeit; (a) $d_m = 140 \text{ mm}$, (b) $d_m = 70 \text{ mm}$ und (c) $d_m = 30 \text{ mm}$.

14. Hydrodynamische – numerische Modellierung des Feststofftransports an der Aist

Der Feststofftransport in den Haupteinzugsgebieten Feldaist, Waldaist und Aist soll durch Erstellung eines numerischen 1D Abflussmodelles analysiert werden. Durch Auswertung der Sohlschubspannungen aus dem 1D Abflussmodell der Feldaist, Waldaist, Aist und deren größeren Zubringern können Rückschlüsse auf Erosion, Transport und Ablagerungsprozesse gestellt werden. Die Prozessanalyse der 1D Modellierungsergebnisse erfolgt für den Granitgrus (1 mm – 10 mm), welches ein sandiges bzw. feinkiesiges Verwitterungsmaterial ist.

Es wird nur für größere Gewässer ein numerisches 1D Abflussmodell erstellt, die restlichen Gewässer werden über Einzugsgebietsanalysen hinsichtlich des Feststoffeintrags bewertet. Dies ermöglicht eine relative qualitative Bewertung eines möglichen Materialeintrages je zusammengefasster Einzugsgebiet über Klassifizierungen des Gefälles, der Geologie und der Landnutzung, insbesondere der Nadelwaldregionen.

Durch die Einzugsgebietsanalysen sowie der Auswertung der Sohlschubspannungen aus den 1D Abflussmodellen können Risikobereiche für die Versandung erkannt werden. Diese Erkenntnisse sollen als Grundlage für die Konzipierung von Maßnahmen und als Grundlage für das Feststoffmanagementkonzept im Einzugsgebiet der Aist dienen.

14.1. Bearbeitungsgebiet

Das Bearbeitungsgebiet für die Modellierung und Einzugsgebietsanalysen befindet sich im Mühlviertel, und reicht von oberhalb Mauthausen bis zur tschechischen Grenze, und gliedert sich in folgende drei Haupteinzugsgebiete (Abbildung 398) mit einer Gesamteinzugsfläche von ca. 637 km²:

- Aist 91 km²
- Feldaist 263 km²
- Waldaist 283 km²

Die Anzahl aller Detaileinzugsgebiete (Abbildung 399) im Bearbeitungsgebiet beträgt 358.

Ein kleiner Teil des Bearbeitungsgebietes im Nordosten des Haupteinzugsgebietes Waldaist befindet sich im Bundesland NÖ. Es wurden keine Daten für diesen Bereich angefordert, wodurch der Bereich bei den EZG Analysen und 1D Abflussmodellierung nicht berücksichtigt werden konnte.

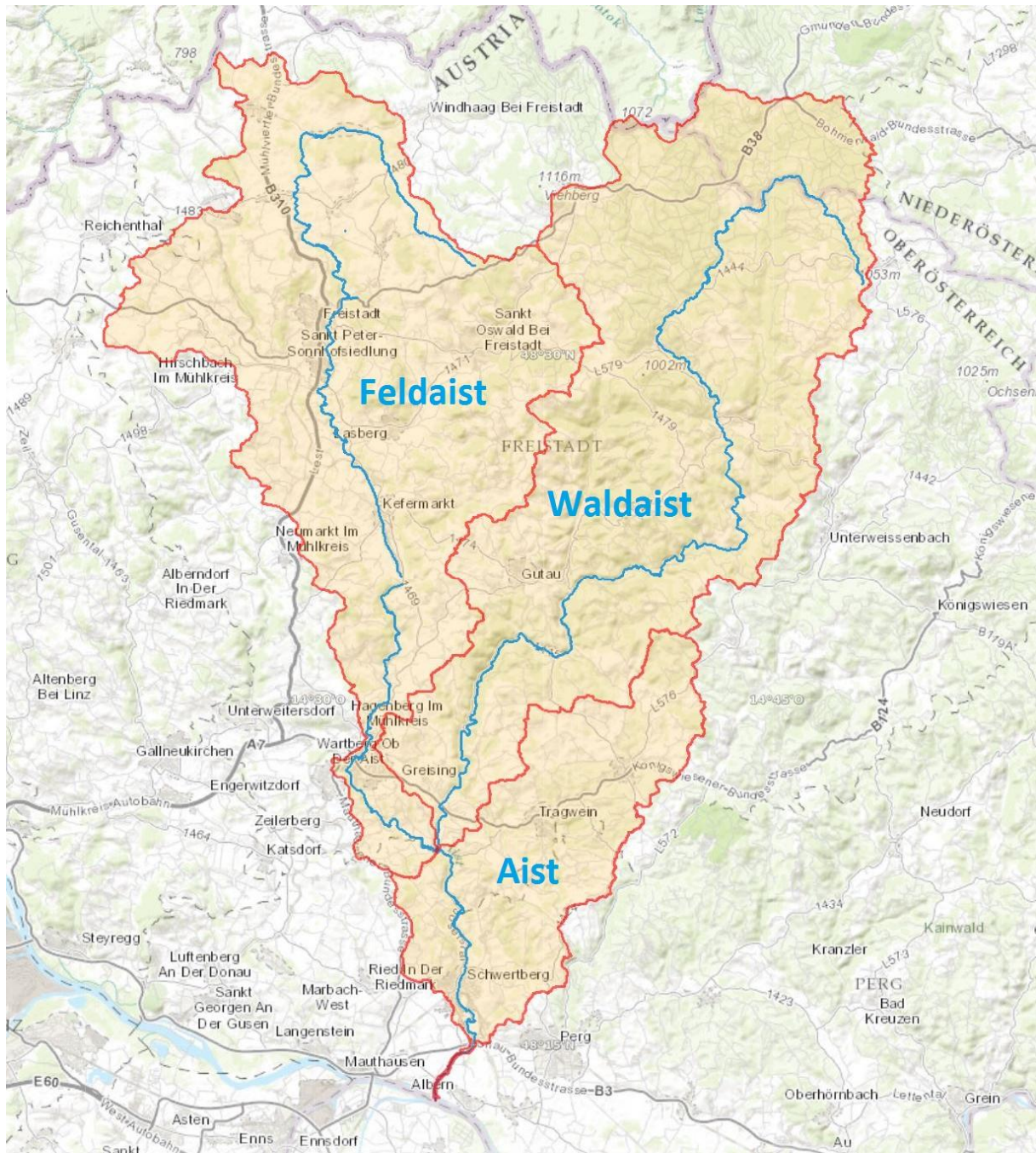


Abbildung 398: Haupt Einzugsgebiete Feldaist, Waldaist und Aist

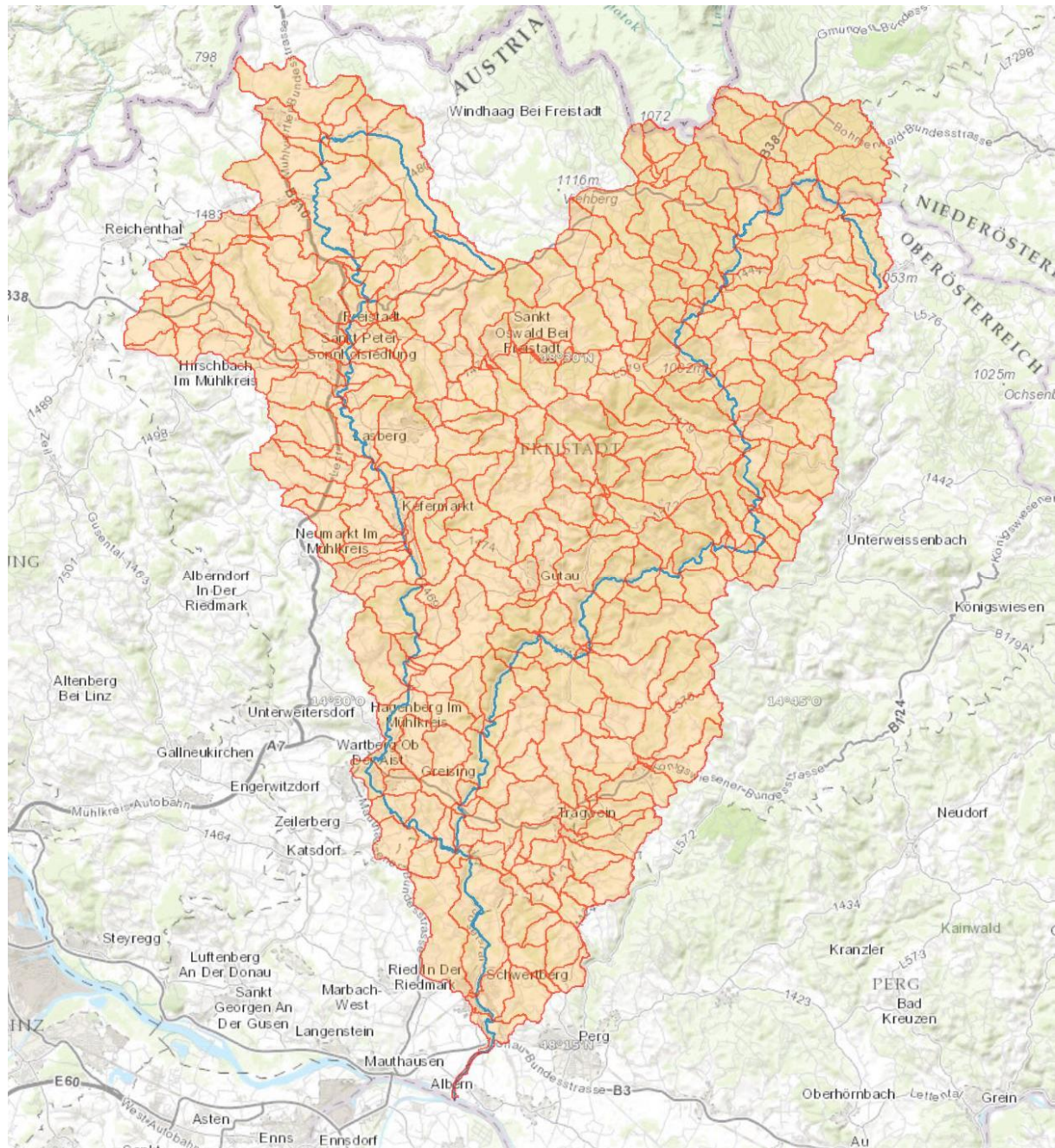


Abbildung 399: Detaileinzugsgebiete des Bearbeitungsgebietes

14.2. Datengrundlage

Als Datengrundlage für die Erstellung des HN-Modells an der Aist wurden unterschiedliche Datengrundlagen verwendet. Diese sind wie folgt aufgliedert.

Daten vom Land OÖ:

- Airborne Laserscanning Daten, Befliegungen aus 2009, 2010 und 2012, Digitales Geländemodell, 1m Raster, XYZ Ascii Datei (Jänner 2014)
- Detailgewässernetz (Jänner 2014)
- Haupt- und Detailsinzugsgebiete (Jänner 2014)
- Geologie 20.000 (August 2014)
- Geologie 200.000 (August 2014)
- Messstellen: Pegel (August 2014)
- Querbauwerke (August 2014)
- Restwasserstrecken (August 2014)
- Gebäude aus DKM (August 2014)

Lebensministerium:

- Gewässernetz für Gerinne mit einem Einzugsgebiet größer 10 km² (Dezember 2013)
- Vorabzug Flächenverzeichnis (Dezember 2013)

Büro Zivilingenieure Thürriedl & Mayr:

- Vorhandene Daten zur 2D Modellierung an der Aist und Feldaist (Juni 2014)

www.geoland.at:

- Karte der Bodenfunktionen (Stand 2013 – 11 – 07)
- Karte Naturschutz – Landschaftserhebung (Stand 2013 – 07 – 17)

Geoimage Austria (www.geoimage.at):

- Orthofotos (Stand 2011- 07 – 11)

Verwendete Programme:

- ArcGIS 10.0, Esri
- HEC-GeoRAS 10 , US Army Corps of Engineers
- HEC-RAS 4.1, US Army Corps of Engineers

14.3. Methodik

Generell können für das Bearbeitungsgebiet zwei große Aufgabenbereiche definiert werden. Einerseits werden für alle Flüsse laut der vom Lebensministerium erhaltenen Flussnetzwerkkarte 1D Abflussmodelle erstellt (Abbildung 400) und aus den Modellergebnissen werden Risikobereiche für potentielle versandungsgefährdete Stellen ermittelt. Für die restlichen Gerinne aus dem Detailgewässernetz des Land OÖ ist sowie für sonstige mögliche Wasserläufe, werden für die EZG Analysen herangezogen.

Laut Lebensministerium sollten alle Gewässer der erhaltenen Karte ein EZG > 10 km² aufweisen, dies ist aber für 6 Gewässer, von denen sich zwei im Land NÖ befinden, nicht der Fall. Die Einzugsgebiete der Flüsse Prembach, Grünbach, Schlager Bach, Muckenbach, Kolmbach und Fuchsreiterbach sind kleiner als 10 km². Im Berichtsgewässernetz des Land OÖ laut Geodatenportal DORIS sind bis auf die vier Flüsse Prembach, Grünbach, Schlager Bach und Muckenbach ebenfalls dieselben Flüsse wie in der Karte des Lebensministerium dargestellt.

Wie bereits erwähnt bleiben jene Einzugsgebiete in Niederösterreich für die weiteren Bearbeitungen unberücksichtigt.

Die Namensgebung der Gewässer für die 1D Modellierung erfolgt laut den Angaben aus der Detailgewässerkarte des Land OÖ bzw. aus dem Berichtsgewässernetz (DORIS).

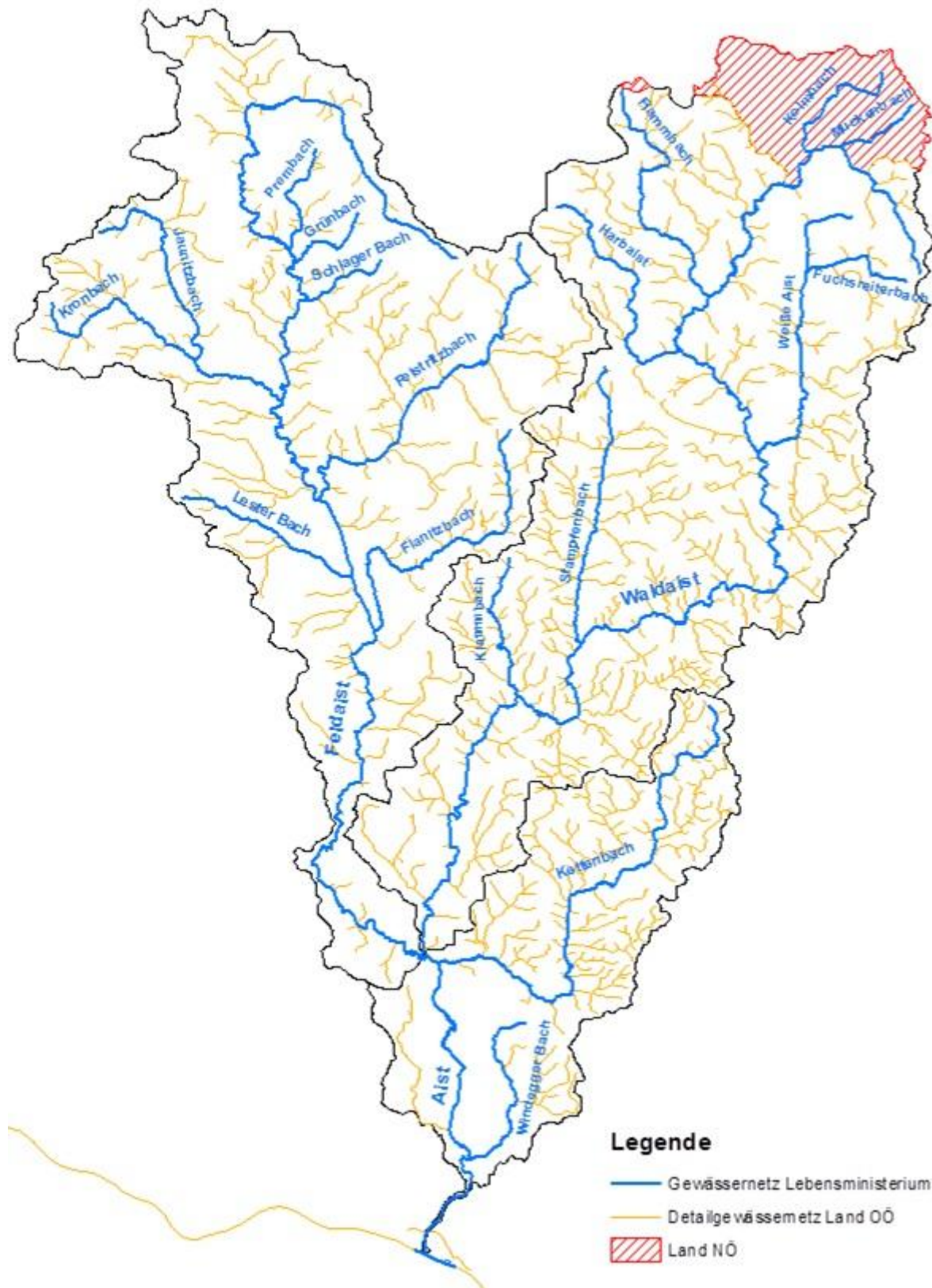


Abbildung 400: Detailgewässernetz Land OÖ und erhaltenes Gewässernetz BMLFUW.

14.3.1. Wasserläufe ermitteln

Als Grundlage für die Erstellung der 1D Modelle sowie der EZG Analysen werden für das gesamte Bearbeitungsgebiet die möglichen Wasserläufe aus den erhaltenen Laserscandaten des Land OÖ mithilfe hydrologischer Analysefunktionen in ArcGIS ermittelt.

In ArcGIS wird die Bewegung des Wassers über das DHM modelliert, dadurch werden alle möglichen ständigen und nicht ständigen Wasserwege ausgewiesen. Der Quellpunkt eines Wasserweges bzw. eines Flusses ist frei definiert indem eine Einzugsgebietsgröße von 5 ha gewählt wurde. Ein Wasserlauf beginnt sobald an einem Punkt ein Zuflussgebiet von 50.000 m² erreicht wird. Bei einem 1 m Raster des DHM entspricht dies 50.000 Zellen, somit beginnt ein Gerinne wenn die Abflussakkumulation der Zellen an einem Punkt den Wert 50.000 erreicht hat.

Es werden daher die Flüsse bzw. Wasserläufe erst ab Erreichen von einem Zufluss eines 5 ha großen Gebiet berücksichtigt und dargestellt.

Für die Erstellung des Wasserablauf Netzwerkes in ArcGIS müssen nach dem Laden der Laserscandaten zuerst alle Unregelmäßigkeiten des Rasters entfernt werden, da ansonsten kein kontinuierlicher Wasserablauf ermöglicht wird (Abbildung 402). Dazu werden die Senken gefüllt um anschließend die Fließrichtung des Oberflächenabflusses bestimmen zu können (Abbildung 404).

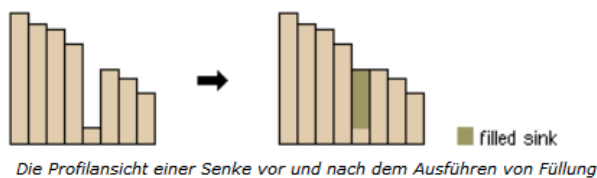


Abbildung 401: Abbildung aus der ArcGIS Hilfe zum Thema Senken füllen.

Mit den erstellten Informationen zur Fließrichtung des Oberflächenabflusses kann mittels Abflussakkumulation ein Wasserablaufnetzwerk generiert und klassifiziert werden. In Abbildung 405 sind für das Detailsinzugsgebiet EZ 126 die generierten Wasserläufe und die Klassifizierung dieser in die zwei Klassen > 50.000 Zellen und < 50.000 Zellen dargestellt

Für die Bestimmung der Flussachsen der 1D Modelle ist diese Analyse ein wichtiger Anhaltspunkt, weiteres dient die Wasserlaufermittlung auch als Grundlage für die Klassifizierungen der EZG Analysen.

Sowohl für die 1D Abflussmodellerstellung als auch für die EZG Analysen bedarf es jedoch noch einer Nachbearbeitung der ermittelten Wasserablauf Daten.

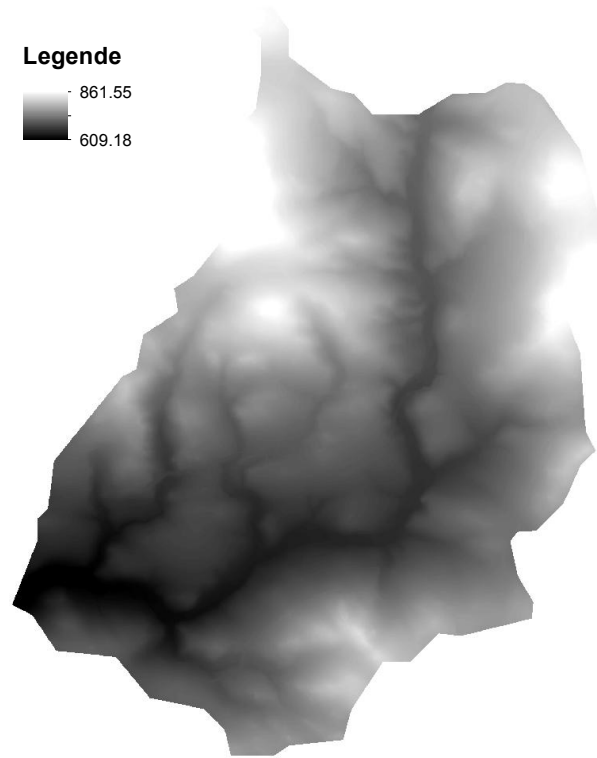


Abbildung 402: Laserscandaten Detail-EZ 126

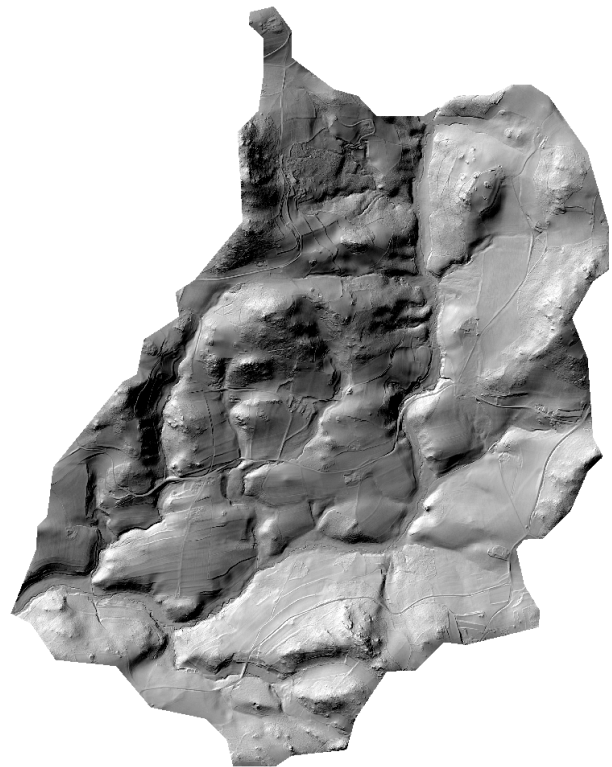


Abbildung 403: geschummerte Rasterdaten für Detail-EZ 126

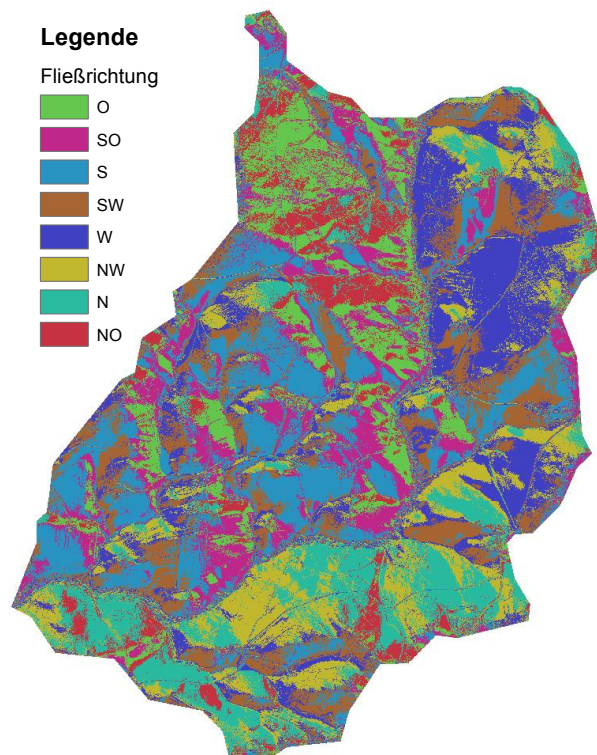


Abbildung 404: Darstellung der Oberflächenabflusses für das Detail-EZ 126. Darstellung der Himmelsrichtungen des Oberflächenabflusses

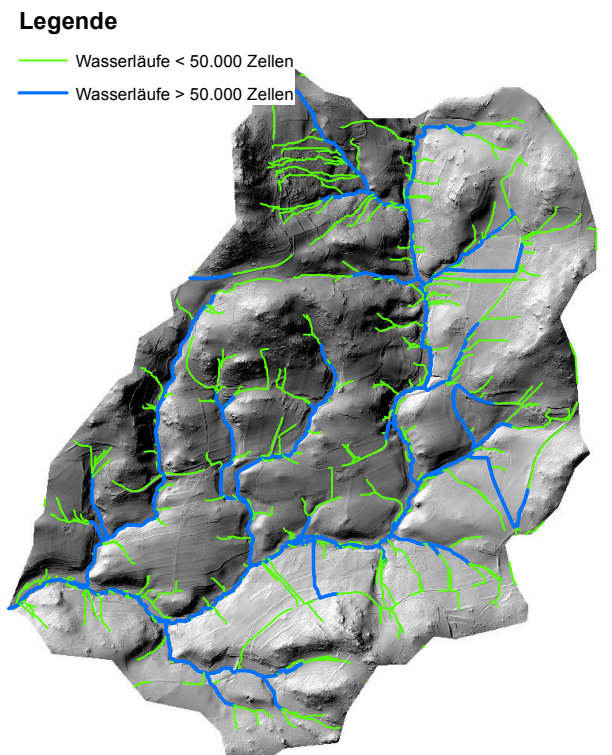


Abbildung 405: unbearbeitete Wasserablauffermittlung für das Detail-EZ 126. Dargestellt sind die generierten Wasserläufe für kleiner und größer 50.000 Zellen.

14.3.2. Probleme und Unsicherheiten bei der Erstellung der Wasserläufe

Durch die Generierung eines Wasserlaufnetzes wie zuvor beschrieben, können vereinzelt Probleme auftreten. Entlang von Straßen, Brücken, Dämmen oder Eisenbahnlinien bilden sich des Öfteren Wasserwege oder werden einfach an diesen Objekten umgeleitet, da Durchlässe und Kanäle im DHM nicht vorhanden sind. Dies kann ohne zusätzliche Nachbearbeitungen zu groben Abweichungen zum tatsächlichen Wasserverlauf führen. Besonders in eher dichter besiedelten Gebieten werden aufgrund der genannten Punkte Wasserläufe oft nicht korrekt wiedergegeben.

In Abbildung 406 ist als Beispiel ein Dammbauwerk mit fehlendem Durchlass dargestellt. Bei der Generierung des Oberflächenabflusses wird nun die Senke so lange mit Wasser gefüllt bis der Damm an einem Punkt überströmt werden kann. Dadurch können stark von der Realität abweichende Wasserabläufe zustande kommen.

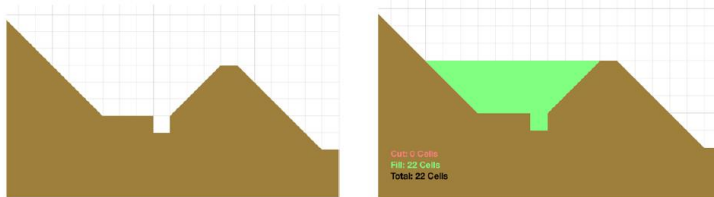


Abbildung 406: Schematische Darstellung wie ein Damm auf eine Füllung der Senken wirkt.

Anhand des folgenden Beispiels des Jaunitzbaches im Detailsinzugsgebiet 322 soll die angeführte Problematik ebenfalls verdeutlicht werden. Im dargestellten Bereich (Abbildung 407) sind zwei Querungen mit Durchlässen über den Jaunitzbach vorhanden, die laut DHM wie zwei Dämme wirken. Durch die Wasserlauf Generierung wird nun aufgrund der Dammwirkung der flussauf liegende Bereich wie in der Abbildung 406 bis zur Oberkante gefüllt. Teilweise sind in den Laserscandaten Brücken bei größeren Gewässern unterbrochen und ein durchgehender Fluss wird dargestellt. Bei nicht durchgängigen Gerinnen wurde insbesondere bei größeren Wasserläufen bzw. bei deutlich sichtbarer Abweichung des vermuteten Gerinneverlaufes dieser nachbearbeitet um einen möglichst korrekten Wasserabfluss abzubilden. Es wurden im Zuge der Nachbearbeitungen vermeintlich fehlerhafte Wasserläufe in dichten Siedlungsbereichen sowie teilweise entlang von Straßen und Eisenbahnen gelöscht. Das Ergebnis der Nachbearbeitung für das Beispiels EZ 322 ist in Abbildung 408 dargestellt.

Trotz möglicher Unsicherheiten liefern die ermittelten Wasserläufe nach Durchführung der EZG Analysen jedoch einen guten Überblick über den Charakter eines Einzugsgebietes.

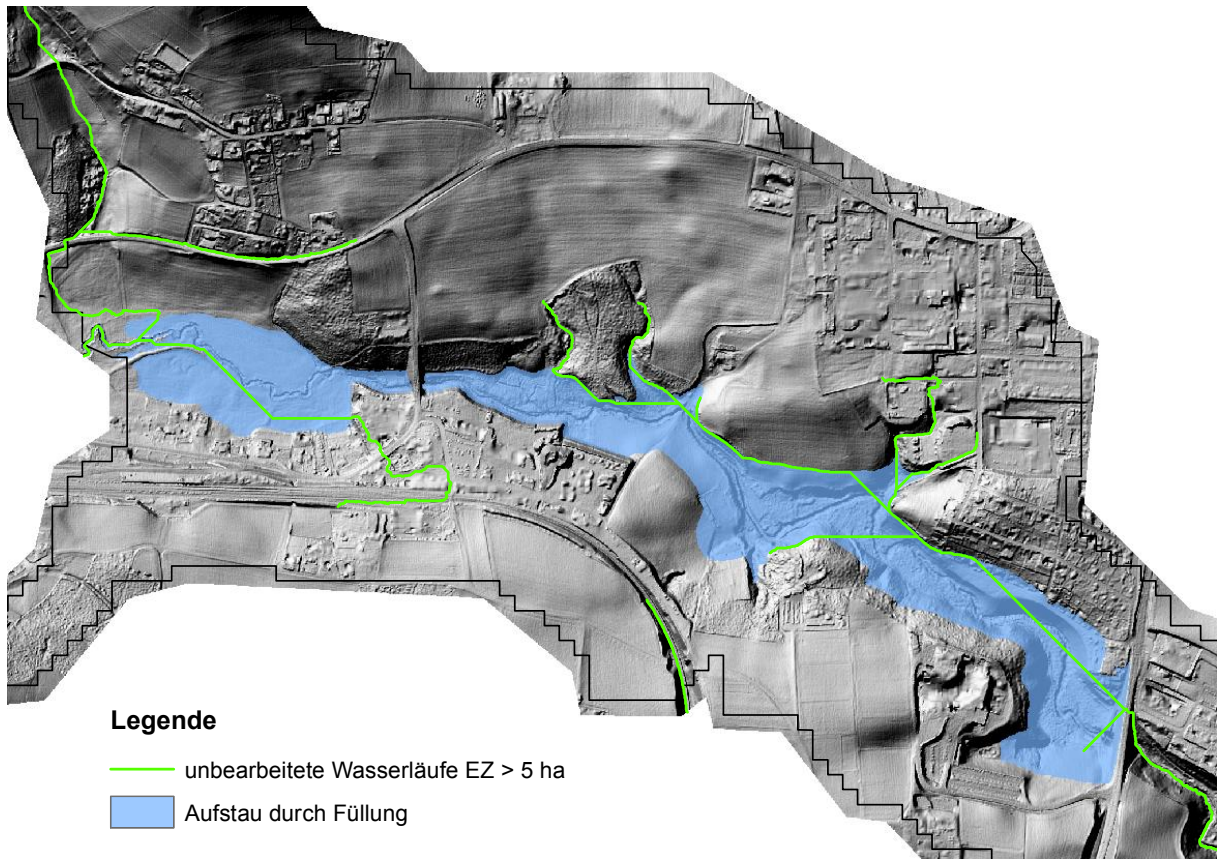


Abbildung 407: Ausschnitt Jaunitzbach EZ 322. Darstellung der unbearbeiteten Wasserläufe und entstehende Wasseraufstauung.

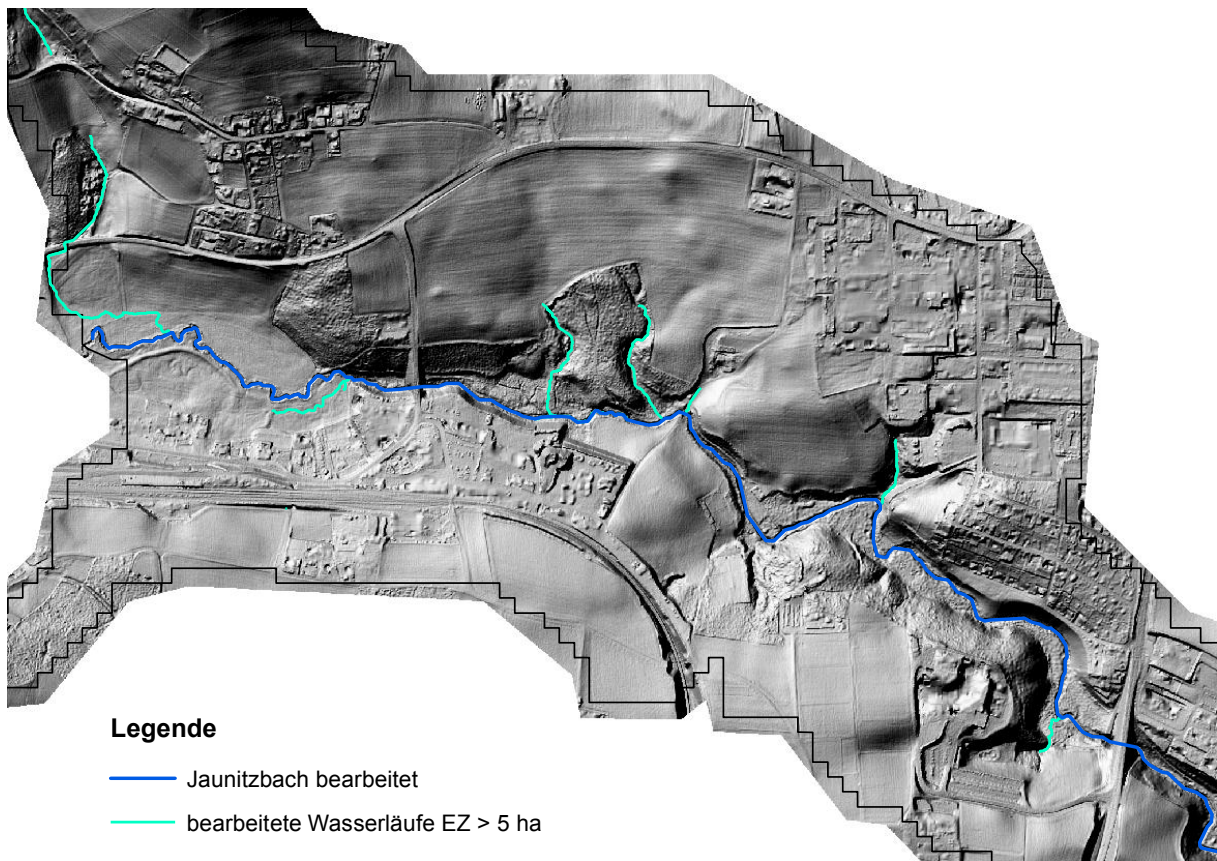


Abbildung 408: Ausschnitt Jaunitzbach EZ 322. Darstellung der nachbearbeiteten Wasserläufe.

14.4. Hydrodynamisch-numerische Modellierung

Für die Erstellung der 1D Abflussmodelle werden alle Gewässer im Land OÖ berücksichtigt, die in der Karte vom Lebensministerium, wie unter Punkt 14.3 angeführt, dargestellt sind. In Tabelle 28 und Abbildung 409 sind die modellierten Gewässer aufgelistet bzw. dargestellt. Die beiden Flüsse Kolmbach und Muckenbach liegen im Bundesland NÖ und daher konnte für diese aufgrund fehlender Datengrundlagen kein 1D Abflussmodell erstellt werden.

In Summe sind es 19 Fließgewässer mit einer Gesamtlänge von ca. 280 km für die ein 1D Modell zu erstellen ist.

Die 1D Abflussmodelle werden mit dem 1D Software Programm HEC-RAS 4.1 vom US Army Corps of Engineers erstellt. Zur Modellerstellung in HEC RAS ist es erforderlich die Geometrie der Flüsse über Querprofile einzugeben und die erzeugten Profile mit Rauigkeitswerten zu belegen.

Als Datengrundlage für die Geometriedaten dienen die Laserscandaten vom Land OÖ (1 m Raster) sowie das Geländemodell der 2D Abflussuntersuchung vom Büro Zivilingenieure Thürriedl & Mayr. Das Geländemodell der 2D Modellierung beginnt an der Feldaist ca. 2,5 km flussauf von Kefermarkt und endet an der Aist Einmündung in die Donau (Abbildung 409). Für die Feldaist werden daher zwei 1D Abflussmodelle erstellt, das Modell Feldaist_SMS für den Bereich des Geländemodells der ABU und das Modell Feldaist LIDAR für den Bereich des DHM der Laserscandaten.

Zum Übertragen der Geometriedaten aus den Geländemodellen in HEC RAS dient die Programmerweiterung HECGeo-RAS 10 für ArcGIS 10. Es werden dazu die Daten in ArcGIS mit HECGeo-RAS aufbereitet um die erforderlichen Geometriedaten zur weiteren Bearbeitung in HEC RAS zu importieren.

Mithilfe der zuvor ermittelten Wasserläufe und anhand von Orthofotos werden die Flussachsen mit HECGeo-RAS nachgezeichnet und anschließend Querprofile mit einem Abstand von ca. 25 m erstellt. In Summe wurden über 11.000 Profile für die 19 Abflussmodelle erstellt.

Die Banks, Böschungspunkte in HEC RAS die am linken und rechten Ufer das Gerinne begrenzen, wurden für nahezu alle Profile händisch gesetzt. Damit wird der Rauheitsbereich eines Gerinnes vorgegeben. Gleichzeitig sind die Banks als jene Punkte definiert, an denen bei Überschreitung des Wasserspiegels ein ausuferndes Gerinne auftritt.

Obwohl nur die Durchflüsse bis zum bordvollen Abfluss für die Ergebnisauswertung der 1D Abflussmodellierung notwendig sind, wurde trotzdem für das Vorland entsprechend der verfügbaren Daten die Strickler bzw. Manning Rauigkeitswerte ermittelt. Unter anderem wurden auch Gebäude entsprechend der DKM im 1D Modell ausgeblockt. Somit kann das erstellte 1D Abflussmodell auch für große Abflüsse eingesetzt werden.

Ziel ist es mit Hilfe der 1D Abflussmodellierung in HEC-RAS den Durchfluss je Profil zu ermitteln, bei dem die berechnete Grenzschubspannung laut Mayer-Peter und Müller für versandete Bereiche erreicht wird. Dadurch können mögliche Transport und Ablagerungsbereiche für das sandartige bzw. feinkiesige Verwitterungsmaterial (Granitgrus) an einem Gewässer definiert werden. Mithilfe der erhobenen Grenzdurchflüsse werden Risikobereiche ausgewiesen, in denen ein erhöhtes Versandungspotential besteht.

Tabelle 28: Auflistung der Gewässer für 1D Abflussmodellierung

<i>Haupt EZG</i>	<i>Fluss</i>	<i>Länge [km]</i>	<i>Anzahl Profile</i>	<i>mittlerer Profilabstand</i>
Feldaist	Prembach	4.5	178	25
Feldaist	Grünbach	3.7	146	25
Feldaist	Schlager Bach	3.4	134	25
Feldaist	Kronbach	8.1	321	25
Feldaist	Jaunitzbach	11.4	453	25
Feldaist	Feistritzbach	15.5	617	25
Feldaist	Lester Bach	6.5	258	25
Feldaist	Flanitzbach	14.2	561	25
Feldaist	Feldaist_SMS	25.1	979	26
Feldaist	Feldaist_LIDAR	31.7	1273	25
Summe Feldaist		124.2	4920	
Waldaist	Flambach	7.9	314	25
Waldaist	Harbaist	10.2	396	26
Waldaist	Fuchsreiterbach	4.5	179	25
Waldaist	Weißer Aist	12.7	498	25
Waldaist	Stampfenbach	10.5	420	25
Waldaist	Klambach	6.1	239	25
Waldaist	Waldaist	61.0	2402	25
Summe Waldaist		112.9	4448	
Aist	Windegger Bach	7.3	278	26
Aist	Kettenbach	21.8	853	26
Aist	Aist	13.8	533	26
Summe Aist		42.9	1664	
GESAMT		280.0	11032	

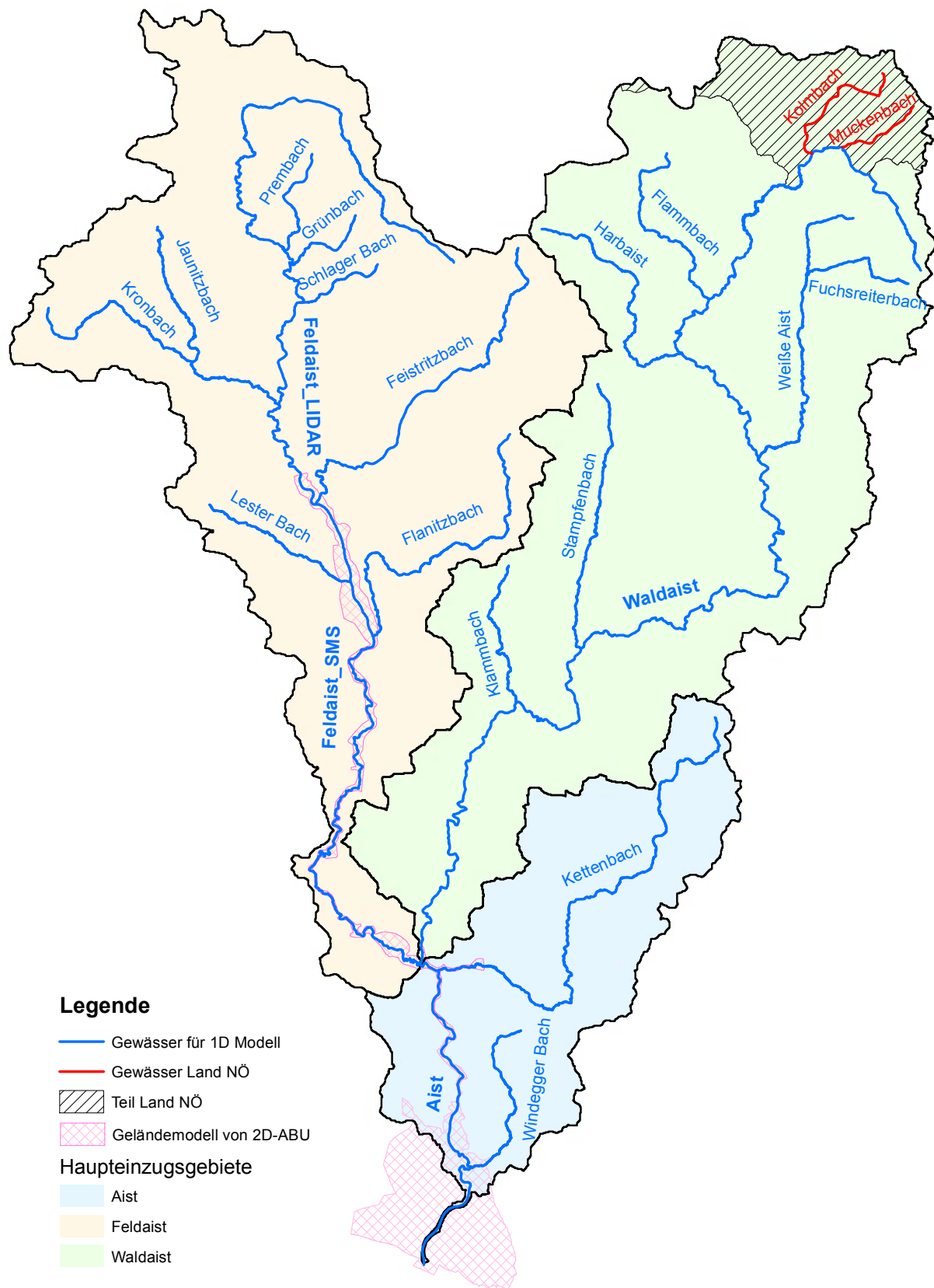


Abbildung 409: Gewässer für 1D Modellierung und Bereich Geländemodell der 2D Abflussuntersuchung

14.4.1. Rauigkeitsbelegung

Nach Erstellung der Geometriedaten werden die Rauigkeiten nach Strickler (k_{ST}) bzw. Manning ($n=1/k_{ST}$) für das Vorland und dem Flussschlauch festgelegt.

Die Belegung der Rauigkeiten für das Vorland erfolgt für den Modellbereich der 2D Untersuchung (Abbildung 409) anhand der vom Büro Zivilingenieure Thürriedl & Mayr für diesen Bereich erhaltenen Rauigkeitsflächen und Werte (Tabelle 29, Abbildung 411). Für die Modellbereiche der Laserscandaten wird für das Vorland eine etwas überarbeitete Landschaftserhebungskarte verwendet. Dazu wurden die Flächen verbautes Gebiet aus der Bodenfunktionskarte ergänzt und anschließend wurden 6 Rauigkeitsklassen erstellt und Rauigkeitswerte laut Literatur zugewiesen (Tabelle 30, Abbildung 410).

Die Digitalisierung der Flächen der Landschaftserhebungskarte, aus der die Rauigkeitsflächen abgeleitet wurden, hatte im Jahr 2002 begonnen und die Erstellung erfolgte bezogen auf einen größeren Digitalisierungsmaßstab. Aufgrund der groben Abgrenzungen und der zeitlichen Variabilität der Flächen ist diese Rauigkeitsbelegung nur als Annäherung zu sehen.

Für die Analysen im Zuge der Transport- und Ablagerungsprozesse sind die Abflüsse, die letztendlich zur Ausuferungen führen als nicht entscheidend anzusehen, da der Transport des sand- und feinkiesigen Materials meist bei kleineren nicht bordvollen Abflüssen erfolgt. Die Rauigkeitsbelegung des Vorlandes soll dazu dienen ein vollständiges Modell bei anderen Aufgabenstellungen für höhere Abflüsse zur Verfügung zu haben. Dazu wurden auch die Gebäude laut DKM in den Geometriedaten des 1D Modells ausgeblockt.

Tabelle 29: Rauigkeiten aus Modell der 2D Abflussuntersuchung an der Feldaist

<i>Landschaftsklasse</i>	<i>Strickler Beiwert k_{ST} [$m^{1/3}/s$]</i>	<i>Manning Beiwert n [$s/m^{1/3}$]</i>
Acker - Wiese	10	0,10000
Asphalt	50	0,02000
Bachböschung	10	0,10000
Bachböschung – glatt	17	0,05882
Betriebsfläche	15	0,06667
Eisenbahn	30	0,03333
Fluss ALS	32	0,03125
Flusssohle	30	0,03333
Gehölz locker	12	0,08333
Rampe	20	0,05000
Siedlungsgebiet	2	0,50000
Stehendes Gewässer	50	0,02000
Straßenböschungen	12	0,08333
Uferböschungen	10	0,10000
Ufermauer	40	0,02500
Wald	8	0,12500

Tabelle 30: Rauigkeiten Vorland aus überarbeiteter Landschaftserhebungskarte

<i>Landschaftsklasse</i>	<i>Strickler Beiwert [$m^{1/3}/s$]</i>	<i>Manning Beiwert [$s/m^{1/3}$]</i>
Wald	8	0,12500
holzreich	12	0,08333
Grünflächen_ausgewiesen	20	0,05000
Felsbereich/Schutt-u. Blockh.	35	0,02857
verbautes Gebiet	15	0,06667
Rest (größtenteils Acker/Wiese)	20	0,05000

Aus ArcGis werden die Werte der Rauigkeitsflächen für das Vorland in der Folge in das Modell HEC RAS übertragen und dort werden die Strickler bzw. Manning Werte für den Flussschlauf ergänzt bzw. ersetzt. Die gegliederten Rauigkeiten der 2D Abflussuntersuchung für das Gerinne der Feldaist werden durch einen eigens ermittelten Rauheitswert ersetzt. Da die Rauigkeiten des 2D Modells für ein HQ_{100} geeicht wurden sind die Rauigkeiten des 2D Modells für das Gerinne bei den weitaus geringen Abflüssen, die bei der 1D Modellierung verwendet werden, nicht repräsentativ.

Für alle Gerinne der 1D modellierten Flüsse wird ein k_{ST} – Wert von $22 m^{1/3}/s$ angesetzt. Dieser Wert ergibt sich aus dem Mittel von drei kalibrierten Teilstrecken im Bearbeitungsgebiet. Die Teilstrecken sind ca. 300 m bis 1300 m lang und der Eichdurchfluss entspricht ungefähr dem MQ. Details zu den Kalibrierungen der HN-Modelle finden sich im Berichtsteil Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements.

Tabelle 31: k_{ST} für Gerinne

<i>Modellbereich</i>	<i>Durchfluss</i>	k_{st}
	$[m^3/s]$	$[m^{1/3}/s]$
Freistadt	1.01	20
Pregarten	1.75	26
Schwertberg	4.37	20
k_{ST} - mittel		22

Bei längeren Steilstufen deren Länge ≥ 500 m und Sohlgefälle $\geq 2,0\%$ beträgt wird die Rauheit in einem Gerinne durch einen Erfahrungswert $k_{ST} = 15 m^{1/3}/s$ ersetzt.

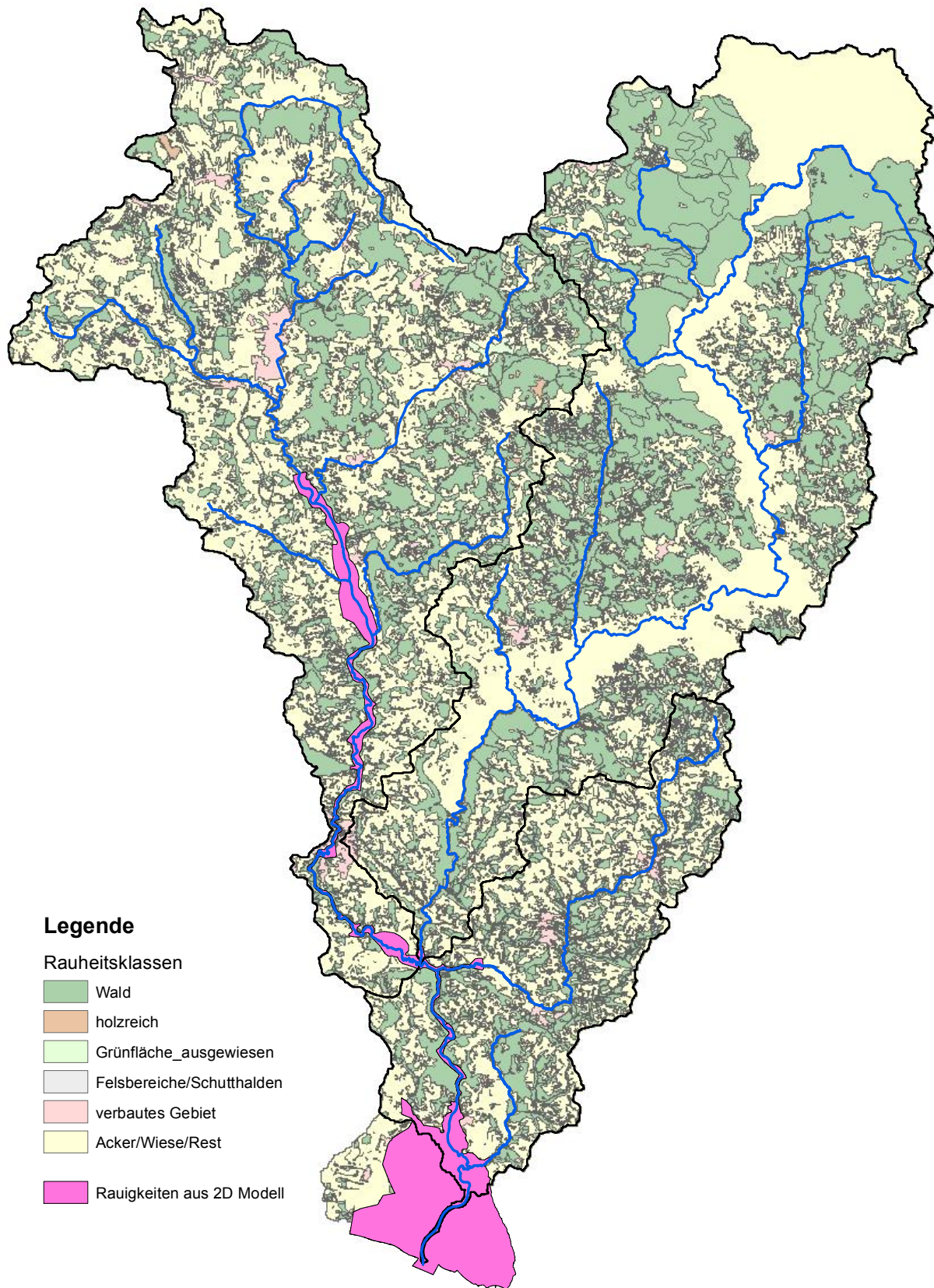


Abbildung 410: Rauheitsklassen aus überarbeiteter Landschaftserhebungskarte und Bereich der Rauigkeiten aus 2D Modell

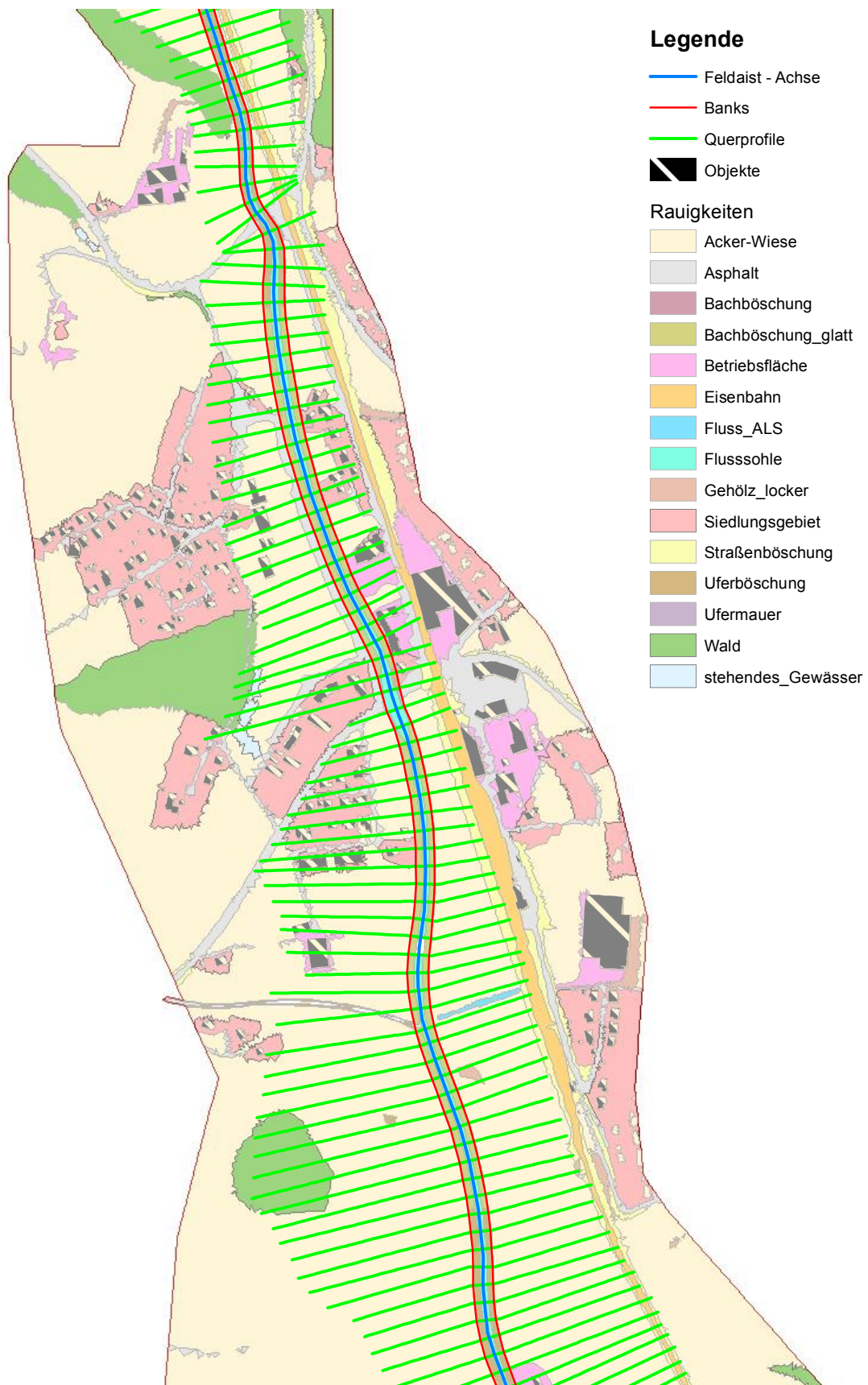


Abbildung 411: Rauigkeiten aus 2D Abflussmodell – Bereich Kefermarkt

14.4.2. Berechnungsdurchflüsse und Randbedingungen

Mit dem 1D Abflussmodell soll in jedem einzelnen Profil jener Abfluss (Grenzabfluss) ermittelt werden, mit dem die Grenzschubspannung laut Punkt 14.4.4 erreicht wird. Die Bestimmung des Grenzdurchflusses beginnt mit $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ und wird in 100 l/s Schritten gesteigert bis in nahezu allen Profilen die Grenzschubspannung erreicht ist.

Als Randbedingung in HEC-RAS wird am Anfang und Ende eines Modells das Energieliniengefälle als Eingabe gewählt. Dafür wird sowohl für Modell Anfang und Ende das mittlere Sohlgefälle im unmittelbaren Bereich errechnet und als Annäherung zum Energieliniengefälle eingesetzt.

14.4.3. Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse der Rauigkeitswerte des Gerinnes und deren Auswirkung auf die Sohlschubspannungen wird für die Feldaist im Bereich des erhaltenen Geländemodells für die 2D Abflussuntersuchung (Feldaist SMS) durchgeführt. Der Bereich Feldaist SMS ist $25,1 \text{ km}$ lang und hat auch einen kurzen Steilstufen Abschnitt ($L \geq 500 \text{ m}$, $I \geq 2\%$) mit 800 m Länge.

Zum Vergleich wurde für den ermittelten Grenzdurchfluss (jener Durchfluss, bei dem die Grenzschubspannung laut MPM erreicht wird) eines Profils die dazugehörige Sohlschubspannung für vier verschiedene Kombinationen der Gerinne Rauigkeiten ausgegeben (Tabelle 32).

Tabelle 32: Sensitivitätsanalyse - Rauigkeitskombinationen

Kombination	k_{ST} - Gerinne generell [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$]	k_{ST} - Gerinne Bereich Steilstufen [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$]
1	22	10
2	22	15
3	25	10
4	25	15

Für jedes Profil wird der minimale und maximale Wert der Sohlschubspannung für die vier Rauigkeitskombinationen ausgewiesen und durch Differenzbildung die maximale Abweichung (Range) der Schubspannung in einem Profil bestimmt.

Die maximale Abweichung der Sohlschubspannungen der einzelnen Profile wird in 6 Klassen eingeteilt und daraus ein Histogramm zum besseren Vergleich erstellt.

Tabelle 33: Sensitivitätsanalyse- Klasseneinteilung der maximalen Abweichungen der Sohlschubspannungen je Profil

<i>Klasse [N/m²]</i>	<i>Häufigkeit n</i>	<i>Häufigkeit [%]</i>
1.0	847	86.6
2.0	29	3.0
3.0	18	1.8
5.0	34	3.5
10.0	34	3.5
und größer	16	1.6
Summe	978	100

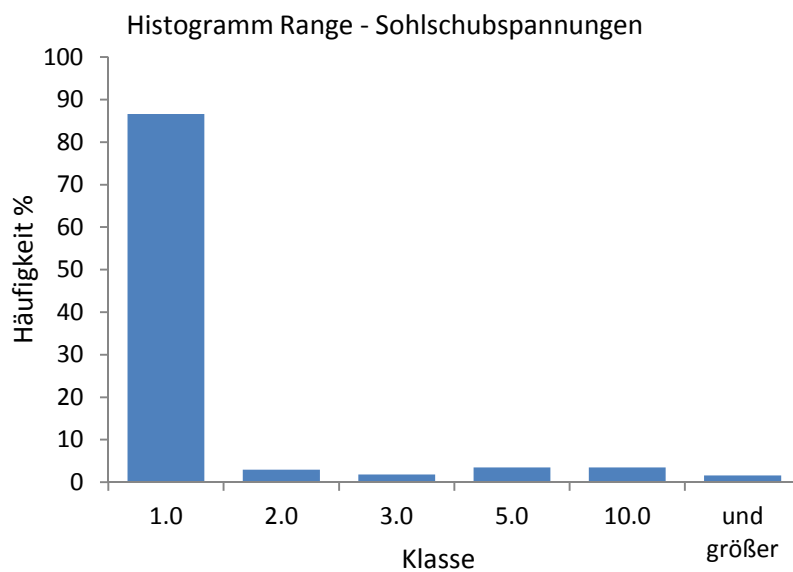


Abbildung 412: Sensitivitätsanalyse- Histogramm Range Sohlschubspannungen

Aus der Histogramm Auswertung ist ersichtlich, dass bei Rauigkeitsschwankungen laut

Tabelle 33 fast 90 % der Abweichungen der Sohlschubspannung kleiner gleich 1,0 N/m² sind.

14.4.4. Grenzschubspannung

Um eine Aussage über mögliche Transport und Ablagerungsbereiche im Untersuchungsgebiet zu ermöglichen sollen die Sohlschubspannungen für den jeweiligen Grenzdurchfluss aus den HEC RAS Berechnungen mit der laut MPM berechneten Grenzschubspannung verglichen werden.

Die Berechnung der Sohlschubspannung in HEC RAS erfolgt nach folgender Formel:

$$\tau = \gamma * R * S_f \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (1)$$

τ	aktuelle Schubspannung [N/m ²]
γ	Wichte [N/m ³]
R	mittlerer hydraulischer Radius
S_f	Energieliniengefälle

Ein Transportbeginn tritt ein, wenn die aktuelle Schubspannung τ die Grenzschubspannung τ_{Gr} erreicht. Die Ermittlung der Grenzschubspannung erfolgt nach folgender Formel von Meyer-Peter u. Müller (MPM):

$$\tau_{Gr} = 0,047 * (\rho_s - \rho) * g * d_m \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (2)$$

τ_{Gr}	Grenzschubspannung [N/m ²]
ρ_s	Dichte des Geschiebekorns (gewählt: 2650 kg/m ³) [kg/m ³]
ρ	Dichte des Wassers [kg/m ³]
g	Erdbeschleunigung [m/s ²]
d_m	mittlerer Korndurchmesser [m] ($d_{m,DS}$ oder $d_{m,US}$ falls DS zerstört oder nicht vorhanden)

Aus den erstellten Kornverteilungslinien der Sedimentproben (Abbildung 413) wurden die mittleren Korndurchmesser d_m berechnet.

Für die Auswertung des Transportbeginnes sind vor alle jene versandeten Stellen und Flussabschnitte interessant an denen die Mischproben (MP) entnommen wurden. Diese Stellen repräsentieren die Versandung durch Granitgrus, dessen Korngrößen im Bereich von 0,1 mm bis 10 mm liegen und dessen hydraulische Auswirkungen zu untersuchen gilt.

Es wurde eine Grenzsohlschubspannung $\tau_{Gr} = 8,1 \text{ N/m}^2$ bei $d_m = 11 \text{ mm}$ festgelegt, welche für die Beurteilung des Transportbeginns für das gesamte Untersuchungsgebiet herangezogen wird. Dieser Wert entspricht sehr gut dem oberen Bereich der mittleren Korndurchmesser der Mischproben und stimmt auch ungefähr mit der Obergrenze des Korngrößenbereiches des Granitgruses (0,1 mm bis 10 mm) überein (Tabelle 34 bis Tabelle 37).



Abbildung 413: Sedimentproben

Tabelle 34: Grenzsohlschubspannungen Felldaist

<i>Probe</i>	<i>Bereich</i>	<i>dm DS</i> [mm]	<i>dm US</i> [mm]	<i>dm MP</i> [mm]	$\tau_{gr DS}$ [N/m ²]	$\tau_{gr US}$ [N/m ²]	$\tau_{gr MP}$ [N/m ²]
A1	Felldaist LIDAR	61	25		46.4		
A2	Felldaist LIDAR	63	31		47.6		
A3	Felldaist LIDAR		58			44.2	
A4	Felldaist LIDAR	28	23		21.2		
A5	Felldaist LIDAR	121	61		91.8		
A7	Felldaist SMS			11			8.1
A8_L	Felldaist SMS	52	34		39.2		
A8_R	Felldaist SMS	76	26		57.7		
A9_L	Felldaist SMS			8			6.3
A9_R	Felldaist SMS	68	34		51.7		
A10_L	Felldaist SMS			2			1.9
A10_R	Felldaist SMS			11			8.1
A11_L	Felldaist SMS	21	18		16.1		
A11_R	Felldaist SMS	38	21		28.9		
A12_Furt	Felldaist SMS	84	48		64.2		
A12_L	Felldaist SMS			9			7.0
A12_R	Felldaist SMS			2			1.8
A13	Felldaist SMS	55	27		41.8		
A14_L	Felldaist SMS	44	24		33.7		
A14_R	Felldaist SMS	100	24		75.7		
A16	Felldaist SMS			6			4.6
A17_Furt	Felldaist SMS	37	18		28.4		
A17_Kolk	Felldaist SMS			7			5.0

Tabelle 35: Grenzscherbungen Waldaist

<i>Probe</i>	<i>Bereich</i>	<i>dm DS</i> [mm]	<i>dm US</i> [mm]	<i>dm MP</i> [mm]	$\tau_{gr DS}$ [N/m ²]	$\tau_{gr US}$ [N/m ²]	$\tau_{gr MP}$ [N/m ²]
WA1	Waldaist	147	41		111.8		
WA2_L	Waldaist			11			8.2
WA2_R	Waldaist			11			8.3
WA3_L	Waldaist	70	50		53.0		
WA3_R	Waldaist	79	36		59.9		
WA4	Waldaist	107	42		81.3		
WA5	Waldaist	89	31		67.5		
WA6_L	Waldaist	149	81		113.7		
WA6_R	Waldaist	95	29		72.3		
WA7_L	Waldaist			3			2.3
WA7_R	Waldaist			5			4.1
WA8_L	Waldaist			11			8.3
WA8_R	Waldaist			17			13.2
WA9_L	Waldaist			10			7.6
WA9_R	Waldaist			22			17.1
WA10	Waldaist			2			1.4
WA11	Waldaist			3			2.4
WA12	Waldaist			1			0.9
WA13_L	Waldaist			9			6.5
WA13_R	Waldaist			10			7.4
WA14	Waldaist	81	28		61.4		
WA16_L	Waldaist			13			12.8
WA16_R	Waldaist			2			1.9
WA17	Waldaist	57	17		43.6		
WA18_L	Waldaist	61	47		46.1		
WA18_R	Waldaist	43	32		32.6		

Tabelle 36: Grenzscherbspannungen Aist

<i>Probe</i>	<i>Bereich</i>	<i>dm DS</i> [mm]	<i>dm US</i> [mm]	<i>dm MP</i> [mm]	$\tau_{gr DS}$ [N/m ²]	$\tau_{gr US}$ [N/m ²]	$\tau_{gr MP}$ [N/m ²]
A18_L	Aist			7			5.1
A18_R	Aist			7			5.6
A20_L	Aist			2			1.3
A20_R	Aist			3			2.2
A22_L	Aist			3			2.6
A22_R	Aist			7			5.0
A23_L	Aist			3			2.0
A23_R	Aist			2			1.4

Tabelle 37: Grenzscherbspannungen Weiße Aist

<i>Probe</i>	<i>Bereich</i>	<i>dm DS</i> [mm]	<i>dm US</i> [mm]	<i>dm MP</i> [mm]	$\tau_{gr DS}$ [N/m ²]	$\tau_{gr US}$ [N/m ²]	$\tau_{gr MP}$ [N/m ²]
WEA1	Weiße Aist	46	28		34.8		
WEA2_Furt	Weiße Aist	32	35		24.5		
WEA2_Kolk	Weiße Aist			6			4.5
WEA3_Furt	Weiße Aist	35	22		26.5		
WEA3_Kolk	Weiße Aist			4			3.3

14.4.5. Modellunsicherheiten

Neben den Unsicherheiten durch die Rauigkeitsbelegung (Punkte 14.4.1) gibt es auch Unsicherheiten in den Geometriedaten des 1D Abflussmodells.

Vergleicht man den Bereich des Geländemodells aus der 2D Modellierung mit dem DGM aus den Laserscandaten, dann ergeben sich im Flussbett für den Bereich Feldaist mitunter eine Differenz im Bereich mehrerer Dezimeter.

Dies ist darauf zurück zu führen, dass bei Airborne Laserscan (ALS) Aufnahmen, ohne Verwendung und Auswertung eines grünen Lasers, der Laser an der Wasserspiegeloberfläche reflektiert wird und daher die Gewässersohle nicht aufgenommen werden kann. Das Flussbett wurde beim Geländemodell der 2D Modellierung durch terrestrische Vermessungen erhoben und das Vorland wurde durch Laserscandaten ergänzt.

Hinzu kommt, dass die ALS Befliegungen bei relativ hohen Wasserständen durchgeführt wurden (Abbildung 414) und es aufgrund des höheren Wasserstandes auch höhere Ungenauigkeit auftreten können.

Eine Einschätzung des Sohlfehlers der ALS Daten kann nur im Bereich des 2D-Geländemodells erfolgen sowie für einen vermessenen Bereich bei Freistadt, da sich nur diese Bereiche auf terrestrische Vermessungen des Flussbettes beziehen. Im Bereich von Querbauwerken und

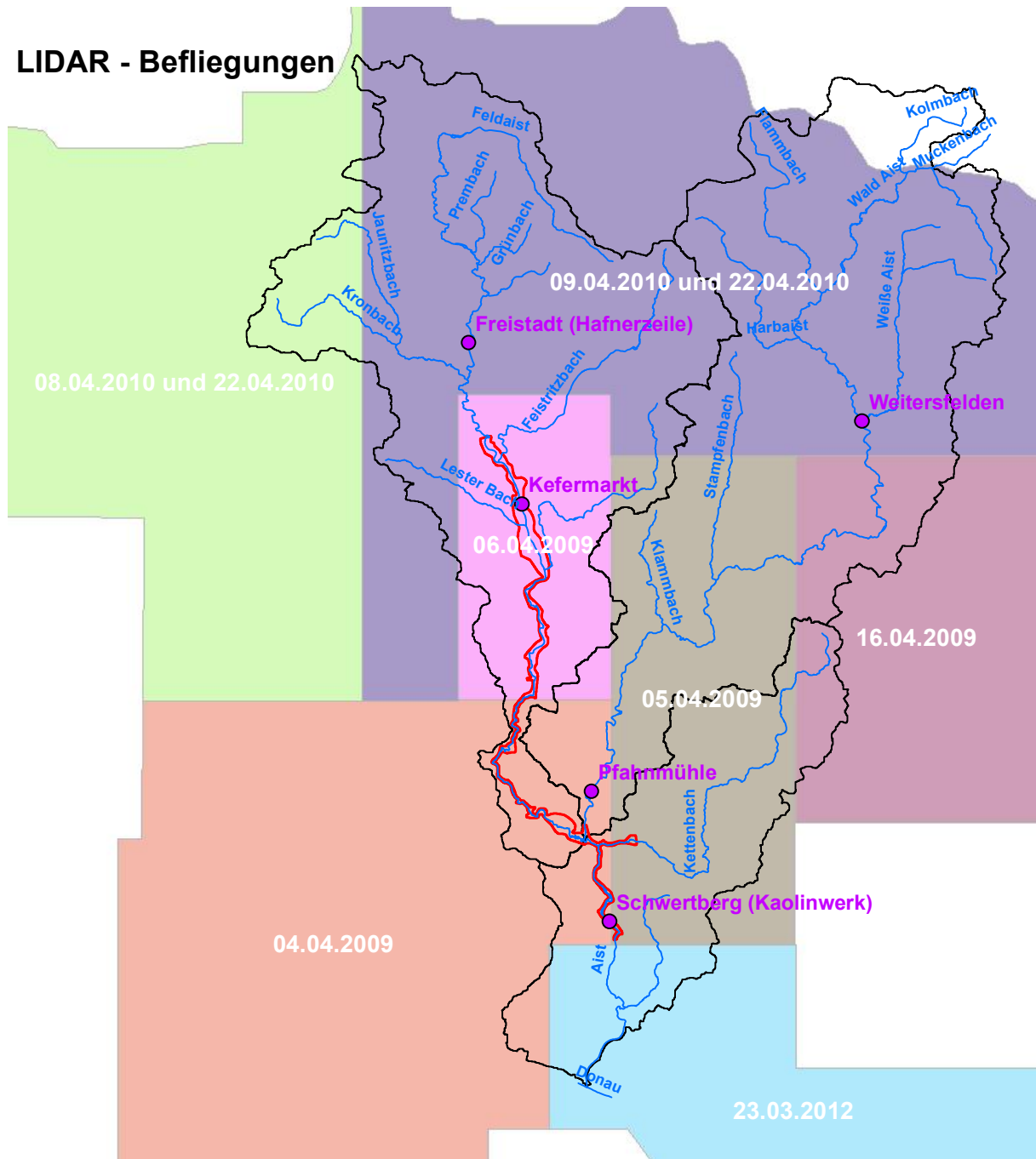
insbesondere bei KWKW kommt es aufgrund von höheren Aufstauungen des Wasserspiegels zu größeren Fehlern in den ALS Daten.

Da für einen großen Teil der Feldaist und für die gesamte Aist das Geländemodell der 2D Abflussuntersuchung verwendet wurde, sind für diese Bereiche keine Sohlfehler zu erwarten. Das Flussbett wirkt jedoch etwas geglättet, was auf die Flussschlauchgenerierung für das 2D Abflussmodell zurückzuführen sein kann.

Der Abfluss von der Einmündung bis zum Quellgebiet nimmt flussauf ab und somit wird die Auswirkung auf den Sohlfehler bei der ALS Befliegung, durch abnehmenden Wasserspiegel, mit fortschreitender Flusskilometrierung geringer.

Für die Waldaist gibt es bis auf den Einmündungsbereich leider keine weiteren Vergleichsstrecken um einen Sohlfehler im Modell abschätzen zu können.

LIDAR - Befliegungen



Pegel	Freistadt	Kefermarkt	Pfahnmühle	Weitersfelden	Schwertberg
Anmerkung			durch KW beeinflusst		durch KW beeinflusst
04.04.2009	2.59	7.04	29.80	13.80	46.60
06.04.2009	2.04	6.13	28.30	15.30	40.30
08.04.2010	1.02	2.95	5.42	3.50	11.20
09.04.2010	0.93	2.70	4.99	3.26	10.60
22.04.2010	0.64	1.39	3.34	1.86	6.26
MQ	0.59	1.66	3.25	1.54	6.34
NQ	0.015	0.05	0.08	0.14	0.42
MJHQ	14.2	28.1	33.8	19.3	68.8

Abbildung 414: Vergleich ALS Befliegung mit Pegelständen

Um die Auswirkungen bei unterschiedlichen Sohlfehlern auf die Schubspannung abzuschätzen, wurden zum Vergleich vereinfachte Regelprofile mit unterschiedlicher Sohlbreite und einem Böschungsverhältnis von 1:1 erstellt. Für einen Durchfluss von $Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ und $Q = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ sowie einem angesetzten Sohlgefälle von 1,0 % erfolgt die Berechnung der aktuellen Schubspannung laut Formel (1). Die Auswirkungen auf Wasserspiegel bzw. Sohl Schubspannung sind für unterschiedliche Flusssohlbreiten dargestellt:

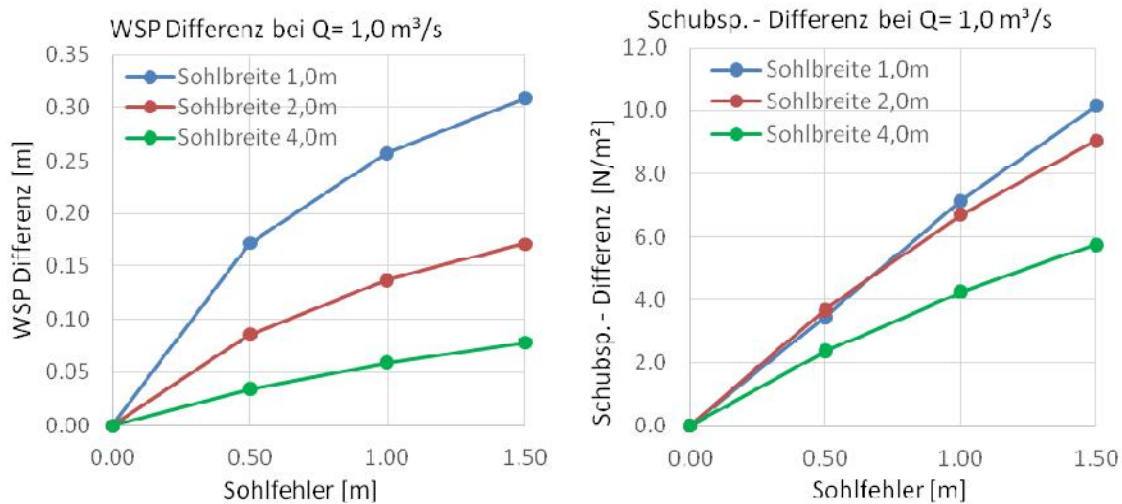


Abbildung 415: Auswirkung Sohlfehler bei $Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ auf den WSP und auf die Schubspannungen für die Sohlbreiten 1,0 m, 2,0 m und 3,0 m

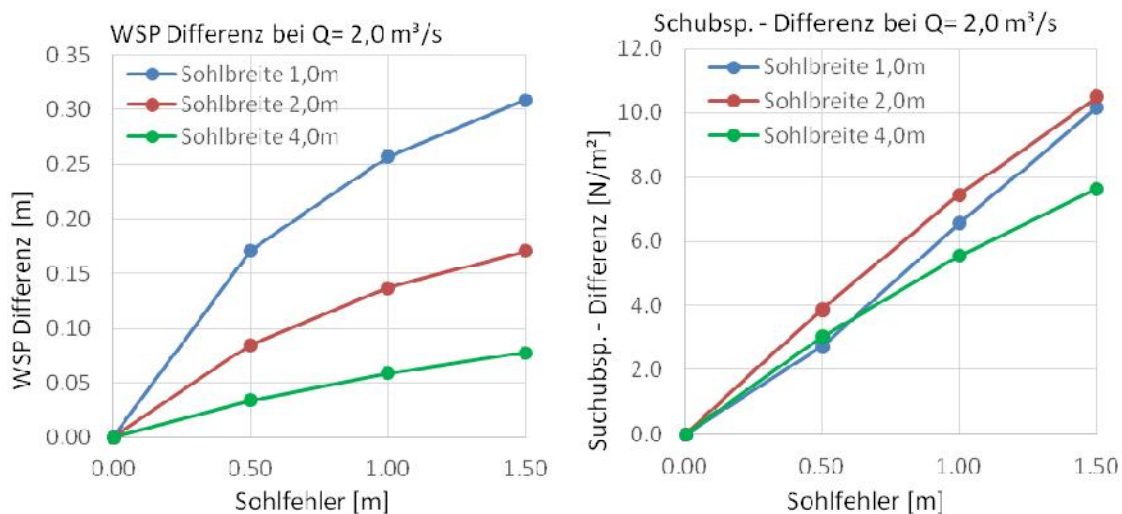


Abbildung 416: Auswirkung Sohlfehler bei $Q = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ auf den WSP und auf die Schubspannungen für die Sohlbreiten 1,0 m, 2,0 m und 3,0 m

Es ist aus den Diagrammen erkennbar, dass die Auswirkungen des Sohlfehlers auf die Wasserspiegellagen bei V-förmige schmale Flussprofile am größten sind. Bei breiteren U-förmigen Profilen reduziert sich der Einfluss eines möglichen Sohlfehlers vor allem auf die Sohl Schubspannungen.

Der Wasserspiegelverlauf bei einem $Q = 1,0 \text{ m}^3$ und einer ursprünglichen Sohlbreite von 1,0 m ist in Abbildung 417 dargestellt. Da die Wasserhöhe mit zunehmendem Sohlfehler aufgrund des

verbreiterten Flussbetts abnimmt, wird auch der hydraulische Radius kleiner und somit auch die Sohlschubspannungen.

Daher kann im Bereich des DHM der Laserscandaten aufgrund von Sohlfehlern davon ausgegangen werden, dass die ermittelten aktuellen Sohlschubspannungen aus dem 1D Abflussmodell kleiner sind als bei einem Modell ohne Sohlfehler. Dies führt zu einer möglichen Überschätzung des ermittelten Grenzdurchflusses, weil für die Erreichung der Grenzsuhspannung an der Flusssohle höhere Durchflüsse nötig sind.

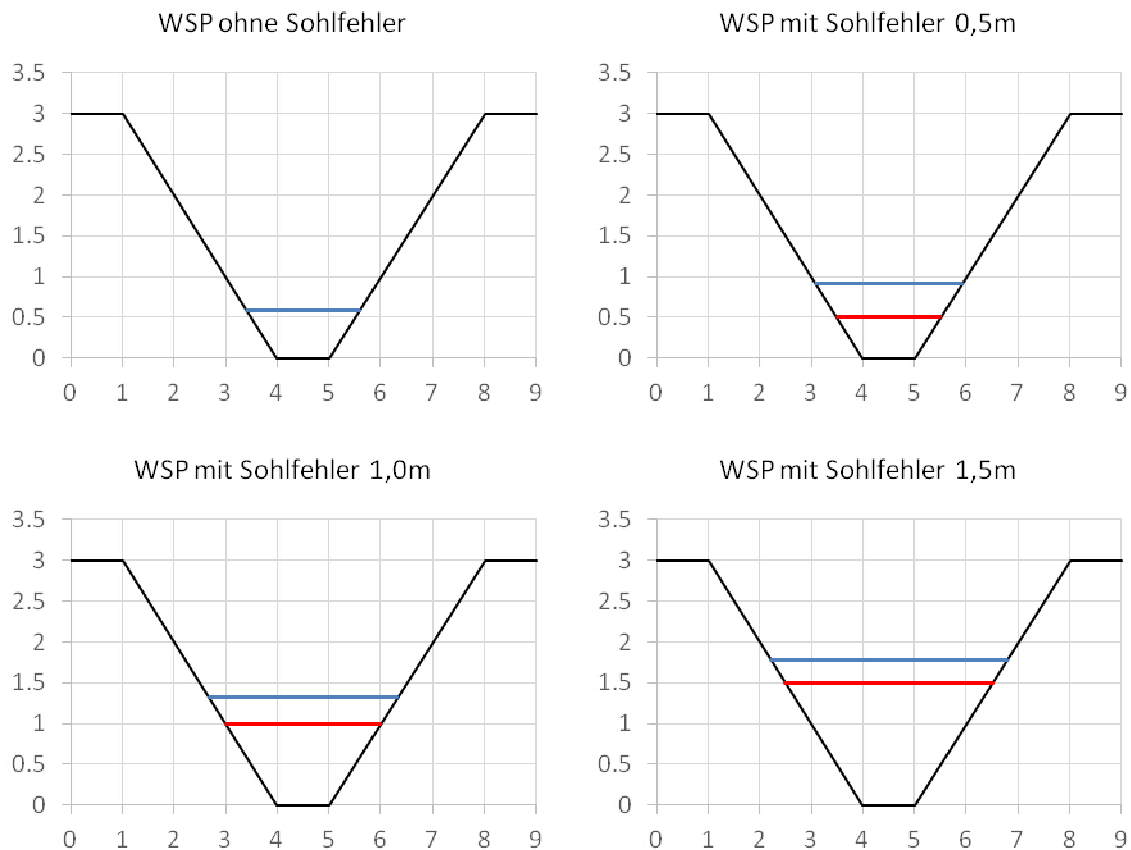


Abbildung 417: Verlauf WSP für die Sohlfehler von 0,5 m, 1,0 m und 1,5 m

Um die Auswirkungen durch einen Fehler in der Flusssohle zu verringern wurden die Profile, bei denen der WSP über die Banks (Böschungspunkte in HEC RAS die das Gerinne seitliche begrenzen) steigt in den Auswertungen noch mal extra beurteilt, ob die betroffenen Profile für die Auswertung berücksichtigt werden können. Bei einer zu großen Überschreitung der Banks würde durch eine meist flacher werdende Böschung und der somit niedrigeren Wasserhöhe, die sich im Vergleich bei gleichem Durchfluss ohne Sohlfehler einstellen würde, die Unsicherheit noch größer werden.

14.4.6. Risikobereiche für potentielle Versandung

Als Ergebnis aus der 1D Abflussmodellierung wird der Grenzdurchfluss je Profil und die dazugehörige Sohlschubspannung ausgegeben. Der Grenzdurchfluss eines Profils ist jener Durchfluss, bei dem die Grenzsuhspannung laut MPM (siehe Punkte 14.4.4) von $8,1 \text{ N/m}^2$ erreicht wird.

Eine graphische Aufbereitung des Grenzdurchflusses je Profil und eine Darstellung des Talweges als Längenschnitt erfolgt für alle modellierten Gewässer. Für die drei Hauptflüsse Feldaist, Waldaist und

Aist wurden dazu in AutoCad Pläne erstellt. Die Ergebnisse der Zubringer wurden in Datenblätter mit Excel-Grafiken erstellt. Alle Pläne und Datenblätter sowie weitere Auswertungen befinden sich im Anhang.

Für die Bestimmung der Risikobereichen für potentielle Versandung wird von der Tatsache ausgegangen, dass höhere Abflüsse zur Erreichung der Grenzschiebung über einen längeren Bereich, eine Versandung begünstigen. Jene Bereiche eines Flusses werden als Risikobereich für eine potentielle Versandung definiert, die auf einer Länge von ≥ 200 m mind. 75 % der Grenzdurchflüsse einen definierten Durchfluss überschreiten. Der mit mind. 75 % und auf einer Länge von ≥ 200 m zu überschreitende Durchfluss wurde für alle Zubringer mit $Q_{>75\%} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ gewählt. Für die Hauptgewässer erfolgt die Wahl des zu überschreitenden Durchflusses ansteigend in Fließrichtung in Anlehnung an den aus den vorhandenen Pegeln interpolierten bzw. extrapolierten MQ-Werten für die Einmündungspunkte der Zubringer.

Aus der Abbildung 418 und Tabelle 38 können die gewählten Durchflüsse $Q_{>75\%}$ für die erforderliche Erreichung des 75 % Kriteriums der Risikobereichsdefinition sowie die vorhandenen MQ-Werte der Pegelstationen und die berechneten MQ-Werte entnommen werden. Die vorhandenen MQ – Werte der Pegelstationen wurden aus dem hydrographischen Jahrbuch 2011 des hydrographischen Dienstes (HJB) entnommen. Ausgehend von diesen MQ Daten und den im HJB zu jedem Pegel angeführten Einzugsgebietsgröße erfolgte eine auf die jeweiligen EZG Größe bezogene Rück- bzw. Hochrechnung der gegebenen MQ – Werte.

Die Ergebnisse der ermittelten Risikobereiche sind in Abbildung 419 und Tabelle 39 dargestellt. Für die Waldaist zwischen Quellbereich und Flammbach war keine Durchflussabstufung des $Q_{>75\%}$ möglich, da die Profile zu oft mit sehr kleinen Durchflüssen die gesetzten Banks überschreiten. Dadurch liegen zu viele Profile außerhalb des Vertrauensbereiches, wenn ein höherer $Q_{>75\%}$ - Wert als $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ angesetzt wird.

Wegen der unter Punkt 14.4.5 beschriebenen Unsicherheit durch einen möglichen Sohlfehler und der daraus resultierenden Überschätzung des Grenzdurchflusses kann es auch zu einer Überschätzung der Risikobereiche kommen. Dies gilt jedoch nicht für die Flüsse Aist bzw. Feldaist bis ca. Kefermarkt, da die Geländedaten aus dem erhaltenen Geländemodell der 2D Abflussuntersuchung entnommen wurden und nicht aus dem DHM der Laserscandaten.

Tabelle 38: Rück- bzw. Hochrechnung von MQ-Werten aus gegebenen Pegeldaten und Angabe der daraus abgeleiteten $Q_{>75\%}$ Werte

EZG	Name	Fläche [km ²]	EZG Summe Teilflächen [km ²]	MQ Pegel [m ³ /s]	EZ Pegel [km ²]	MQ berechnet [m ³ /s]	gewählt $Q_{>75\%}$ [m ³ /s]	
1.1	Feldaist - Quelle bis Prembach	35.92					0.10	
1.2	Prembach	7.22	43.14			0.39	0.50	
1.3	Feldaist - Prembach bis Grünbach	0.42						
1.4	Grünbach	2.75	46.31			0.42		
1.5	Feldaist - Grünbach bis Schlagerbach	1.63						
1.6	Schlager Bach	7.07	55.01			0.50		
1.7	Feldaist - Schlage Bach bis Jaunitzbach	12.87		0.58	63.9			
1.8	Jaunitzbach	42.12	110.00			0.97	1.00	
1.9	Feldaist - Jaunitzbach bis Feistritzbach	17.32						
1.10	Feistritzbach	55.35	182.67			1.59	1.60	
1.11	Feldaist - Feistritzbach bis Lester Bach	5.11		1.65	189.2			
1.12	Lester Bach	11.17	198.96			1.73		
1.13	Feldaist - Lester Bach bis Flanitzbach	7.16						
1.14	Flanitzbach	18.96	225.07			1.96	2.00	
1.15	Feldaist - Flanitzbach bis Waldaist	38.12	263.20			2.28		
Summe Feldaist		263.20						
2.1	Waldaist - Quelle bis Muckenbach	9.35					0.10	
2.2	Muckenbach	4.49	13.84			0.21		
2.3	Waldaist - Muckenbach bis Kolmbach	0.81						
2.4	Kolmbach	14.19	28.84			0.43		
2.5	Waldaist - Kolmbach bis Flammbach	21.15						
2.6	Flammbach	21.23	71.22			1.07	1.00	
2.7	Waldaist - Flammbach bis Harbaist	4.21						
2.8	Harbaist	15.78	91.21			1.37	1.40	
2.9	Waldaist - Harbaist bis Weiße Aist	13.33		1.53	101.7			
2.10	Weiße Aist	32.27	136.81			1.89	2.00	
2.11	Waldaist - Weiße Aist bis Stampfenbach	41.60						
2.12	Stampfenbach	36.48	214.89			2.70	2.70	
2.13	Waldaist - Stampfenbach bis Klambach	21.37						
2.14	Klambach	13.98	250.24			3.07	3.10	
2.15	Waldaist - Klambach bis Aist	32.40	282.64	3.23	266.1	3.40		
Summe Waldaist		282.65	Summe Feld- u. Waldaist			5.68		
3.1	Aist - Waldaist bis Kettenbach	0.48					6.50	
3.2	Kettenbach	57.58	603.90			6.27		
3.3	Aist - Kettenbach bis Windegger Bach	18.34		6.28	604.70			
3.4	Windegger Bach	12.65	634.89			6.59		
3.5	Aist - Windeggerbach bis Donau	1.82	636.71			6.61		
Summe Aist		90.87						

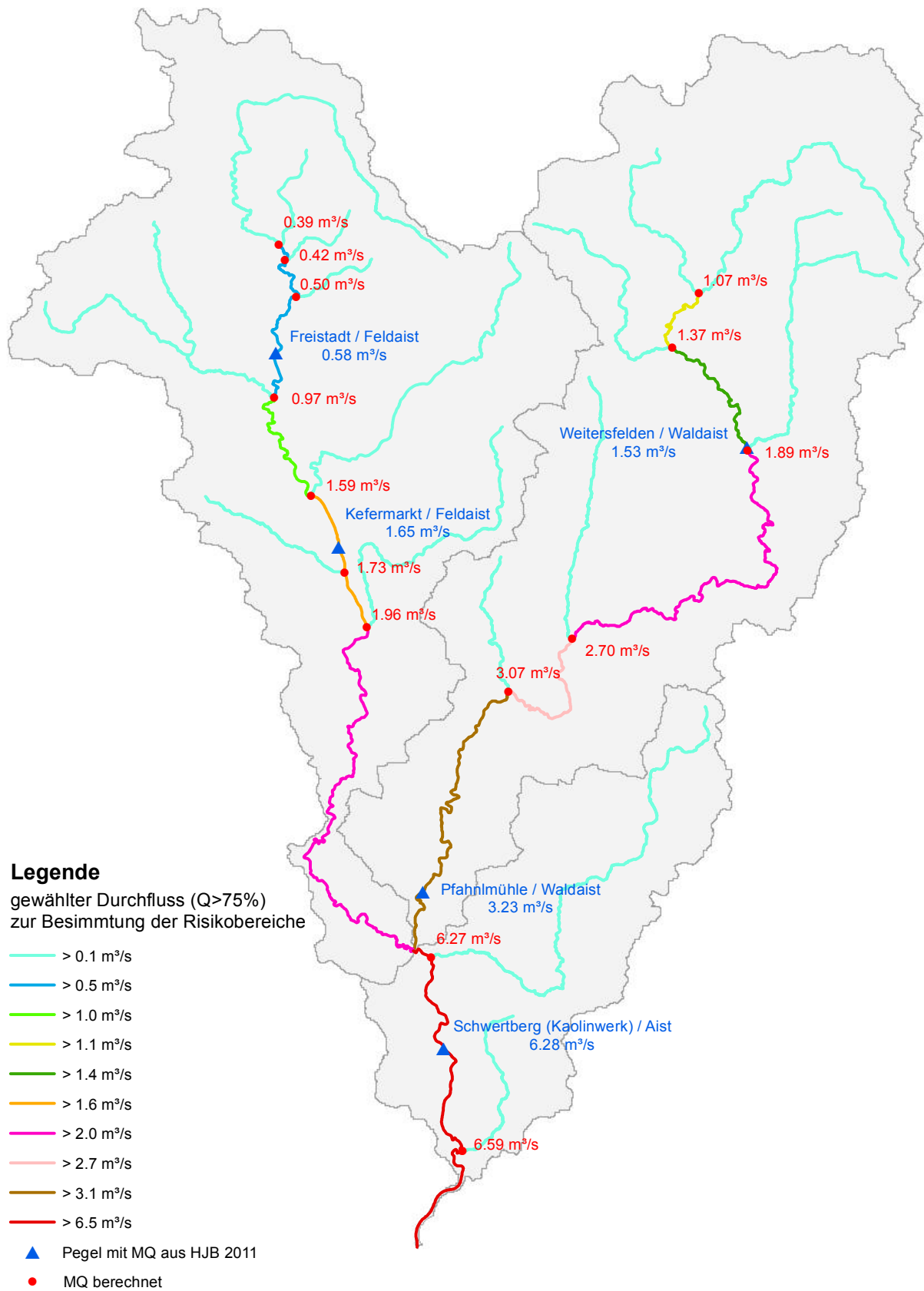


Abbildung 418: Darstellung der Pegel mit MQ, berechneten MQ-Werte und gewählten Durchfluss ($Q_{>75\%}$) für Risikobereichsdefinition

Tabelle 39: Auswertung Längen der Risikobereiche

<i>Haupt EZ</i>	<i>Fluss</i>	<i>Länge [km]</i>	<i>Länge Risikobereiche [km]</i>	<i>Anteil Risikobereiche zur Flusslänge [%]</i>
Feldaist	Prembach	4.5	0.0	0
Feldaist	Grünbach	3.7	0.0	0
Feldaist	Schlager Bach	3.4	0.0	0
Feldaist	Kronbach	8.1	0.4	5
Feldaist	Jaunitzbach	11.4	8.3	73
Feldaist	Feistritzbach	15.5	4.1	27
Feldaist	Lester Bach	6.5	0.4	6
Feldaist	Flanitzbach	14.2	0.6	4
Feldaist	Feldaist_SMS	25.1	9.1	36
Feldaist	Feldaist_LIDAR	31.7	12.5	39
Summe Feldaist		116.0	35.4	31
Waldaist	Flambach	7.9	1.2	15
Waldaist	Harbaist	10.3	2.9	28
Waldaist	Fuchsreiterbach	4.5	0.3	6
Waldaist	Weißer Aist	12.7	3.3	26
Waldaist	Stampfenbach	10.5	0.6	5
Waldaist	Klambach	6.1	0.0	0
Waldaist	Waldaist	61.0	20.7	34
Summe Waldaist		105.0	29.0	28
Aist	Windegger Bach	7.3	1.5	21
Aist	Kettenbach	21.8	8.7	40
Aist	Aist	13.8	7.8	57
Summe Aist		42.9	18.1	42
GESAMT		264.0	82.4	31

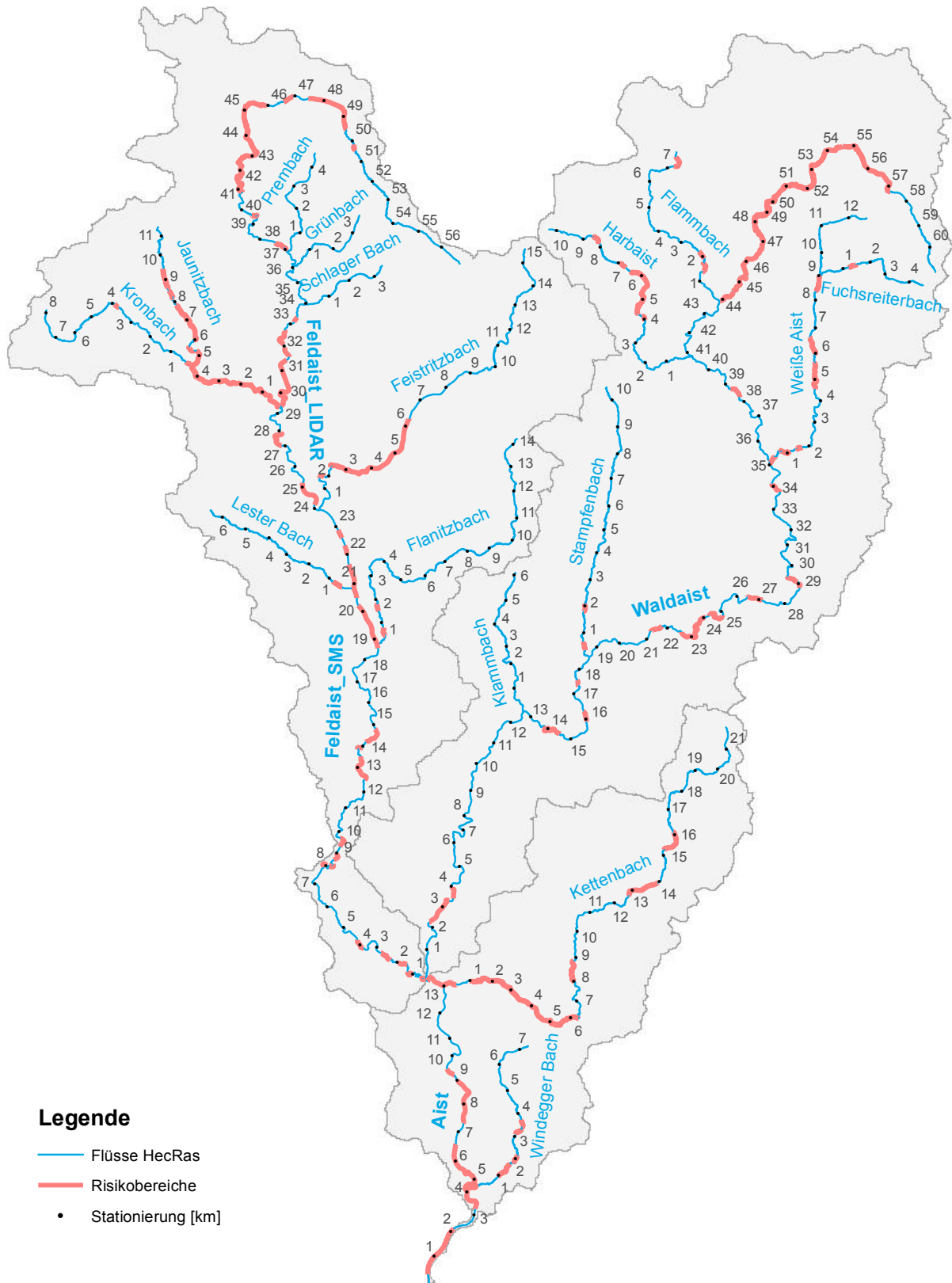


Abbildung 419: Darstellung der Risikobereiche für eine potentielle Versandungsgefahr

14.5. Einzugsgebietsanalysen des Feststoffeintrags

Es wurden nicht modellierte Gerinne sowie sonstige mögliche Wasserläufe für die Einzugsgebietsanalysen laut Punkt 14.3.1 berücksichtigt. Es erfolgt eine Beurteilung bzw. Klassifizierung der Wasserläufe nach Gefälle, Geologie und Nadelwaldfläche bzw. Fichtenwaldfläche um Rückschlüsse auf Materialeintrag bzw. Versandung (Vergrusung) zu erstellen.

Wasserläufe die in Sediment Rückhaltebereiche wie zum Beispiel Rückhaltebecken, Seen, Teich oder auch Schottergruben münden tragen nichts zum Materialeintrag bei und wurden daher für die Klassifizierungen nicht berücksichtigt. Sofern diese Bereiche laut DHM und Luftbilder eindeutig erkennbar waren wurden die einmündenden Wasserläufe entfernt. Es ist anzunehmen, dass es weit mehr Rückhaltebereiche gibt, als für die EZG Analyse berücksichtigt bzw. erkannt wurden. Eine Aufstellung über die nicht zum Materialeintrag beitragenden Wasserläufe findet sich im Anhang wieder.

Die Wahl der EZG Analysen erfolgte aufgrund der Annahme, dass der Materialeintrag im Bearbeitungsgebiet unter anderem sehr stark von der Geomorphologie und von der Landnutzung, insbesondere der Fichtenwaldflächen, abhängig ist.

Durch die Klassifizierung von Gefälle und Geologie der Wasserläufe sollte die Geomorphologie eines Einzugsgebietes charakterisiert werden. Mit der Auswertung der Landschaftserhebungskarten wurden die Nadelwaldbestände herausgefiltert. Die Nadelwaldbestände im Untersuchungsgebiet sind zumeist Fichtenwälder, welche eine Versauerung des Bodens verursachen und damit die Gesteinsverwitterung begünstigen.

Für die EZG Analysen wurden die Detail-einzugsgebiete zu neuen größeren Einzugsgebieten zusammengefasst, deren Größe entsprechend für den Einzugsbereich der modellierten Flüsse gewählt wird. Somit entstehen EZG Flächen der modellierten Flüsse und deren Zwischeneinzugsgebiete. Auf Basis dieser Einzugsgebietsflächen wurden die Gebiete der diversen Klassifizierungen unterteilt.

Tabelle 40: Einzugsgebiete für EZG Analysen

<i>EZ</i>	<i>Name</i>	<i>Fläche [km²]</i>
1.1	Feldaist - Quelle bis Prembach	35.92
1.2	Prembach	7.22
1.3	Feldaist - Prembach bis Grünbach	0.42
1.4	Grünbach	2.75
1.5	Feldaist - Grünbach bis Schlagerbach	1.63
1.6	Schlager Bach	7.07
1.7	Feldaist - Schlage Bach bis Jaunitzbach	12.87
1.8	Jaunitzbach (inkl. EZ 1.81.)	42.12
1.8.1	Jaunitzbach - Zubringer Kronbach	17.53
1.9	Feldaist - Jaunitzbach bis Feistritzbach	17.32
1.10	Feistritzbach	55.35
1.11	Feldaist - Feistritzbach bis Lester Bach	5.11
1.12	Lester Bach	11.17
1.13	Feldaist - Lester Bach bis Flanitzbach	7.16
1.14	Flanitzbach	18.96
1.15	Feldaist - Flanitzbach bis Waldaist	38.12
2.1	Waldaist - Quelle bis Muckenbach	9.35
2.2	Muckenbach	4.49
2.3	Waldaist - Muckenbach bis Kolmbach	0.81
2.4	Kolmbach	14.19
2.5	Waldaist - Kolmbach bis Flammbach	21.15
2.6	Flammbach	21.23
2.7	Waldaist - Flammbach bis Harbaist	4.21
2.8	Harbaist	15.78
2.9	Waldaist - Harbaist bis Weiße Aist	13.33
2.10	Weiße Aist (inkl. EZ 2.10.1)	32.27
2.10.1	Weiße Aist - Zubringer Fuchsreiterbach	7.03
2.11	Waldaist - Weiße Aist bis Stampfenbach	41.60
2.12	Stampfenbach	36.48
2.13	Waldaist - Stampfenbach bis Klammbach	21.37
2.14	Klammbach	13.98
2.15	Waldaist - Klammbach bis Aist	32.40
3.1	Aist - Waldaist bis Kettenbach	0.48
3.2	Kettenbach	57.58
3.3	Aist - Kettenbach bis Windegger Bach	18.34
3.4	Windegger Bach	12.65
3.5	Aist - Windeggerbach bis Donau	1.82

Die Einzugsgebiet 2.1, 2.2, 2.3 und 2.4 liegen teilweise bzw. vollständig im Land NÖ und aufgrund fehlender Daten, konnte für diese Gebiete keine oder nur unvollständige Analyse durchgeführt werden (Abbildung 420).

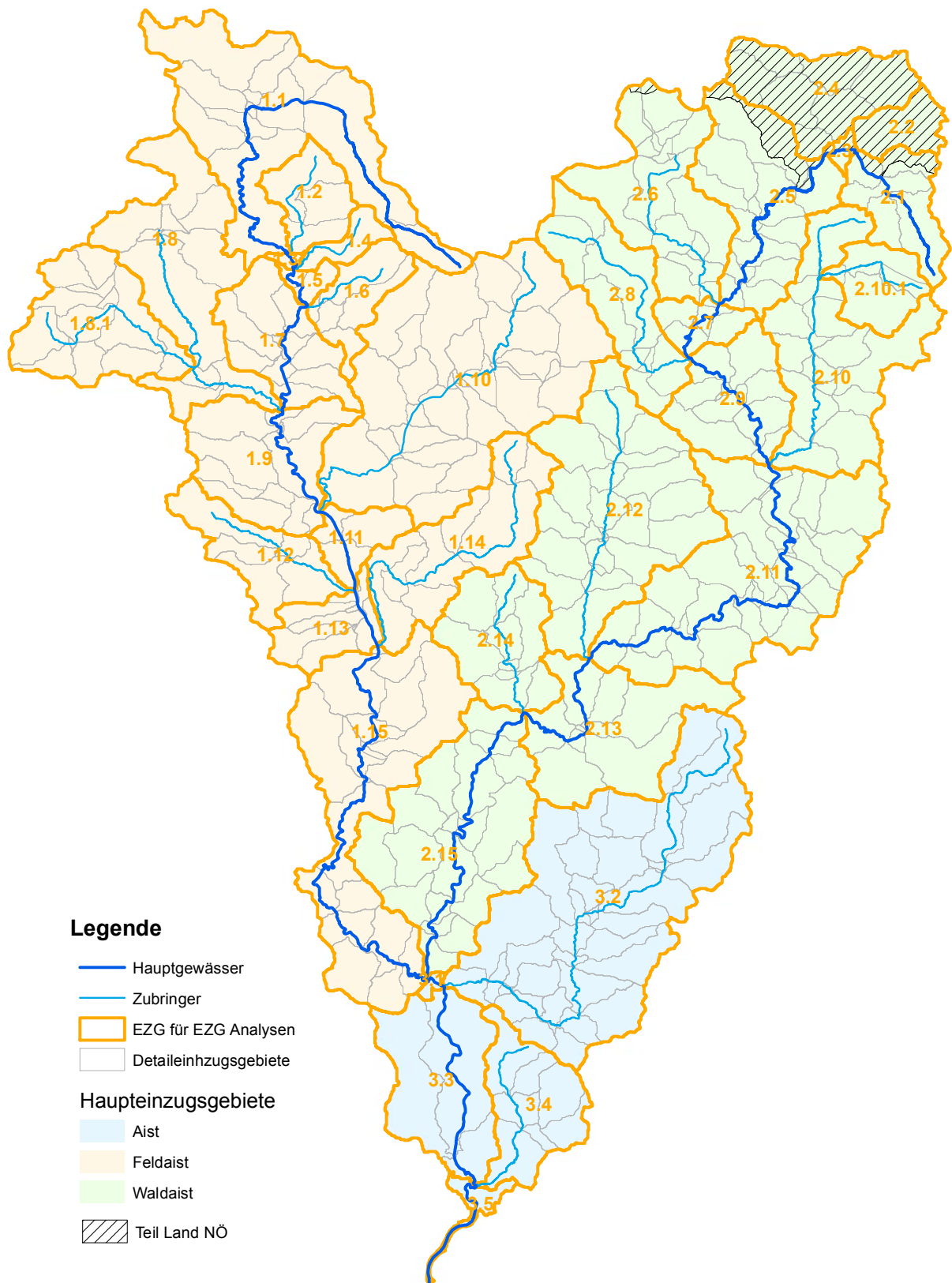


Abbildung 420: Erstellte Einzugsgebiete für die EZG Analysen

14.5.1. Klassifizierung nach Gefälle

Als Datengrundlage für die Klassifizierung des Gefälles dienen die ermittelten Wasserläufe (Punkt 14.3.1) nach Überarbeitung je Einzugsgebiet nach Abbildung 420.

Die Wahl der Klassen erfolgt in Anlehnung an das von der europäischen Kommission beauftragten Arbeit „Soil Erosion Risk Assessment Europe“ von (Van der Knijff et al., 2000). Zur Ermittlung des Relief Parameters wurden in (Van der Knijff et al., 2000) folgende Klassifizierungen des Gefälles gewählt 0-1%, >1-2%, >2-5%, >5- 10%, >10-15%, >15-30%, >30-75% und >75%. Eine an die Geomorphologie des Mühlviertels angepasst Unterteilung ergab fünf Klassen:

- Klasse 1: $\leq 1 \%$
- Klasse 2: $> 1 \%$ bis $\leq 2 \%$
- Klasse 3: $> 2 \%$ bis $\leq 5 \%$
- Klasse 4: $> 5 \%$ bis $\leq 10 \%$
- Klasse 5: $> 10 \%$

Bei der angewandten Methodik wird ein Wasserlauf unterteilt sobald ein Zulauf einmündet, zwischen Anfangs und Endpunkt einer Teilstrecke wird in der Folge das jeweilige Gefälle für die Klasseneinteilung ermittelt. Die einzelnen Teilstrecken der jeweiligen Klasse werden aufsummiert und es werden Gesamtlängen je Klasse für das jeweilige Einzugsgebiet ermittelt. Je höher die Gesamtlängen der oberen Klassen (z.B. Klassen 4 und 5) desto höher wird das Sedimenttransportpotential bewertet.

Die Gefällsklassifizierung dient als wesentliche Grundlage für die EZG Analysen Geologie und Landnutzung (Nadelwald).

Eine tabellarische Auswertung der Gesamtlängen je Gefällsklasse für jedes Einzugsgebiet befindet sich im Anhang. Abbildung 421 stellt beispielhaft für das Einzugsgebiet Flanitzbach (EZ 1.14) eine Auswertung der Gefällsklassen dar. Es sind auch die Rückhaltelängen für die kein Sedimenteintrag erfolgt dargestellt. Wie unter Punkt 14.5 beschrieben münden diese Wasserläufe in einen Rückhaltebereich für Sedimente.

Auch die Wasserlaufermittlung und somit auch die Ermittlung der Gefällsklassen sind von einem möglichen Sohlfehler, wie unter Punkt 14.4.5 beschreiben, betroffen. Jedoch sind die Auswirkungen auf die Ermittlung des Wasserlaufgefälles gering.

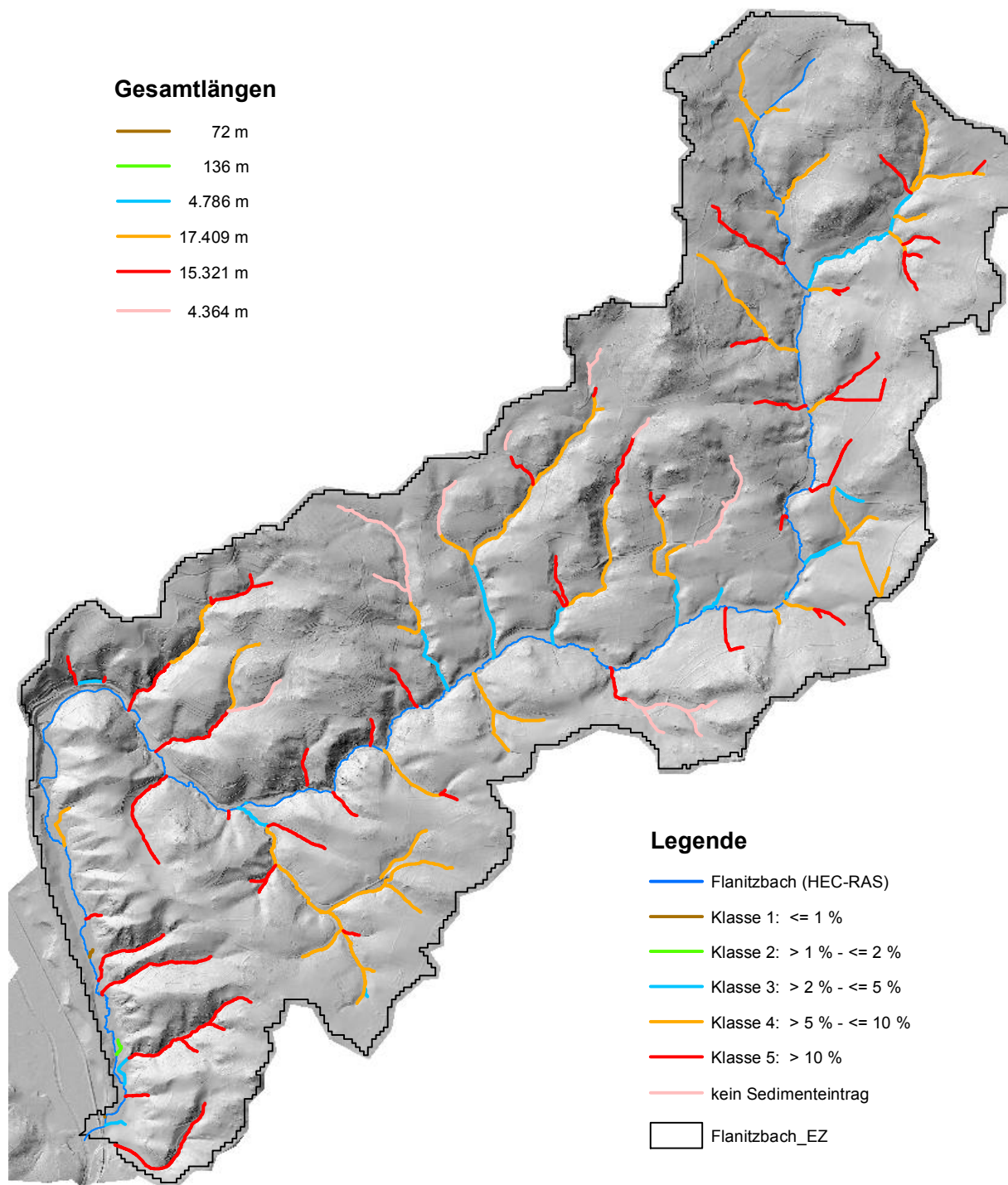


Abbildung 421: Klassifizierung Gefälle für das Einzugsgebiet Flanitzbach (EZ 1.14)

14.5.2. Klassifizierung nach Geologie

Die zu Gefällsklassen zugeordneten Wasserläufe werden mit der Geologie 20.000 Karte überschritten und man erhält als Ergebnis je Geologiekategorie die Längen der einzelnen Gefällsklassen.

Ausgehend von den lithologischen Hauptgruppen der Geologie 20.000 Karte des Untersuchungsgebietes werden gemäß der Textur des Grundgesteins 5 geologische Klassen erstellt (Tabelle 41, Abbildung 422).

Tabelle 41: Einteilung in Geologieklassen

Klasse	Klasse Name	Unterklasse	Lithologische Hauptgruppe
1	Feinkorngranit		Feinkorngranit, Granit (Feinkorngranit)
2	Grobkorn Granit und Gneis		Granit - Grobkorngneis, Grobkorngneis, Grobkorngranit, Granit (Weinsbergergranit)
3	sonstige Magmatite	sonstige Plutonite	Granodiori, Diorit, Zweiglimmergranit, Quarzdiorit-Diorit
		Vulkanite	Porphyrit
		Ganggesteine	Aplit, Pegmatit, Kersantit
		Kristallingrus	Kristallingrus
4	Metamorphite		Kinzigit, Migmatit, Mylonit, Perlgneis, Perlgneis - Schiefergneis, Schiefergneis
5	Sedimentite		Kiessand, Lehm, Quarz-Kiessand, Quzsand, Sand, Schluff, Schutt, Ton, Tonmergel

Eine Beurteilung der Versandungsneigung der lithologischen Hauptgruppen (laut Geologie 1:20.000) erfolgte durch Prof. Franz Ottner (Institut Angewandte Geologie, BOKU Wien) und kann wie folgt eingeteilt werden:

Tabelle 42: Einteilung nach Versandungsneigung

Klasse	Versandungsneigung	Lithologische Hauptgruppe (laut Geologie 1:20.000)
1	gering	Feinkorngranit, Granit, Gangquarze, Granodiorit, Zweiglimmergranit, Quarzdiorit-Diorit, Titanfleckendiorit, Porphyrit, Nadel-Porphyrit, Aplit, Kersantit, Kinzigit, Migmatit, Mylonit, Perlgneis, Perlgneis - Schiefergneis, Schiefergneis, Amphibolit, Bänder-Hartschiefer, Gneis, Granat-Cordierit-Sillimanitgneis, Granit-Schiefergneis, Marmor, Mylonit-Diaphtorit, Mylonit-Phyllonit, Perlgneis/Migmatit-Schiefergneis, Marmor, Mylonit-Diaphtorit, Mylonit-Phyllonit, Perlgneis/Migmatit-Schiefergneis, Talkschiefer, Schiefergneis-Intrusivbrekzie, Lehm, Schluff, Ton, Tonmergel, (Löß)lehm
2	hoch	Granit - Grobkorngneis, Grobkorngneis, Grobkorngranit=Weinsbergergranit, Grobkorngneis-Perlgnis, Gneisgranit, Granit, Granitgänge, Pegmatit, Quarz-Kiessand, Kiessand, Quzsand, Sand, Schutt
3	sehr hoch	Kristallingrus

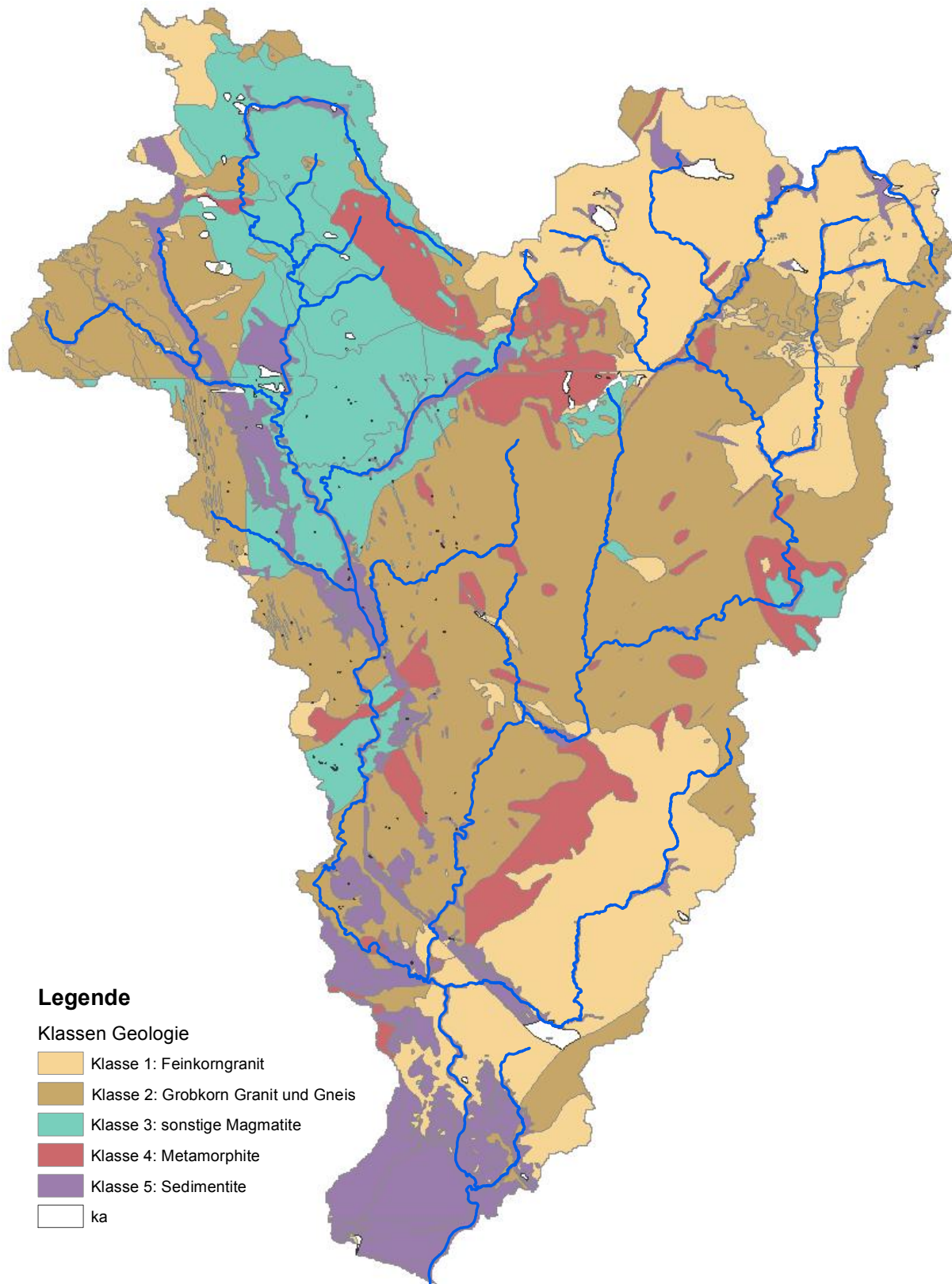


Abbildung 422: Einteilung Geologieklassen

Eine weitere mögliche Ableitung der Darstellung der Geologie 20.000 Karte ist die „oberflächlich zum Teil vergrasten“ Flächen auszuweisen Abbildung 423.

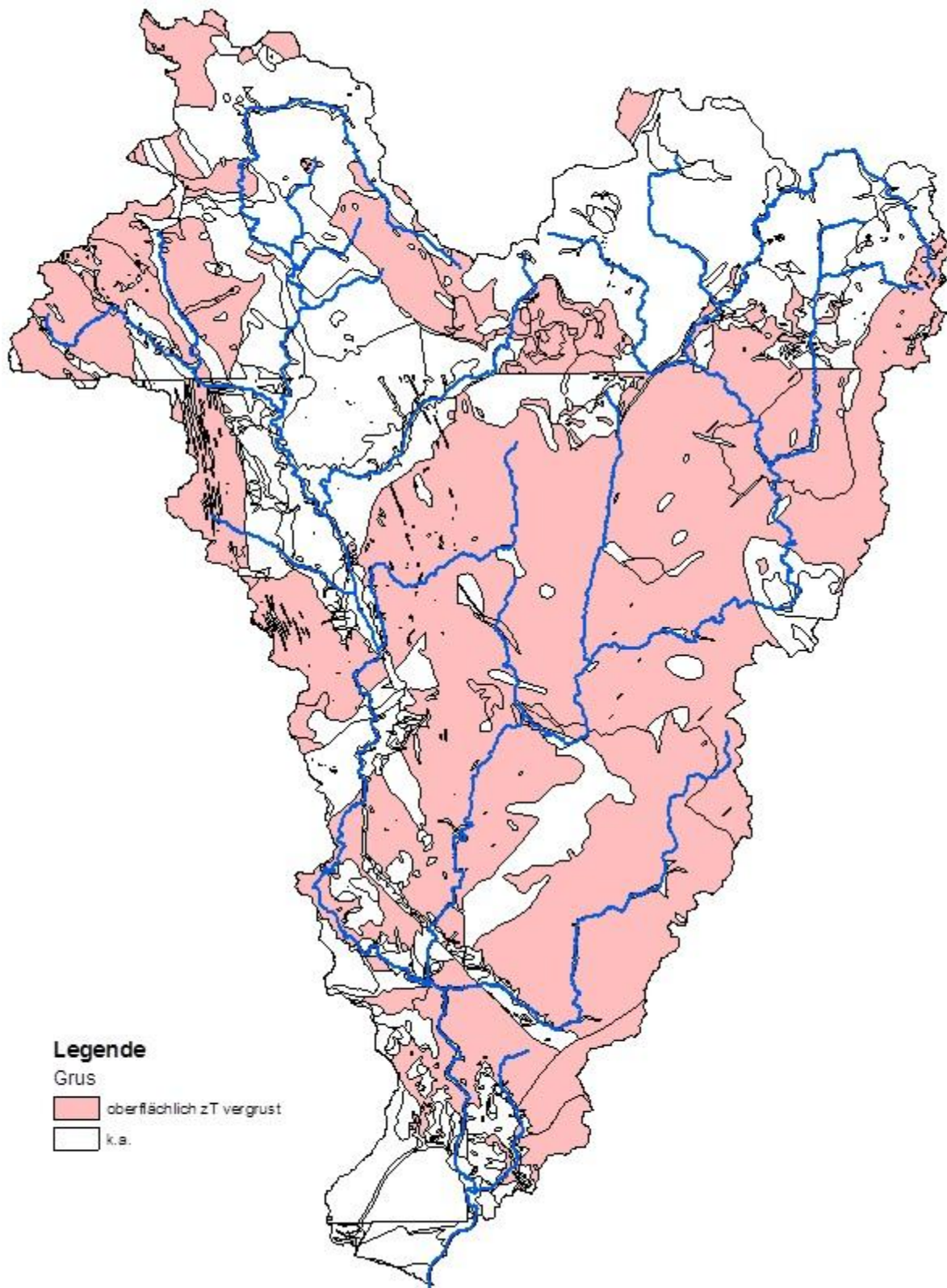


Abbildung 423: Geologie 1:20.000 - oberflächlich z.T. vergruste Flächen

Wie aus Tabelle 42 ersichtlich ist, neigt vor allem die geologische Klasse Grobkorn Granit und Gneis sehr stark zur Versandung, diese Flächen sind auch nahezu mit den oberflächlich zum Teil vergrusteten Flächen deckungsgleich. In Kombination mit einem steilen Gefälle der Wasserläufe in diesen Bereichen entsteht ein mögliches hohes Potential für den Feststoffeintrag, da das nötige Gefälle für den Transport und auch das entsprechende Verwitterungsmaterial (Vergrusung) vorhanden wäre.

Deshalb wird für die geologische Auswertung die Gesamtlänge der Gefällsklassen 4 und 5 je Einzugsgebiet auf den Flächen der Geologieklasse Grobkorn Granit und Gneis sowie auf den oberflächlich zum Teil vergrusteten Flächen ausgegeben.

Im Anhang sind die Ergebnisse der geologischen Klassifizierung je Einzugsgebiet tabellarisch und grafisch aufbereitet dargestellt.

14.5.3. Klassifizierung nach Nadelwald (Fichtenwald)

Fichtenwaldbestände führen zu einer Versauerung des Bodens und begünstigen somit die Gesteinsverwitterung. Es wird angenommen, dass insbesondere Fichtenwälder, die auf der verwitterungsanfälligen Geologieklasse Grobkorngranit und –gneis liegen, zu einer weiteren Erhöhung des potentiellen Feinmaterialeintrages führen.

Die Flächenkategorie Wald der Karte der bearbeiteten Landschaftserhebungsflächen (Abbildung 424), die bereits für die Einteilung der Rauheitsflächen verwendet wurde, wird nochmals in Nadel-, Laub- und Mischwald unterteilt (Abbildung 424). Da die Nadelwaldflächen im Bearbeitungsgebiet zumeist Fichtenwälder sind werden diese Flächen mit den Gefällsklassen 4 und 5, die auf der Geologieklasse Grobkorn Granit und Gneis liegen verschnitten. Als Ausgabe der Analyse erfolgt die Gesamtlänge der Gefällsklasse 4 und 5 auf Geologieklasse 2 und auf Klasse Nadelwald.

Ergebnisse der Analyse befinden sich für jedes Einzugsgebiet im Anhang.

Es ist noch anzumerken, dass die Flächen der Landschaftserhebungskarte seit dem Jahr 2002 laufend erhoben wurden und es in der Zwischenzeit zu Änderungen der einzelnen Flächen und somit auch der Waldflächen gekommen sein kann.

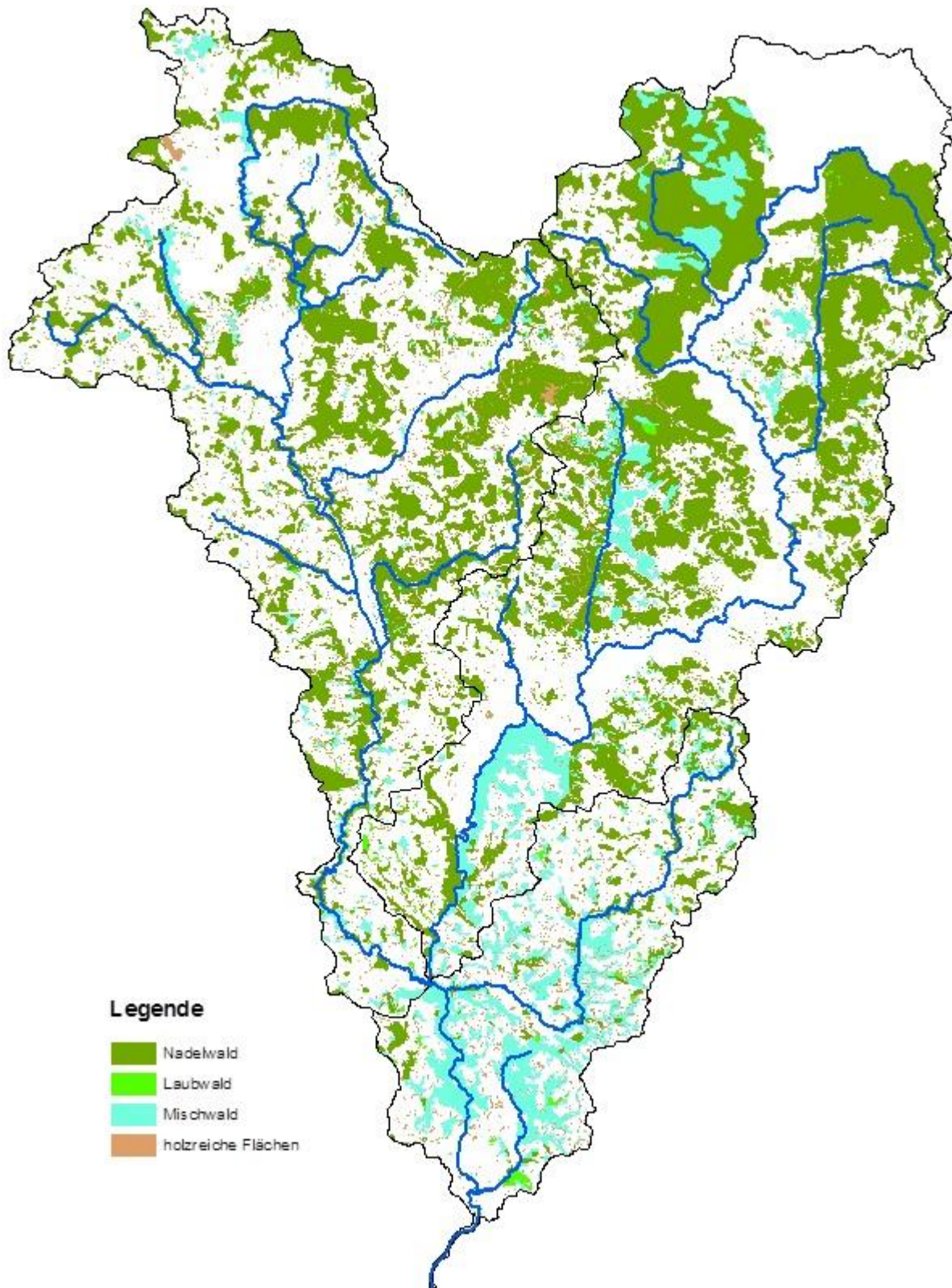


Abbildung 424: Darstellung der Waldflächen (Nadel-, Laub- und Mischwald) und der holzreichen Flächen (gehölzreiche Strukturelemente, Streuobstanlagen und Aufforstungsflächen) für das Bearbeitungsgebiet

14.6. Ergebnis der Einzugsgebietsanalysen

Ziel ist es mit den EZG-Analysen eine relative Beurteilung des potentiellen Materialeintrages und somit auch einer potentiellen Vergrusung je Einzugsgebiet zu ermöglichen. Dazu werden die einzelnen Einzugsgebiete je Haupteinzugsgebiet (Feldaist, Waldaist, Aist) relativ zueinander nach absteigenden Sedimenttransportpotential gereiht.

Es werden die Ergebnisse der geologischen Klassifizierung und der Klassifizierung nach Fichtenwald für jedes Einzugsgebiet in Bezug zur Gesamtlänge aller Gefällsklassen zum jeweiligen Haupteinzugsgebiet gestellt um eine relative prozentuale Bewertung zu erhalten.

Ein entsprechendes Ranking ist für folgende drei Auswertungen möglich:

1. Gesamtlänge Gefällsklasse 4+5 auf Geologiekategorie Grobkorn Granit und Gneis je Einzugsgebiet in Bezug zur Gesamtlänge aller Gefällsklassen des jeweiligen Haupteinzugsgebiet
2. Gesamtlänge Gefällsklasse 4+5 auf oberflächlich zum Teil vergrusteten Flächen des jeweiligen Einzugsgebiet in Bezug zur Gesamtlänge aller Gefällsklassen je Haupteinzugsgebiet
3. Gesamtlänge Gefällsklasse 4+5 auf Geologiekategorie Grobkorn Granit und Gneis und zusätzlich noch auf Nadelwaldflächen je Einzugsgebiet in Bezug zur Gesamtlänge aller Gefällsklassen je Haupteinzugsgebiet

Diesen beiden Auswertungen 1 und 2 sind nahezu ident, da die beiden geologischen Flächen fast deckungsgleich verlaufen. Deshalb sind für das Ranking der Einzugsgebiete nur die Auswertung 1 und 3 von Interesse.

Beispielhaft wird hier nun die tabellarische und grafische Auswertung für das Haupteinzugsgebiet Feldaist dargestellt, die Bewertung aller Haupteinzugsgebiete kann aus dem Anhang entnommen werden.

Tabelle 43: Einzugsgebietsanalyse Feldaist

Rang Geologie	Rang Nadelwald	EZ	Abschnitt	Länge aller Klassen je EZ [m]	Summe Länge für Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse Geologie 2 [m]	Anteil Länge Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse Geologie 2 zur Gesamtlänge [%]	Summe Länge für Klasse Gefälle 4+5 auf oberfl. vergrust Klasse z. T. [m]	Anteil Länge Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse z. T. oberfl. Vergrust zur Gesamtlänge [%]	Summe Länge für Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse Geologie 2 für Nadelwald [m]	Anteil Länge Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse Geologie 2 für Nadelwald zur Gesamtlänge [%]
1	1	1.14	Flanitzbach	37725	30969	5.9	30968.9	5.9	13030.0	2.5
2	2	1.10	Feistritzbach	137219	26868	5.1	26868.1	5.1	11595.0	2.2
3	3	1.15	Feldaist - Flanitzbach bis Waldaist	80897	26474	5.0	26474.2	5.0	5053.9	1.0
4	4	1.8	Jaunitzbach	48604	11260	2.1	11000.3	2.1	2697.6	0.5
5	4	1.8.1	Jaunitzbach - Zubringer Kronbach	24660	9627	1.8	3655.1	0.7	2650.4	0.5
6	6	1.13	Feldaist - Lester Bach bis Flanitzbach	17615	7505	1.4	7279.8	1.4	914.8	0.2
7	6	1.12	Lester Bach	22217	6269	1.2	6170.7	1.2	786.3	0.2
8	6	1.9	Feldaist - Jaunitzbach bis Feistritzbach	29973	4394	0.8	4135.5	0.8	987.9	0.2
8	5	1.11	Feldaist - Feistritzbach bis Lester Bach	10760	4380	0.8	4379.8	0.8	1858.8	0.4
9	7	1.1	Feldaist - Quelle bis Prembach	66129	1040	0.2	965.5	0.2	549.4	0.1
10	8	1.2	Prembach	15811	268	0.1	267.7	0.1	0.0	0.0
11	8	1.3	Feldaist - Prembach bis Grünbach	444	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	8	1.4	Grünbach	2723	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	8	1.5	Feldaist - Grünbach bis Schlaglerbach	1311	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	8	1.6	Schlagler Bach	18397	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	8	1.7	Feldaist - Schläge Bach bis Jaunitzbach	10763	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			GESAMTLÄNGE	525247	129053	24.6	122166	23.3	40124	7.6

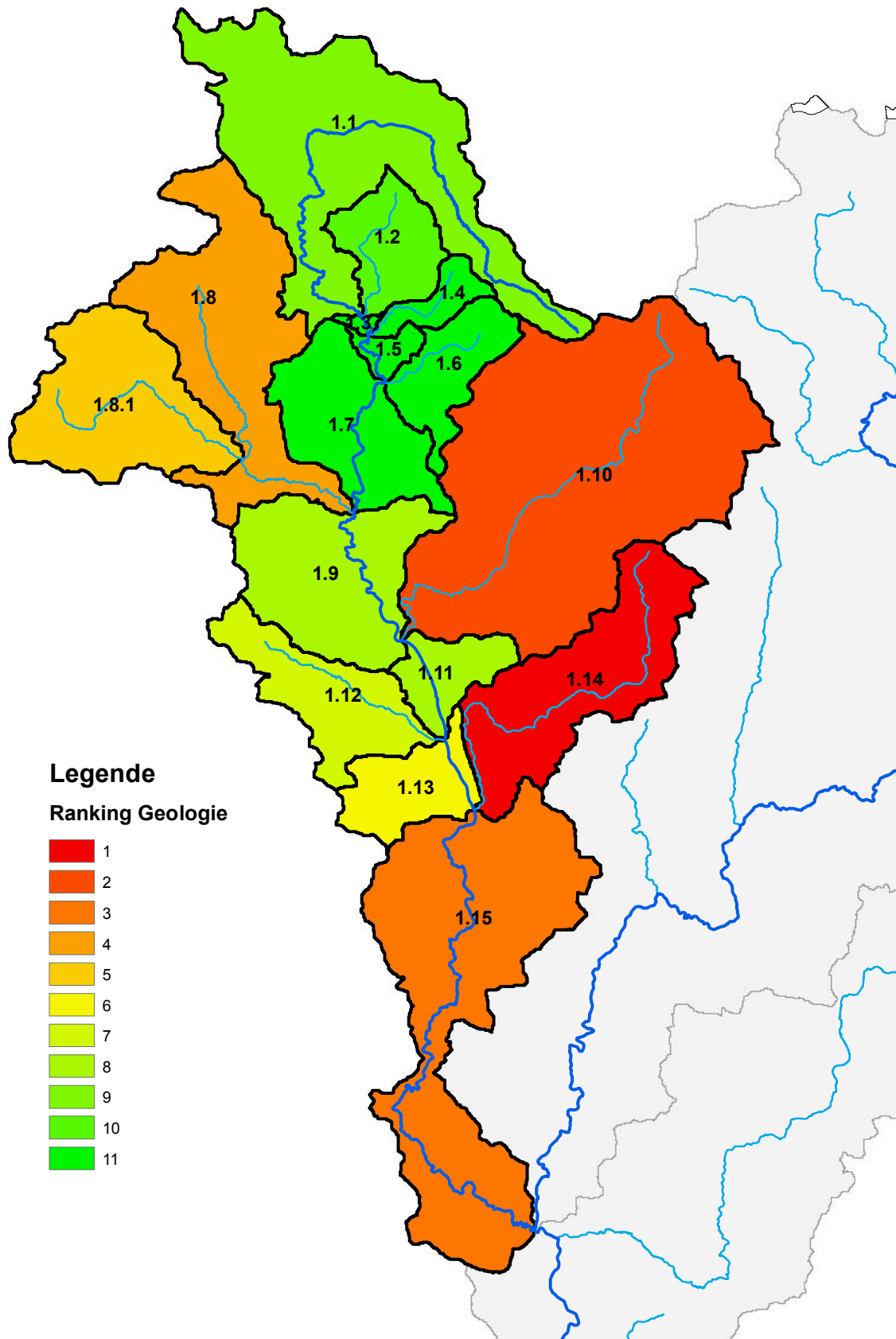


Abbildung 425: Einzugsgebietsanalyse Feldaist – Ranking Geologie laut Tabelle 43.

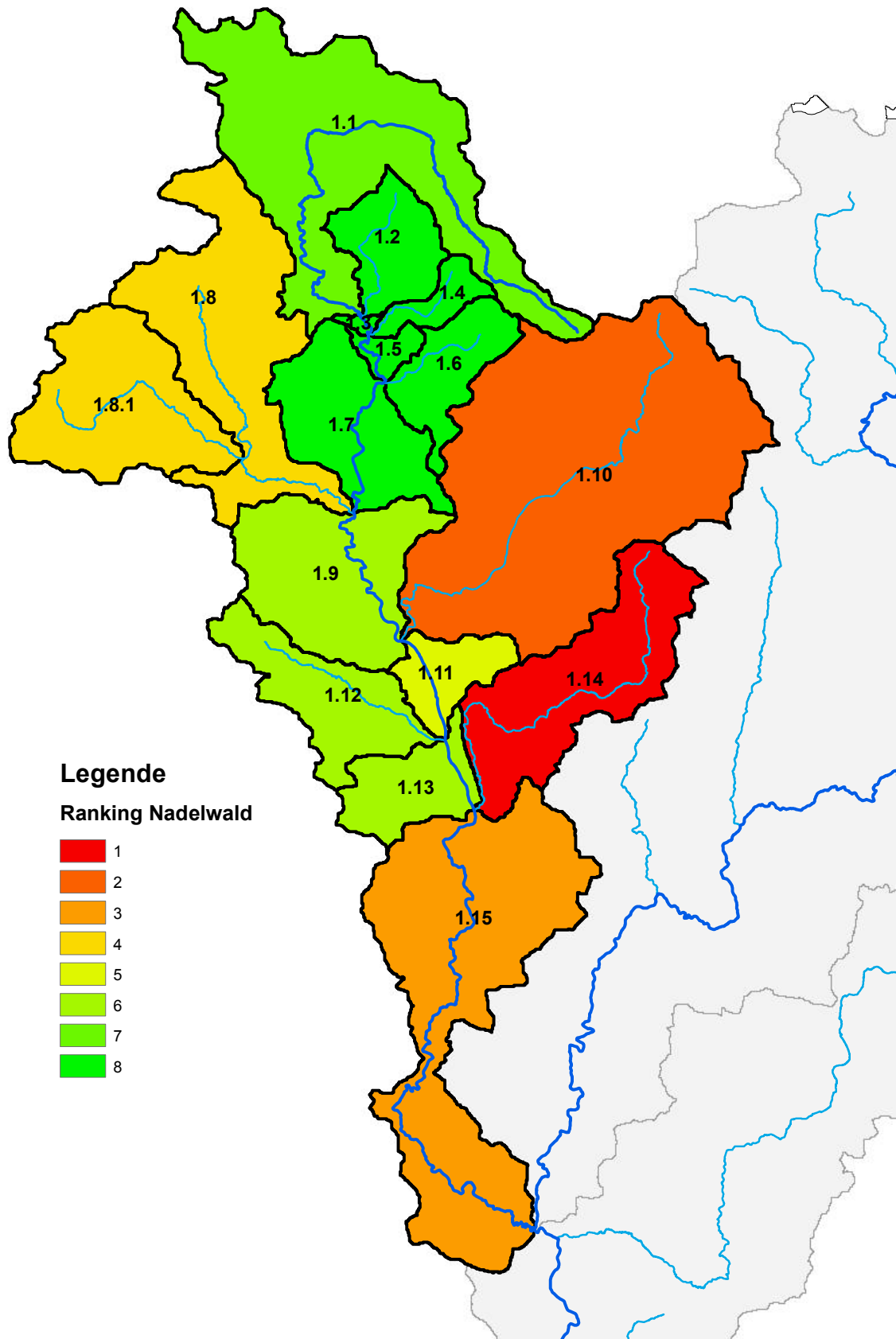


Abbildung 426: Einzugsgebietsanalyse Feldaist – Ranking Nadelwald laut Tabelle 43.

Tabelle 44: Einzugsgebietsanalyse Waldaist.

Rang Geologie	Rang Nadelwald	EZ	Abschnitt	Länge aller Klassen je EZ im Land OÖ [m]	Summe Länge für Klasse Geologie 2 [m]	Anteil Länge Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse Geologie 2 zur Gesamtlänge [%]	Summe Länge für Klasse Gefälle 4+5 auf oberfl. vergrust Klasse z. T. [m]	Anteil Länge Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse z. T. oberfl. Vergrust zur Gesamtlänge [%]	Summe Länge für Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse Geologie 2 für Nadelwald [m]	Anteil Länge Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse Geologie 2 für Nadelwald zur Gesamtlänge [%]
1	1	2.12	Stampfenbach	81874	60589	11.5	60589	11.5	19926	3.8
2	2	2.11	Waldaist - Weiße Aist bis Stampfenbach	83016	50130	9.5	50130	9.5	10461	2.0
3	3	2.15	Waldaist - Klammbach bis Aist	71555	37375	7.1	37375	7.1	9987	1.9
4	5	2.13	Waldaist - Stampfenbach bis Klammbach	50789	24486	4.6	24486	4.6	4321	0.8
5	5	2.9	Waldaist - Harbaist bis Weiße Aist	24223	15784	3.0	15623	3.0	4421	0.8
6	4	2.10	Weiße Aist	51562	15658	3.0	11285	2.1	7490	1.4
7	6	2.14	Klammbach	29826	14925	2.8	14925	2.8	1394	0.3
8	7	2.5	Waldaist - Kolmbach bis Flammbach	38815	4836	0.9	876	0.2	1231	0.2
9	6	2.8	Harbaist	30072	3678	0.7	3678	0.7	1646	0.3
10	8	2.1	Waldaist - Quelle bis Muckenbach	15479	949	0.2	908	0.2	265	0.1
10	9	2.7	Waldaist - Flammbach bis Harbaist	7081	803	0.2	803	0.2	0	0.0
10	8	2.10.1	Weiße Aist - Zubringer Fuchstreiterbach	13673	1225	0.2	1225	0.2	306	0.1
11	9	2.3	Waldaist - Muckenbach bis Kolmbach	226	0	0.0	0	0.0	0	0.0
11	9	2.6	Flammbach	28947	0	0.0	0	0.0	0	0.0
		2.2	Muckenbach							
		2.4	Kolmbach							
			GESAMTLÄNGE	527137	230437	43.7	221902	42.1	61448	11.7

WALDAIST - EZG Analyse - Ranking Geologie

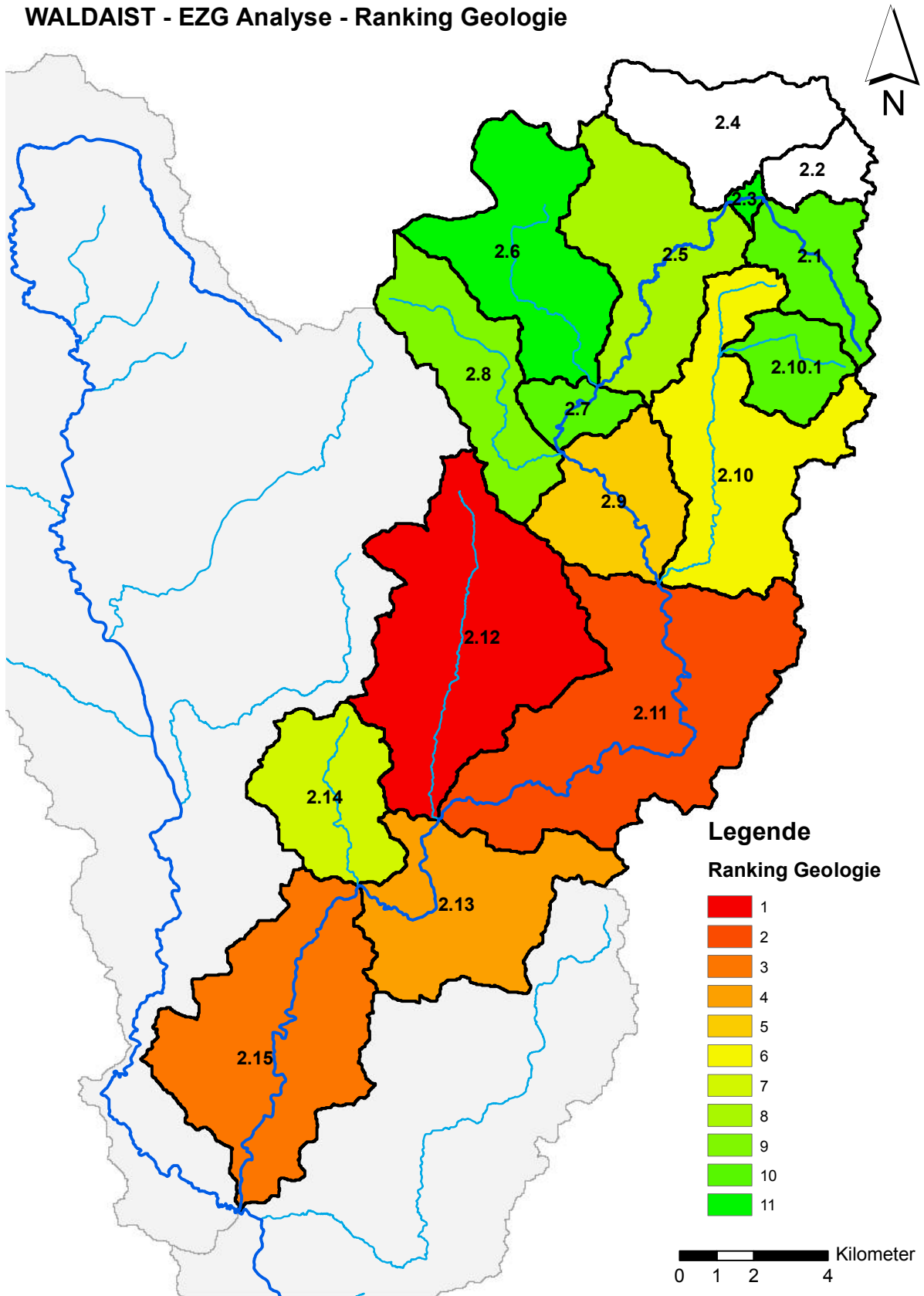


Abbildung 427: Einzugsgebietsanalyse Feldaist – Ranking Geologie laut Tabelle 44.

WALDAIST - EZG Analyse - Ranking Nadelwald

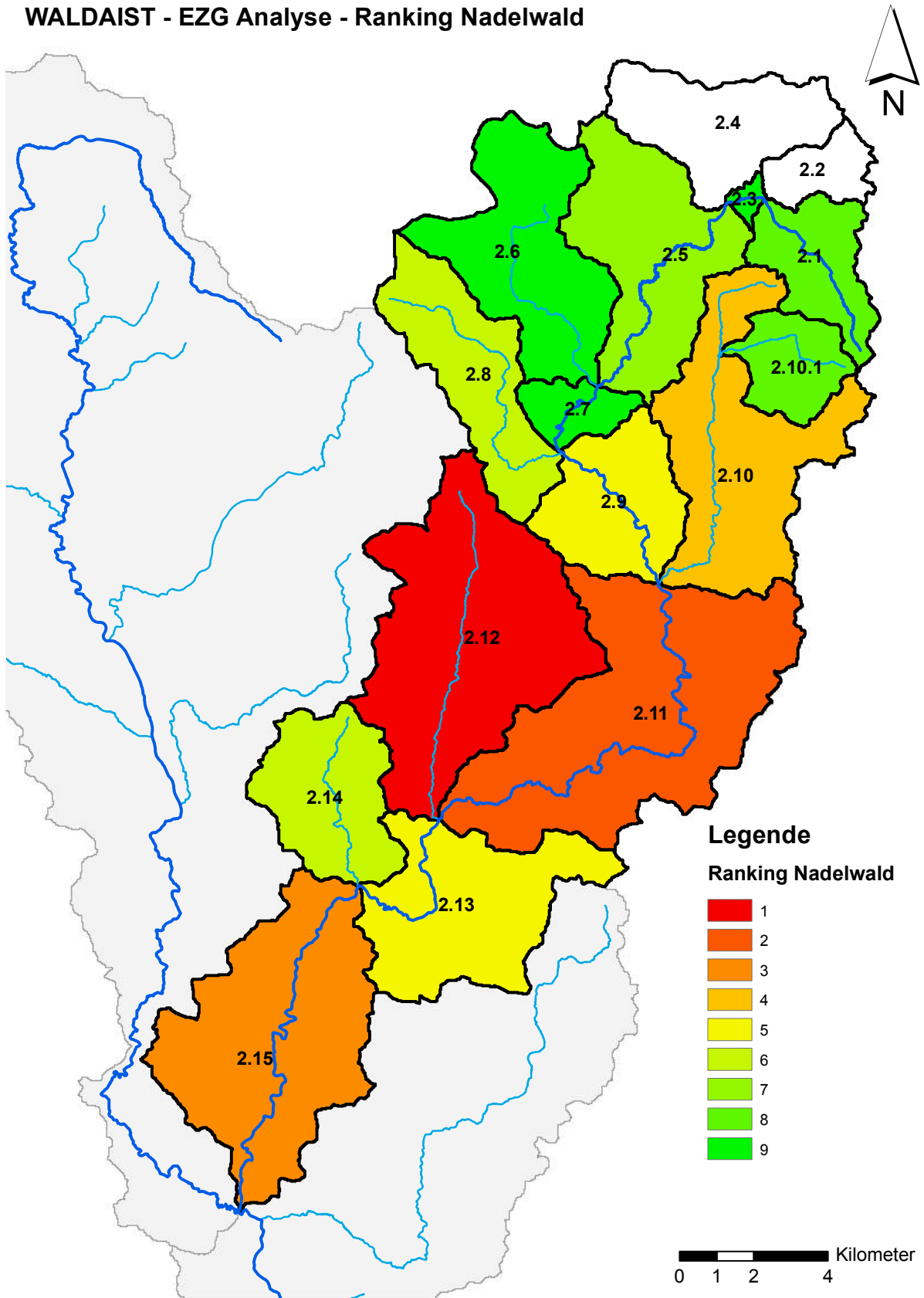


Abbildung 428: Einzugsgebietsanalyse Feldaist – Ranking Nadelwald laut Tabelle 44.

Tabelle 45: Einzugsgebietsanalyse Aist.

Rang Geologie	Rang Nadelwald	EZ	Abschnitt	Länge aller Klassen je EZ [m]	Summe Länge für Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse Geologie 2 [m]	Anteil Länge Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse Geologie 2 zur Gesamtlänge [%]	Summe Länge für Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse z.T. oberfl. Vergrüst zur oberfl. vergrüst [m]	Anteil Länge Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse z.T. oberfl. Vergrüst zur Gesamtlänge [%]	Summe Länge für Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse Geologie 2 für Nadelwald [m]	Anteil Länge Klasse Gefälle 4+5 auf Klasse Geologie 2 für Nadelwald zur Gesamtlänge [%]
1	1	3.2	Kettenbach	132830	9488	4.7	9488	4.7	1563	0.8
2	2	3.4	Windegger Bach	31427	7190	3.6	7190	3.6	0	0.0
3	2	3.3	Aist - Kettenbach bis Windegger Bach	36295	274	0.1	274	0.1	0	0.0
3	2	3.1	Aist - Waldaist bis Kettenbach	426	240	0.1	240	0.1	0	0.0
4	2	3.5	Aist - Windeggerbach bis Donau	0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
			GESAMTLÄNGE	200977	17191	8.6	17191	8.6	1563	0.8

AIST - EZG Analyse - Ranking Geologie

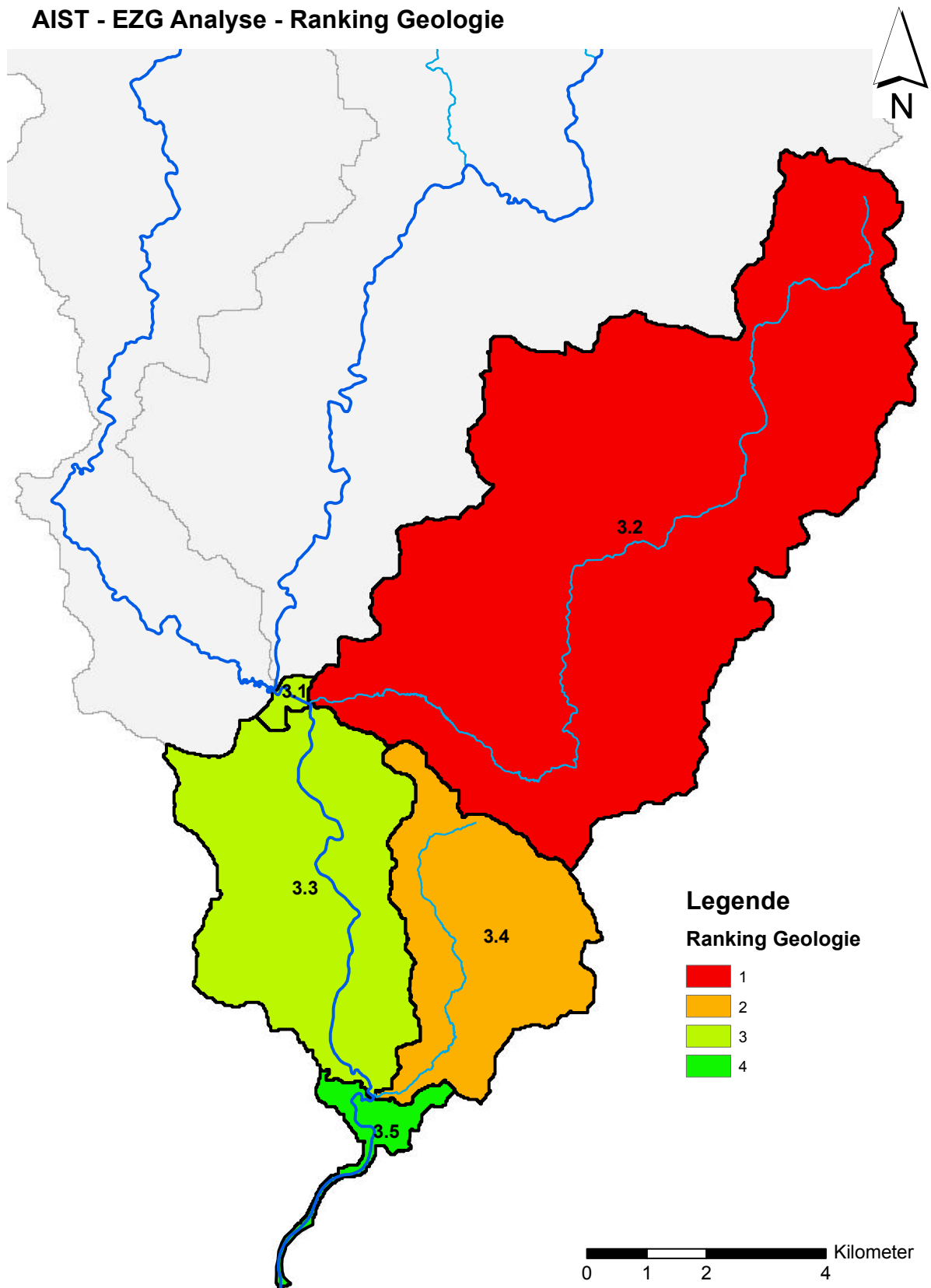


Abbildung 429: Einzugsgebietsanalyse Feldaist – Ranking Geologie laut Tabelle 45.

AIST - EZG Analyse - Ranking Nadelwald

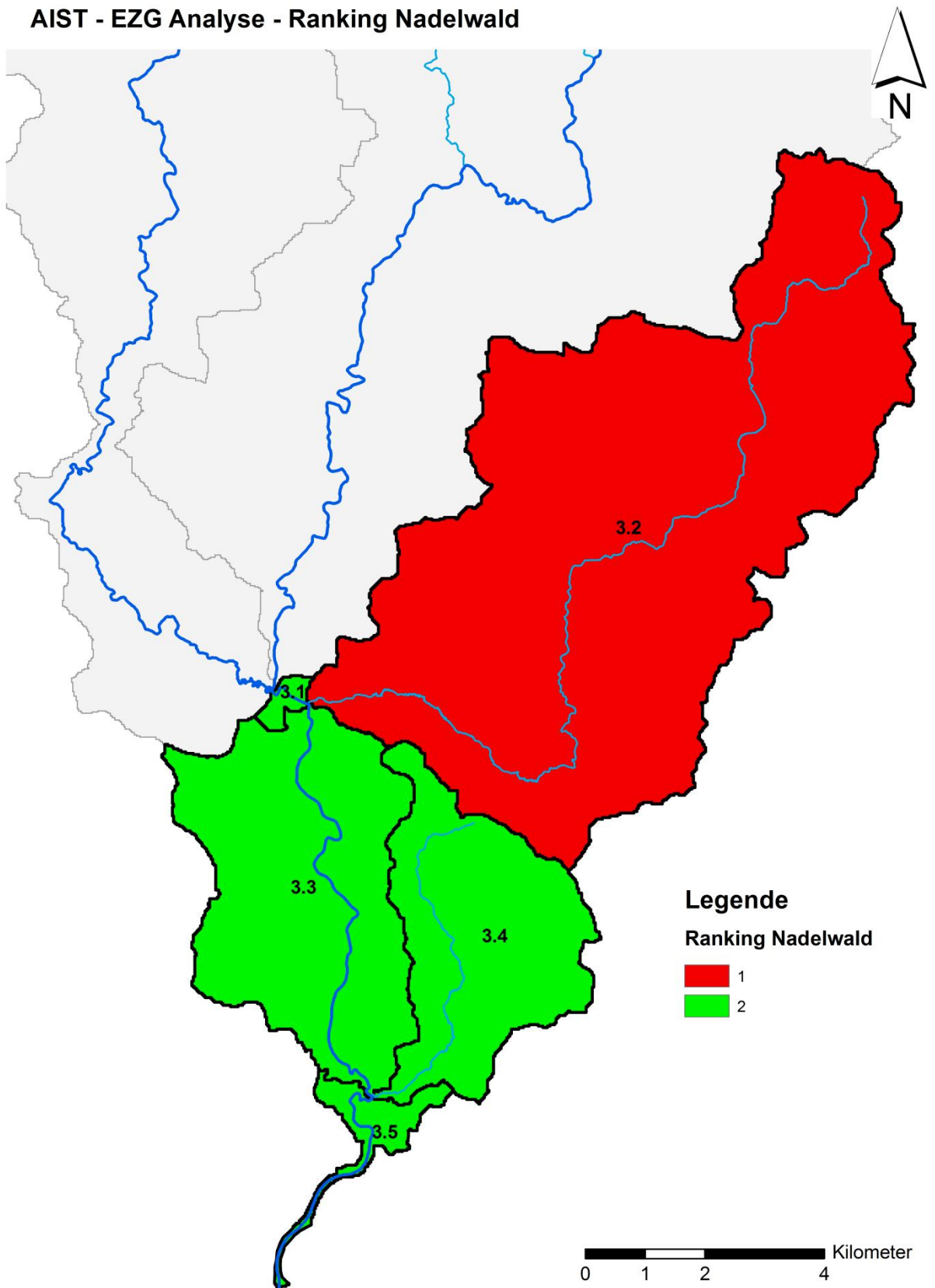


Abbildung 430: Einzugsgebietsanalyse Feldaist – Ranking Nadelwald laut Tabelle 45.

14.7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Auswertung der Ergebnisse der 1D Abflussmodellierung sowie der Einzugsgebietsanalysen sollen als Grundlage für das Feststoffmanagement im Einzugsgebiet der Aist dienen. Mit den ermittelten Risikobereichen für das Versandungspotential an den modellierten Flüssen sowie den bewerteten Einzugsgebietsanalysen soll es möglich sein Risikobereich für detailliertere bzw. weitergehende Untersuchungen oder für Maßnahmenprogramm zu definieren.

Aus den Tabellen und Grafiken der diversen Auswertungen im Anhang können für weitere Analysen Daten entnommen und Vergleiche erstellt werden. Wenn man zum Beispiel die EZG Analyse sowie die Risikobereichslängen für Feldaist und Waldaist gegenüber stellt, weisen die Einzugsgebiete der Waldaist ein höheres Potential an Materialeintrag als die Feldaist auf. Beim Vergleich der Risikobereiche der modellierten Flüsse verhält sich dies jedoch umgekehrt, hierbei hat die Feldaist in Summe längere Risikobereiche für eine potentielle Versandung als die Waldaist.

Da bei den Laserscandaten aufgrund der Aufnahmemethode leider nur der Wasserspiegel und nicht die Gewässersohle aufgenommen werden konnte, besteht für die Bereiche in denen die Geometriedaten des HEC RAS Modells aus dem DHM der Laserscandaten entnommen wurden, eine gewisse Unsicherheit in Bezug auf einen möglichen Sohlfehler.

Um eine bessere Modellqualität zu erreichen könnte für die Zukunft, sofern die Möglichkeit besteht, durch die Verwendung und Auswertung des grünen Lasers bei ALS – Befliegungen die Gewässersohle aufgenommen werden. Das 1D Abflussmodell könnte mit verhältnismäßig geringem Aufwand mit neuen Laserscandaten aktualisiert werden. Auch größere Querbauwerke, insbesondere im Bereich der KWKW, könnten dadurch im Modell nachgebildet werden.

Es wäre für andere Fragestellungen auch möglich, dass Abflussmodell mit einem Niederschlag – Abfluss Modell zu koppeln.

15. Auswirkungen der Versandung auf die Flussperlmuschel-Lebensräume

Das im vorliegenden Projekt betrachtete Gebiet, stellt das wichtigste Areal für die letzten Vorkommen der Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) in Mitteleuropa dar (Abbildung 431). Resultierend aus der Nennung der Art in den Anhängen 2 und 5 der europäischen Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (Richtlinie 2006/105/EG) ergibt sich daher neben der grundsätzlichen ökologischen Verantwortung auch eine spezielle rechtliche Verpflichtung diese Art im Mühlviertel und Bayerischen Wald zu schützen und deren Bestände zu fördern. In der aktuellen Liste der weltweit gefährdeten Arten (IUCN Red List of Threatened Species) ist die Flussperlmuschel in der zweithöchsten Gefährdungsstufe EN (endangered: „hohes Aussterberisiko in naher Zukunft“) angeführt. Einige der Gewässer sind unter Anderem auch auf Grund der Flussperlmuschel als Natura 2000 - Gebiete ausgewiesen (siehe Abbildung 433).

Dadurch, dass das Verbreitungsgebiet der Flussperlmuschel auf kristalline Bereiche beschränkt ist und die Art einen hohen Grad an ökologischer Einnischung aufweist (siehe Kapitel 15.1), ist sie in besonderem Maße geeignet in der hier behandelten Thematik als Indikatorart herangezogen zu werden. Speziell hinsichtlich des Geschiebe- und Schwebstoffhaushaltes verfügt sie durch ihre Lebens- und Reproduktionsweise über eine hohe Indikatorfunktion (u.a. Geist, 2010; Geist & Auerswald, 2007).

Aufgrund dieser Voraussetzungen wurde das Thema in die unterschiedlichsten Arbeitspakete dieses Projektes eingebracht. Dies betrifft vor allem die Methodik der Kartierung, die Ursachenforschung und die Maßnahmenkonzipierung. Dieses Kapitel dient der fachlichen Aufbereitung der Grundlagen, einer Abschätzung der Ist-Situation und der Aufarbeitung der Sedimentthematik im Hinblick auf die Habitatansprüche der Flussperlmuschel.

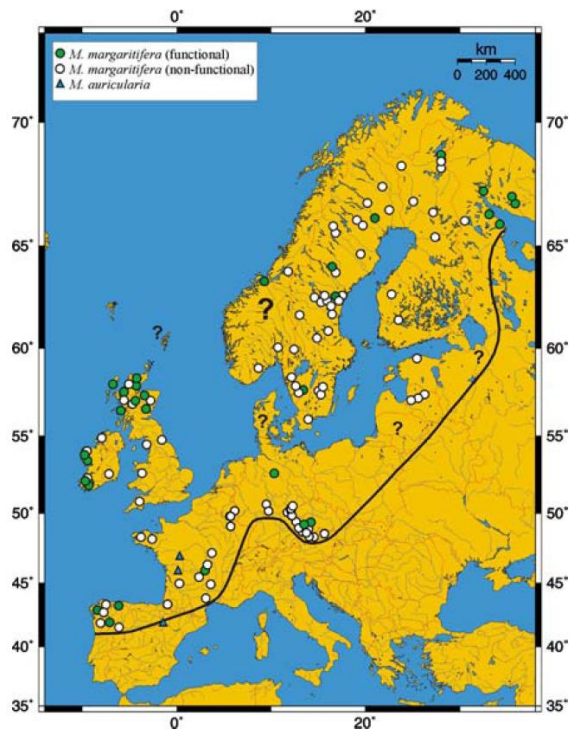


Abbildung 431: Flussperlmuschel-Populationen in Europa (grüne Kreise = Populationen mit > 20% juvenile Muscheln (< 20Jahre), weiße Kreise = Populationen mit keinem ausreichenden Anteil von Jungmuscheln, blaue Dreiecke = Populationen von *M. auricularia*, schwarze Linie = südliche Verbreitungsgrenze von *M. margaritifera*) (Quelle: GEIST, 2010).



Abbildung 432: Juvenile Flussperlmuschel aus dem Naarn Einzugsgebiet aus eigener Nachzucht (Alter: 2,5 Jahre).

15.1. Kurzcharakteristik Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*)

Die Flussperlmuschel besiedelt die Ober- und Mittelläufe kalkarmer, sauerstoffreicher, nährstoffarmer und kühler Bäche oder Flüsse der Mittelgebirge und Niederungen. Die Verbreitung ist auf Gewässer beschränkt, die silikatischen, äußerst kalkarmen Gebirgen entspringen. Die Perlmuschelhabitate sind daher weiche, kalkarme Gewässer mit zumeist relativ hohem Gehalt an schwer abbaubaren Huminsäuren.

An diese Verhältnisse angepasst, ist die Flussperlmuschel damit auf Gewässer mit sehr niedrigem Nährstoffgehalt und geringem Kalzium- und Magnesiumgehalt angewiesen. Besonderen Stellenwert hat in diesem Zusammenhang die Umlandbeschaffenheit, vor allem die unmittelbar angrenzenden Flächen, welche in den Oberläufen von Fließgewässern die wichtigste Nahrungsquelle darstellen. Natürliche oder extensiv genutzte (vernässte) Wiesenflächen in den Talböden und naturnahe Laub- oder Laubmischwaldbestände bilden eine gute Nahrungsbasis. Großen Einfluss haben daher naturgemäß die forst- und landwirtschaftliche Bewirtschaftung des Einzugsgebietes sowie die direkte Umlandnutzung entlang der Gewässer generell, die wesentlich die Lebensbedingungen und vor allem auch die Nahrungsgrundlage der Flussperlmuschel beeinflussen.

Darüber hinaus zeichnen sich intakte Flussperlmuschelgewässer vor allem auch durch einen guten Bachforellenbestand mit natürlicher Populationsstruktur aus, da diese Fischart im Lebenszyklus der Flussperlmuschel eine wesentliche Rolle spielt.

Die Flussperlmuschel hat im Laufe der Evolution eine komplizierte Fortpflanzungsstrategie entwickelt. Die Weibchen tragen bis zu 10 Millionen Eier, aus denen sich nach der Befruchtung mikroskopisch kleine Muschellarven, sogenannte Glochidien, entwickeln. Im Spätsommer werden die Larven der gesamten Population kollektiv ins umgebende Wasser ausgestoßen. Jene Muschellarven die in den Kiemenraum von Forellen gelangen, werden dort überwachsen und überdauern so den Winter. Im Frühsommer fallen die Jungmuscheln von den Wirtsfischen ab und gelangen danach auf den Gewässergrund. Die anschließende juvenile Phase von 5 bis 10 Jahren verbringen die Muscheln im Interstitial (Abbildung 432). Danach ist die Oberfläche der Gewässersohle ihr Lebensraum, wo sie Nahrung aus der fließenden Welle filtern. Ab einem Alter von etwa 15 bis 20 Jahren nehmen die Tiere am beschriebenen Reproduktionsgeschehen teil. Insgesamt kann diese Muschelart ein Alter von bis zu 120 Jahren erreichen.

Die Lebensraumbedingungen in der Phase als Jungtiere im Interstitial konnte in verschiedenen Studien als der limitierende Faktor identifiziert werden (vgl. Scheder et al., 2015; Geist, 2010). In Scheder et al. (2015) konnte die Existenz einer oberflächennahen Barriere im Gewässerbett, der im Mühlviertel untersuchten Gewässern, nachgewiesen werden. Durch die kolmatisierte Sohle wird ein ausreichender Austausch zwischen fließender Welle und dem Wasserfluss im Interstitial verhindert. Dies führt zu unnatürlichen Konzentrationen verschiedener Stoffe und einer zu geringen Sauerstoffversorgung. Ebendiese Sauerstoffversorgung ist nach internationaler wissenschaftlicher Erkenntnis in den meisten Flussperlmuschelgewässern in Mitteleuropa zurzeit nicht ausreichend gegeben (z.B. Geist, 2010; Scheder & Gumpinger, 2008; Scheder et al., 2015).

Demgegenüber steht zusätzlich der Einfluss der Versandung. In den Sandakkumulationen herrscht zwar eine gute Sauerstoffversorgung. Sie sind aber aufgrund der Mobilität weder für juvenile noch für adulte Flussperlmuscheln ein geeigneter Lebensraum.

Gute Überlebensraten in Käfigen in der freien Welle lassen den Schluss zu, dass die grundsätzliche Wasserqualität in den Bächen des Mühlviertels und Bayerischen Waldes ein Überleben der Jungmuscheln zulässt, diese aber aufgrund der Sedimentbedingungen die erste Lebensphase auf natürlichem Wege nicht überstehen können (vgl. Gstöttenmayr et al., 2015; pers. Mitt. Elender F.).

15.2. Methodik

Der Aspekt der Anforderungen der Flussperlmuschel an ihren Lebensraum erweitert das Projekt neben dem Makrozoobenthos um eine weitere wesentliche biologische Komponente, die unmittelbar die Gewässersohle als Lebensraum nutzt und äußerst sensibel auf Beeinträchtigungen im Feststoffhaushalt reagiert.

Eigene Vor-Ort Untersuchungen zur Flussperlmuschel wurden nicht durchgeführt. Zum einen da die vorkommende MZB-Fauna auch Rückschlüsse auf die Eignung als Muschellebensraum zulässt (Ofenböck, 1997) und zum anderen da bereits umfangreiche Muscheldaten vorliegen, von deren integrierter Betrachtung im Zusammenhang mit den umfassenden Projektergebnissen bereits Erkenntnisse zu erwarten sind.

Es wurden bereits in der Vergangenheit vom Technischen Büro für Gewässerökologie (www.blattfisch.at) aus der Literatur und anderen Projekten bekannte Daten bezüglich der Flussperlmuschel in einer Datenbank zusammengeführt und nunmehr im Zuge des Projekts ergänzt und neben den vorhandenen Grundlagendaten und den Informationen aus der Kartierung ebenfalls in ein geografisches Informationssystem übertragen. Die Datenlage reicht dabei von historischen Quellen um 1900 bis zu aktuellen Fundpunkten. Im Anschluss daran fand eine Verschneidung dieser Daten statt. Für vertiefende Analysen wurden 49 Muschelhinweise (Funde und Nicht-Funde) in den Einzugsgebieten von Erlau, Kleiner und Großer Mühl sowie Waldaist herangezogen, da hier das flächendeckendsten Wissen über die Bestände im Untersuchungsgebiet vorliegt.

Die Erkenntnisse aus dieser Datenverarbeitung sind darüber hinaus als Basiswissen für die Ursachenanalyse sowie die Maßnahmenkonzeptionierung zu sehen.

15.3. Zusammenfassende Bestandsanalyse

Die Situation der Flussperlmuschel hat sich in Oberösterreich und in Bayern – wie in weiten Teilen West- und Mitteleuropas – in den vergangenen Jahren drastisch verschlechtert. Während die Muschel noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts in enormen Dichten die Bäche und Flüsse der Böhmisches Masse besiedelt hat, ist ihr Vorkommen heute nur noch auf einige wenige Restpopulationen beschränkt. Trotz intensiver Bemühungen, die Flussperlmuschelbestände zumindest stabil zu halten, nimmt sowohl die Zahl der Populationen als auch die Zahl der Tiere innerhalb der noch erhaltenen Muschelbänke fortlaufend ab.

Neben dieser Grundtendenz muss aber auch berücksichtigt werden, dass in den verschiedenen Gewässern ein sehr unterschiedlicher Wissensstand vorliegt. So konnten in den letzten Jahren auch eher überraschende Muschelfunde z.B. im Unterlauf der Naarn oder in den südlich der Donau gelegenen Gewässersystemen (Sauwald) verzeichnet werden. Nachstehend wird auf die Situation der Flussperlmuschel in den Untersuchungsgewässern und darüber hinaus eingegangen.

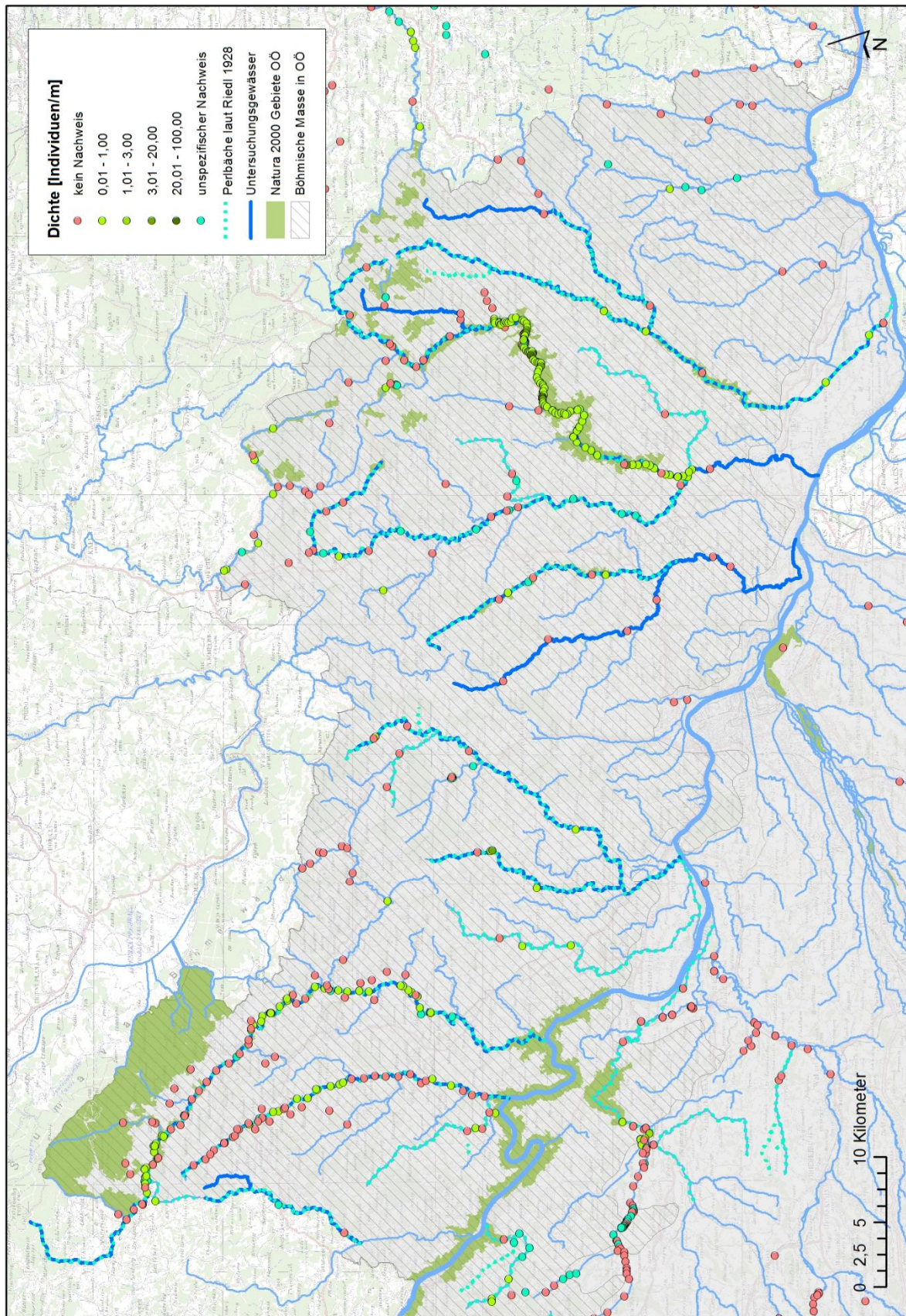


Abbildung 433: Übersicht über die Muscheldaten aus diversen Literaturquellen und Projekten 1900 bis 2015.

15.3.1. Naarn-System

In der Naarn sind Muschelvorkommen nur aus der Kleinen Naarn aus dem Jahr 1991 (Moog et al., 1993) sowie erstaunlicherweise aus dem regulierten Unterlauf der Naarn bekannt. Im Unterlauf konnten im Zuge der Umbauarbeiten für den Machlanddamm Flussperlmuscheln durch das Technische Büro für Gewässerökologie geborgen und in unbeeinträchtigte Gewässerabschnitte verbracht werden. Darunter auch bedeutende Mengen an jüngeren Exemplaren.

Darüber hinaus gibt es Hinweise für ein Reliktvorkommen im Mittellauf zwischen der Regulierungsstrecke in Perg und dem Zusammenfluss von Großer und Kleiner Naarn. Lediglich in der Großen Naarn gibt es derzeit keine Nachweise und auch keine Hinweise für ein Vorkommen der Flussperlmuschel.

Die Naarn ist jedenfalls trotz ihrer Versandung ein für den Flussperlmuschelschutz sehr interessantes Einzugsgebiet. Bereits bisher gibt es hier eine sehr gute Zusammenarbeit mit dem Gewässerbezirk Linz bei baulichen Eingriffen in die Naarn. Diese Kooperation soll in jedem Fall so weiter geführt werden. Auch Nachzuchtbemühung für die Naarn-Population von *M. margaritifera* haben erste Jungmuscheln hervorgebracht (siehe z.B. Gstötenmayr et al., 2015).

15.3.2. Aist-System

Im Aist-System liegt im Bezug auf die Flussperlmuschel der Fokus klar auf der Waldaist. Hier sind die größten Restbestände der Flussperlmuschel in Oberösterreich bekannt. Die Populationen sind jedoch deutlich überaltert, da die Reproduktion bzw. das Überleben der Jungmuscheln seit mehreren Jahrzehnten nicht mehr funktionieren dürfte.

Da das Aistsystem eine erhebliche Bedeutung für den Muschelschutz in Oberösterreich aufweist, wurde bei der Begehung auch der Aspekt Habitateignung Flussperlmuschel mitaufgenommen (Abbildung 434). Auf den Aspekt der Versandung in diesem Zusammenhang wird im Kapitel Kartierung detaillierter eingegangen.

Es zeigt sich das die größeren zusammenhängenden Abschnitte, die eine potentielle Eignung für die Flussperlmuschel aufweisen, flussauf von Reichenstein oberhalb der Kateraktstrecke und im Bereich St. Leonhard liegen. Dies überschneidet sich auch mit den noch bekannten Vorkommen der Muschel in der Waldaist.

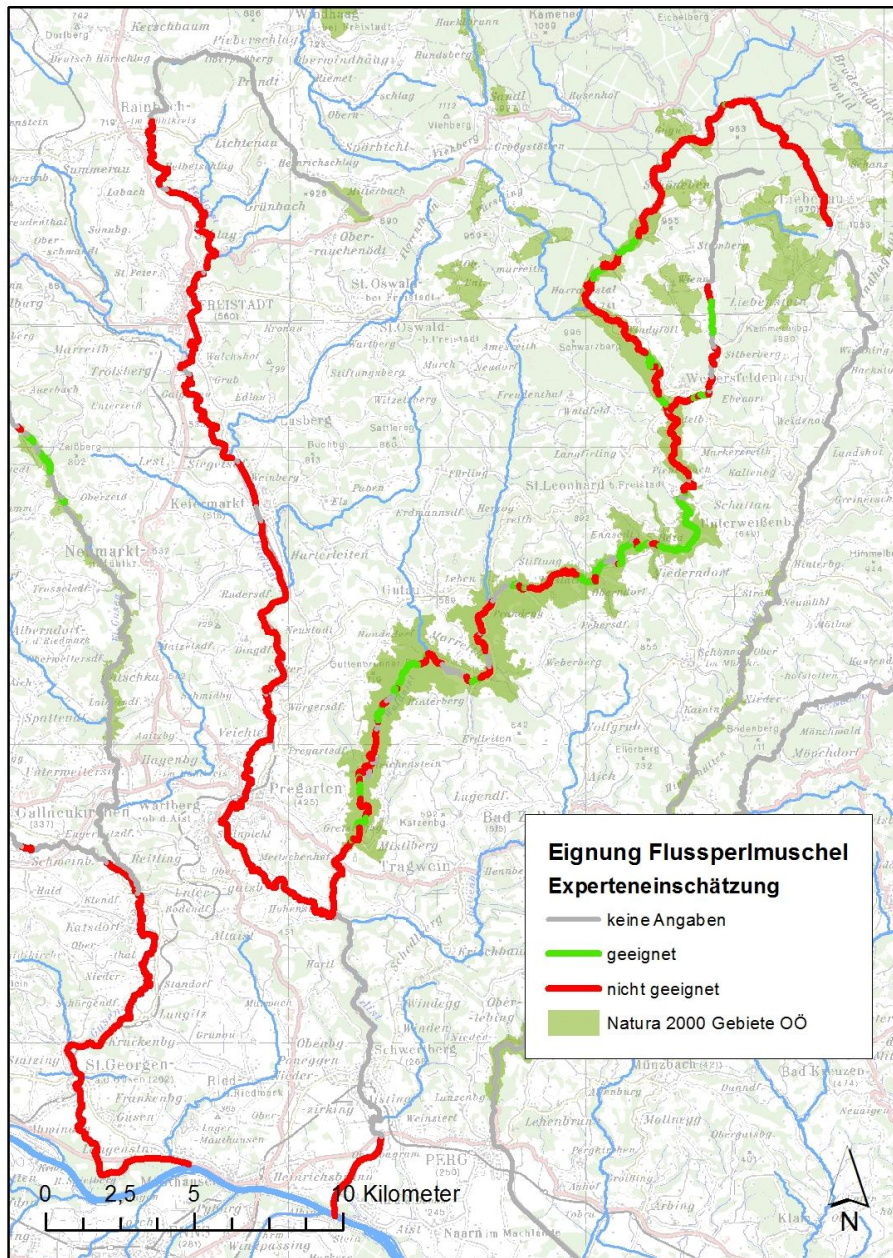


Abbildung 434: Im Zuge der Kartierung getroffene Experteneinschätzung hinsichtlich der Habitateignung für die Flussperlmuschel im Aist-Einzugsgebiet.

Bei der Kartierung im Längsverlauf der Feldaist wurde kein einziger Abschnitt ausgewiesen, der eine Eignung als Perlmuschelhabitat aufweist. Dies liegt neben der massiven hydromorphologischen Überprägung an der sehr deutlichen Sand-, Feinsediment- und auch organischen Belastung in diesem Fließgewässer. Während die Feldaist historisch noch als bedeutendes Muschelgewässer genannt wird (z.B. Riedl, 1928), sind die letzten neueren Nachweise aus dem Jahr 1991 (Moog et al., 1993) nur noch Einzelfunde aus dem Oberlauf flussauf von Rainbach.

15.3.3. Gusen-System

Im Gusensystem wurden bereits von Riedl (1928) nur die Kleinen Gusen als muschelführend bezeichnet. Auch aus den letzten Jahrzehnten gibt es keine Hinweise für Flussperlmuscheln in der Großen Gusen. In der Kleinen Gusen konnten zwar in den 1980er Jahren noch größere

Muschelvorkommen beobachtet werden (pers. Mitt. Gillinger F.), aktuell scheint die Muschel aber auch hier nahezu oder bereits gänzlich verschwunden zu sein.

Auch im Gusen-System wurde bereichsweise die Eignung für die Flussperlmuschel bei der Kartierung mitaufgenommen (Abbildung 435). Dabei hat sich gezeigt, dass im System der Kleine Gusen nur ein längerer und sehr naturnaher Abschnitt bei Pemsedt als aussichtsreichster Bereich für eine etwaige Nachsuche eingestuft werden kann. Überall sonst dürfte aufgrund der Sand- und Feinsedimentsituation sowie durch die organische Belastung ein Muschelvorkommen eher auszuschließen sein.

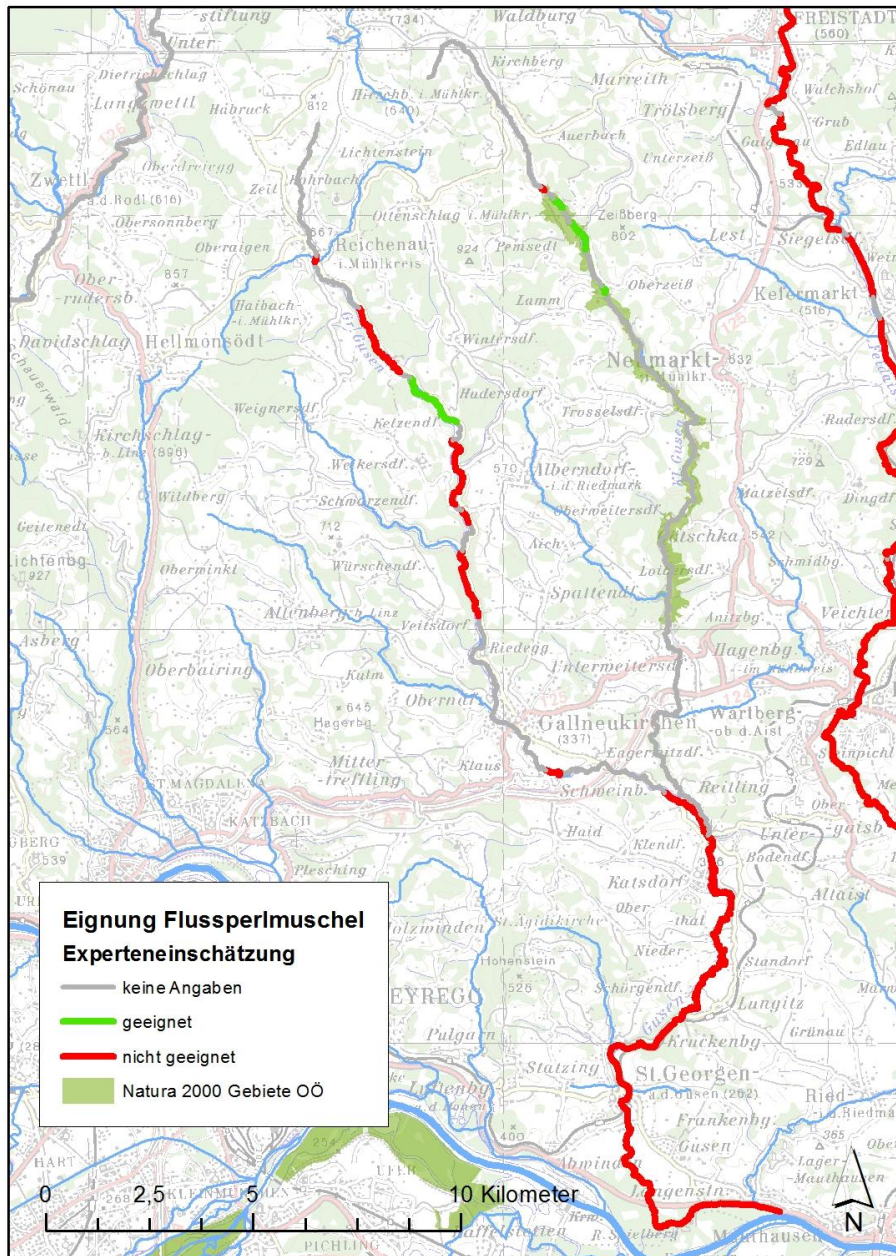


Abbildung 435: Im Zuge der Kartierung getroffene Experteneinschätzung hinsichtlich der Habitateignung für die Flussperlmuschel im Gusen-Einzugsgebiet.

15.3.4. Rodl

Im Gewässersystem der Rodl herrscht bezüglich der Flussperlmuschel eine eher dürftige Datenlage. Grundsätzlich sind hier jedoch nicht so schlechte Ausgangsbedingungen durch einen relativ geringen Grad an Versandung und das Vorhandensein naturnahe Bereiche gegeben.

Muschel-Nachweise gibt es eher aus den Zuflüssen wie dem Distelbach (versch. Nachweise 2000 bis 2003) und der Kleine Rodl. In dieser gibt es mehrere Nachweise aus dem Jahr 1991 (Moog et al., 1993). Im Zuge dieser Studie gelang auch ein Einzelfund im Mittellauf der Großen Rodl. Das Potential für *M. margaritifera* scheint aber jedenfalls in den eher kleineren Zuflüssen zu liegen.

15.3.5. Große Mühl und Kleine Mühl

Zur Bestandssituation der Flussperlmuschel in der Großen und auch in der Kleinen Mühl darf auf die Arbeiten von Hanneschläger (2001) und Csar & Gumpinger (2009) verwiesen werden. In diesen beiden Studien wurden sehr umfassend die abiotische Ausgangslage und die Populationsentwicklung dargelegt (Abbildung 436 und Abbildung 437).

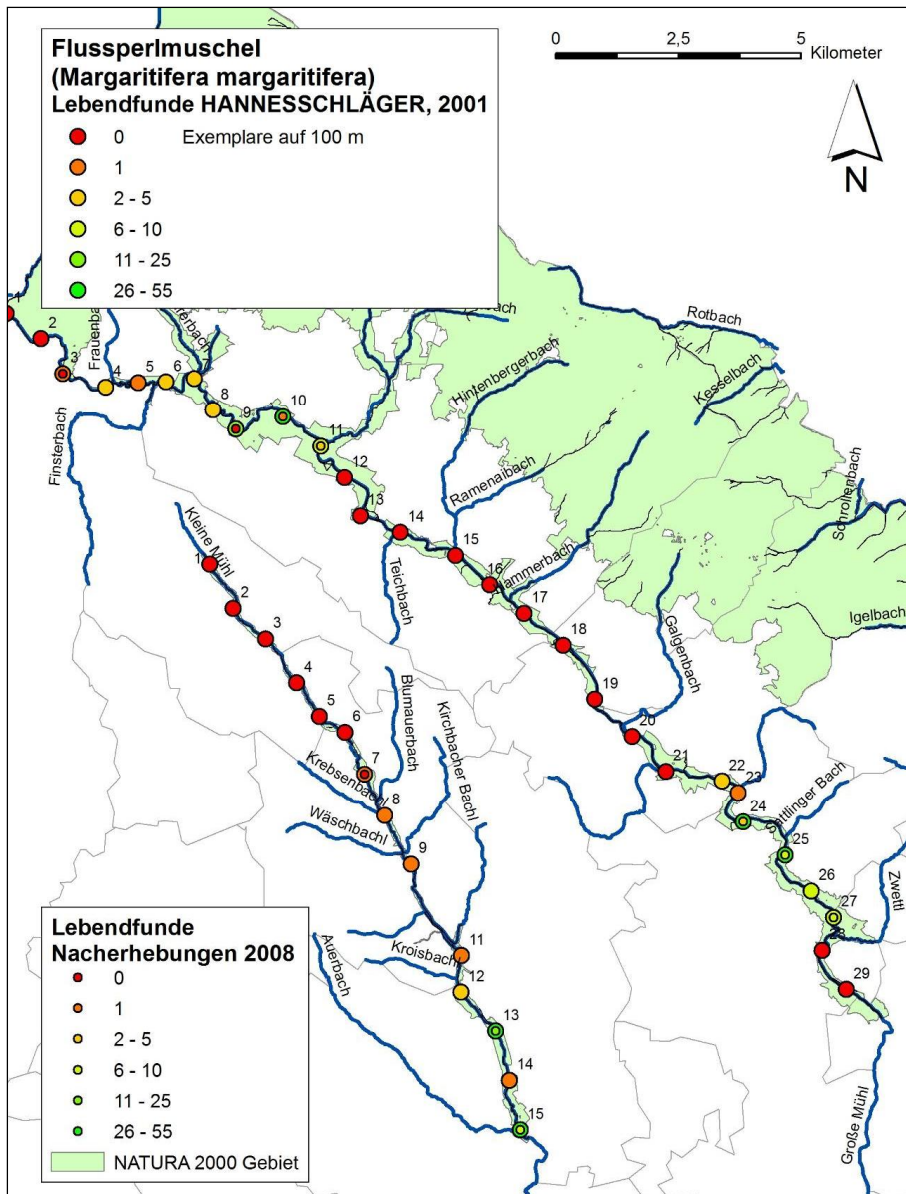


Abbildung 436: Populationsdichte von Flussperlmuscheln im Längsverlauf der Kleinen und Großen Mühl innerhalb der Schutzgebietsgrenzen (Referenzdaten sowie Nummerierung der Probestrecken nach HANNESCHLÄGER 2001; Kartengrundlage: Land Oberösterreich; große Kreise: Referenz; kleine Kreise: aktuell) (Quelle: Csar & Gumpinger, 2009).

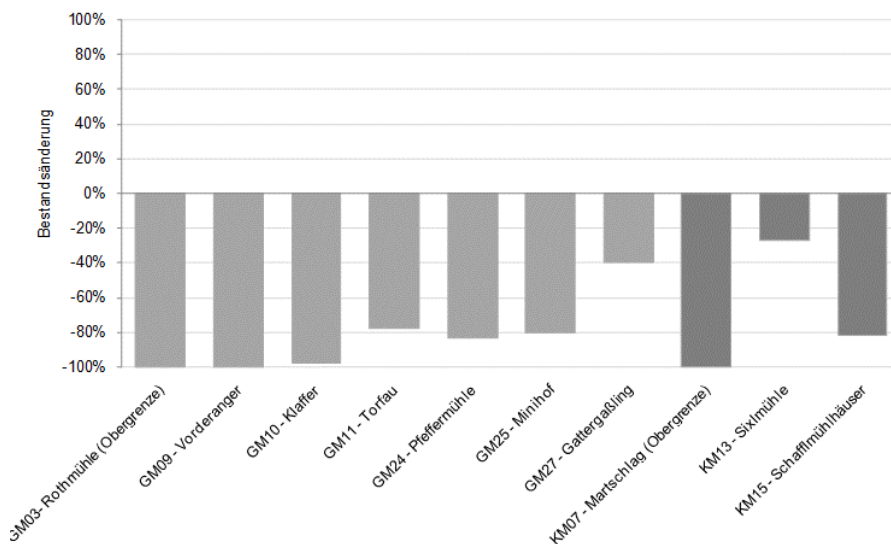


Abbildung 437: Bestandsänderung in den Referenzstrecken in Prozent (hellgraue Balken: Große Mühl; dunkelgraue Balken: Kleine Mühl)(Quelle: Csar & Gumpinger, 2009).

Klar ersichtlich wird dabei, dass in den beiden Mühl-Systemen nur noch sehr kleine Restbestände vorhanden sind, die auch einer deutlich negativen Tendenz unterliegen.

Potential als Muschellebensraum haben im Bereich der Großen Mühl dabei noch am ehesten die naturnahen Bereiche flussauf von Ulrichsberg und bei St. Oswald bei Haslach. In der Kleinen Mühl scheint noch der Bereich flussauf von Götzendorf am besten geeignet um Restbestände von Flussperlmuschel zu beherbergen und Potentiale für zukünftige Naturschutzbemühungen zu beinhalten.

15.3.6. Osterbach

Für den Osterbach liegt eine recht eingeschränkte Datenlage vor. Riedl (1928) weist das Gewässer zwar als perlmuschelführend aus, bei der Untersuchung an einer Stelle 1991 (Moog et al., 1993) konnten jedoch keine Tiere nachgewiesen werden. Umso erfreulicher ist die Tatsache, dass im Zuge der Sedimentprobenahmen für das vorliegende Projekt ein Nachweise von einigen wenigen lebenden Flussperlmuscheln im Bereich Hanging gelungen ist. Es handelt sich dabei um einen stark versandeten aber auch noch sehr naturnahen Talmäanderabschnitt. Eine systematische Erfassung für dieses Gewässer wäre daher empfehlenswert.

15.3.7. Erlau

Bei der Erlau handelt sich unter anderem aufgrund der Flussperlmuschel um ein Natura 2000 - Gebiet. Daher wurde im Jahr 2005 (Schmidt & Wenz) auch eine sehr detaillierte Bestandsaufnahme durchgeführt. Es konnten im Zuge dieser Kartierungen 192 Muscheln festgestellt werden. Das Vorkommen konzentriert sich dabei auf den tiefer eingeschnitten Talbereich in der Nähe der Ortschaften Kelchham und Gosting flussab der größeren Staubereiche. Dieser Abschnitt zeichnet sich durch ein relativ steiles Gefälle aus und ist überwiegend dem Flachbett-Typ zuzuordnen. Wo die Muscheln am dichtesten vorkommen, wurde der Erlau eine nahezu natürliche Substratzusammensetzung attestiert. Aufgrund der Gefällesituation und der Sedimentation von Feinanteilen bei den flussauf gelegenen Querbauwerken konnte sich vermutlich diese Restpopulation noch halten. 2005 konnten sogar noch einige jüngere Tiere nachgewiesen werden. Die von SCHMIDT & WENZ zusammengetragenen historischen Daten zeigen jedoch einen eindeutig negativen Trend. Während in den 1980er Jahren der Bestand noch auf rund 5000 Tiere geschätzt wurde, konnten 2005

nur noch rund 200 Tiere nachgewiesen werden. Eine weitere negative Entwicklung seither ist zu befürchten, da in der Erlau auch eine recht deutliche Feinsedimentbelastung aus der intensiven agrarischen Nutzung im Oberlauf besteht.

15.3.8. Andere Perlmuschel-Gewässer in Österreich

Maltsch:

Für die Maltsch, die im Gegensatz zu den untersuchten Gewässern nicht in das Donau- sondern in das Elbeinzugsgebiet entwässert, liegen relativ gute Daten bezüglich des Flussperlmuschelbestandes und dessen Habitat- und Nahrungsbedingungen vor (vgl. Csar et al., 2010). Reliktbestände finden sich vor allem im Bereich um Stiegersdorf. Es treten dort jedoch ebenfalls starke Versandungsprobleme auf. Erste Maßnahmenansätze, wie beispielsweise Sedimentationsbecken, wurden bereits auf einer konzeptuellen Ebene verortet (vgl. Gumpinger et al., 2012).

Pesenbach:

Die Datenlage im Bezug auf ein Vorkommen der Flussperlmuschel im Pesenbach-System ist äußerst schlecht. Aufgrund der Naturnähe vieler Abschnitte wäre diese Gewässer jedoch vermutlich in hohem Maße geeignet durch ein abiotisches Screening, das auf den Erkenntnissen dieser Studie basiert, Strecken zu identifizieren und dort eine gezielte Suche zu forcieren.

Gießenbach:

Der Gießenbach ist ein kleiner Zufluss der Donau im östlichen Mühlviertel. Hier sind seit dem Jahr 2000 mehrere Flussperlmuschelnachweise in unterschiedlichen Gewässerabschnitten gelungen.

Gewässer südlich der Donau:

Zum Teil recht große Bestände sind historisch auch aus den Bächen im südlich der Donau gelegenen Teil der Böhmisches Masse, dem sogenannten Sauwald bekannt. Auch aktuell finden sich beispielsweise im Sand- und Leitenbachsystem interessante Muschelvorkommen, wo es auch zu einer Durchmischung mit anderen Arten wie der Bachmuschel (*Unio crassus*) kommt. Zu den anderen Sauwaldbächen gibt es teilweise Muschelhinweise und etwas ältere Fachdaten. Auch hier wären systematische Erhebungen erstrebenswert, da die Einzugsgebiete teilweise nur sehr extensiv genutzt sind und damit gute Grundvoraussetzungen für die Flussperlmuschel gegeben sind.

Gewässer im niederösterreichischen Waldviertel:

In den Gewässern des niederösterreichischen Waldviertels wurden ebenfalls drastische Rückgänge in den letzten Jahren verzeichnet. Einige nennenswerte Restbestände finden sich vor allem im Kamp-System. Dieses Einzugsgebiet liegt überwiegend im Grobkornkristallin, wodurch es hier ähnlich wie im Naarn- und Aistsystem zu teilweise starken Versandungstendenzen kommt.

Speziell im Rahmen der bestehenden Naturschutz-Anforderungen der Europäischen Union und der bereits bestehenden Bundesländer- und Staatsgrenzen übergreifenden Natura-2000 Schutzgebiete wäre eine gemeinsame Lösungs- und Maßnahmenentwicklung sehr wünschenswert. In Bayern, Südböhmen, Oberösterreich und Niederösterreich treten in den Gewässern recht ähnliche Problemlagen zu Tage, eine Bündelung der Fachkompetenzen kann somit nur Vorteile bringen.

Mithilfe der nun vorliegenden Daten könnten auch Gebiete selektiert werden in denen eine systematische Muschelkartierung besonders lohnend erscheint. Vor allem in einigen kleineren Einzugsgebieten sind dahingehend noch Potentiale vorhanden.

15.4. Analyse hinsichtlich der Habitatansprüche

Grundsätzlich wurden bei der Kartierung Abschnitte mit einer hohen Naturnähe und einer damit einhergehenden hohen Strukturvielfalt von den Experten als geeignete Muschelhabitate eingestuft.

Darüber hinaus ist im Zusammenhang mit der Habitateignung eine eindeutige negative Korrelation mit erhöhten Anteilen von Sand und Feinsediment feststellbar. Derzeit ist es jedoch noch nicht eindeutig zuordenbar ob die Versandung oder die Feinsedimentbelastung den negativeren Einfluss auf die Bestände der Flussperlmuschel hat (siehe auch Abbildung 438 und Abbildung 439). Eingehendere Analysen dahingehend wurden ansatzweise für Abschnitte in der Waldaist, in der Großen sowie in der Kleinen Mühl und in der Erlau durchgeführt (Abbildung 438). Die Auswahl der Abschnitte erfolgte auf Basis der aktuellen Datenlage zur Flussperlmuschel. Die Betrachtungen werden nachstehend erläutert. Sie lassen grundlegende Tendenzen erkennen, sind aber nicht dazu angetan diese Frage umfassend zu beantworten.

Dafür sind verschiedene Rahmenbedingungen verantwortlich. Zum einen sind sowohl die bekannten Relikt-Muschelvorkommen wie auch die durchgeführten Sedimentanalysen sehr lokal begrenzt. Eine direkte Korrelation wäre nur dann herstellbar, wenn die Sedimentprobe direkt von den durch die Muscheln genutzten Mikrohabitaten entnommen worden wäre.

Problematisch stellt sich zum anderen auch die Tatsache dar, dass eigentlich keine oder nur ganz wenige ausreichend reproduzierende, das heißt vitale Bestände bekannt sind. Das Vorkommen von Adultmuscheln alleine weist nur eine eingeschränkte Aussagekraft bezüglich der grundsätzlichen Habitateignung auf, da offensichtlich nicht die Ansprüche aller Lebensstadien abgedeckt werden können.

Es sind jedoch durch die Betrachtungen jedenfalls Trends hinsichtlich der Situation der Flussperlmuschel im Zusammenhang mit der Sediment-Situation ableitbar.

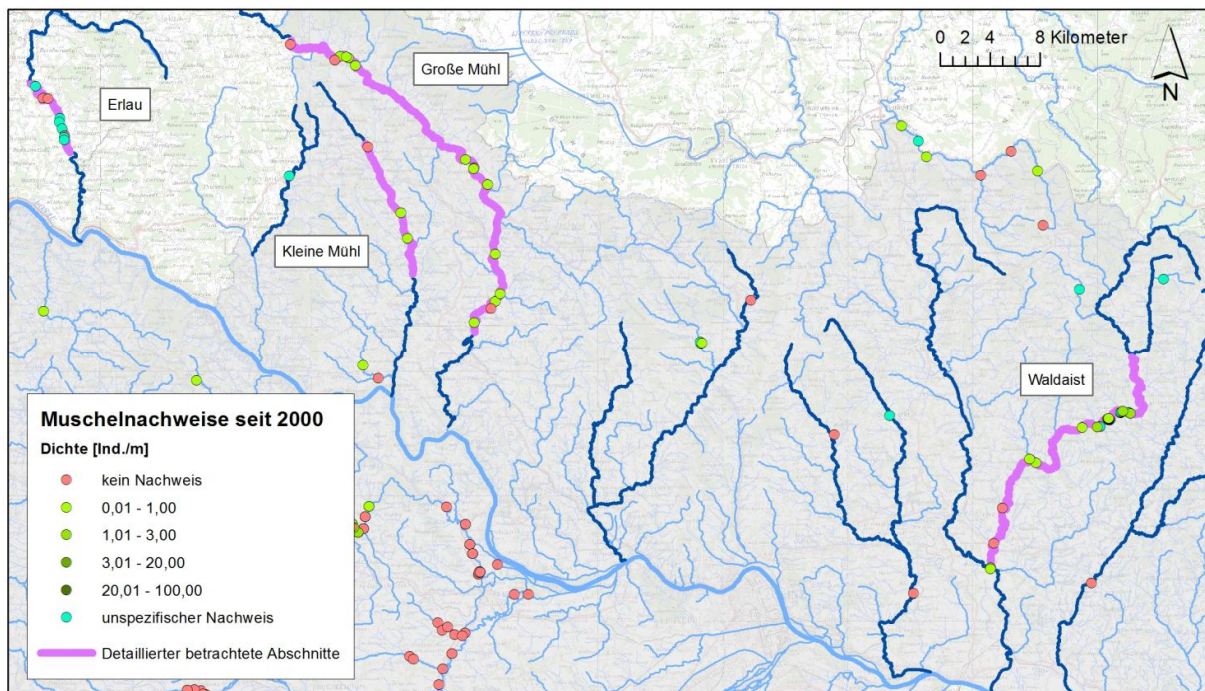


Abbildung 438: Detaillierter hinsichtlich der aktuellen Situation betrachtete Abschnitte.

Ob *M. margaritifera* grundsätzlich in einem Gewässer noch vorkommt oder nicht mehr liegt zunächst offenkundig an den Gesamteinzugsgebieten an sich. Speziell in intensiv genutzten Einzugsgebieten wie beispielsweise jenen der Feldaist oder der Gusen konnte sich Muschel, obwohl sie früher vorhanden waren, nicht halten. Die flache Landschaftsmorphologie führt dort zu intensiven menschliche Nutzungen und damit ungünstigen Hydromorphologie- und Sedimentverhältnissen.

Eine große Naturnähe und eine leichte Gefällesituation, die zur Ausprägung eines Flachbett-Typs führt, begünstigen vermutlich die Situation für die Flussperlmuschel. Vor allem die Randbereiche der eher flachen Talmäanderstrecken dürften früher auch gute Muschelhabitate gewesen sein. Diese sind aber die am deutlichsten von der Versandung und der Feinsedimentproblematik betroffenen Abschnitte.



Abbildung 439: Mobile Sandfronten drohen adulte Flussperlmuschel zu überdecken.

Abbildung 440: Feinsedimentablagerungen bedrohen neben den Adulttieren (siehe Bild) vor allem juvenile Flussperlmuscheln.

Die genauer betrachteten Abschnitte (Abbildung 438) weisen deutliche Unterschiede hinsichtlich ihres sedimentologischen Aufbaues auf. Auch die Situation der Flussperlmuschel muss etwas differenziert betrachtet werden, obgleich in allen vier Gewässersystemen nur mehr Reliktvorkommen vorhanden sind. Kartierungen in den letzten Jahren haben in der Kleinen und der Großen Mühl sowie in der Erlau einen drastischen Bestandesrückgang dokumentiert. In diesen Gewässern sind quasi nur noch Einzelfunde dieser Tiere möglich. Auch in der Waldaist ist mit Sicherheit von deutlichen Rückgängen auszugehen, in manchen Gewässerabschnitten finden sich aber zumindest noch etwas dichtere Bestände. Diese bestehen jedoch ebenso nur aus Adulttieren.

Betrachtet man die Zusammensetzung des Sediments im Durchschnitt der in den Abschnitten durchgeführten Siebanalysen gesamt sowie getrennt nach Ober- und Unterschicht zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Flusssystemen (Abbildung 441):

- **Kleine Mühl:** Dieses Gewässer weist im Durchschnitt das feinste Material von den vier Betrachtungsabschnitten auf, wobei ein deutlicher Unterschied zwischen dem oberflächlichen Material und jenem der Unterschicht besteht. Das Material im Untergrund ist gröber und weist einen geringeren Feinsedimentanteil auf.
- **Erlau:** Wie auch bei den Begehungen vor Ort ersichtlich, zeigt die Erlau zwar Ähnlichkeiten in der Korngrößenverteilung mit der Waldaist und der Großen Mühl, sie weist jedoch einen deutlich höheren Feinsedimentanteil (< 0,125 mm sowie auch Fraktionen bis 1 mm Durchmesser) auf. Dieser Feinsedimentanteil ist in der Unterschicht noch höher als in den Deckschichten.
- **Große Mühl:** Die Große Mühl führt auch viel grobes Geschiebe mit sich. Der Eindruck aus der Kartierung, dass dieses Gewässer verglichen mit anderen nicht so stark von der Versandung betroffen ist, bestätigt sich auch in diesem Vergleich. Jedoch ist der Anteil der feinsten

Fraktion < 0,125 mm im Vergleich zur Waldaist erhöht. Die Belastungen sind dabei lokal sehr unterschiedlich, im Bereich Ulrichsberg jedoch am deutlichsten ausgeprägt.

- **Waldaist:** In der grundsätzlichen Zusammensetzung unterscheidet sich das Sediment der Waldaist nicht sehr deutlich von jenem der Erlau oder der Großen Mühl. Im Vergleich treten jedoch die geringsten Mengen an der Fraktion < 0,125 mm auf und die Deck- und die Unterschicht weisen keine so großen Unterschiede auf wie in den anderen Gewässern. Dieser Umstand deutet auf eine besser intakte Sedimentdynamik hin.

Es kann vorsichtig angenommen werden, dass die etwas bevorzugte Sedimentsituation im Waldaist-System das Überleben der Restbestände der Flussperlmuschel begünstigt hat.

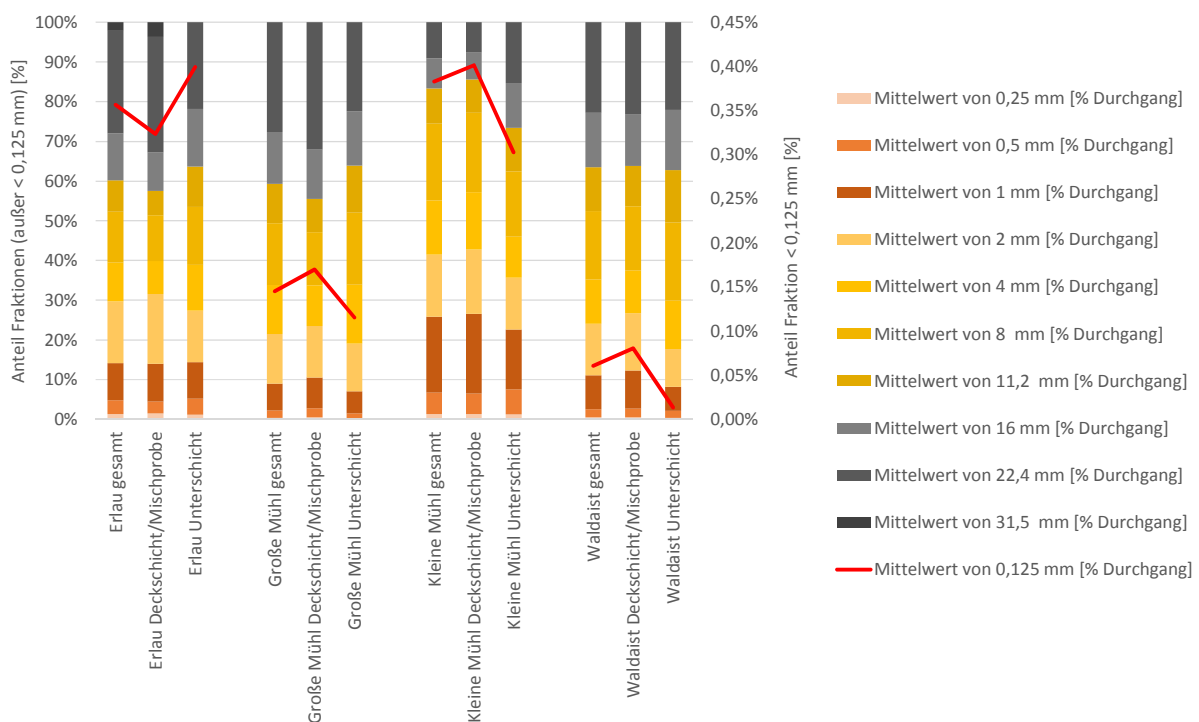


Abbildung 441: Vergleich der Sedimentzusammensetzung in den eingehender betrachteten Abschnitten.

Um eine detaillierteres Bild zu erhalten wurden sowohl der Anteil der feinsten Fraktion (< 0,125 mm) sowie die summierte Sandfraktion bis 2 mm aus den Deckschicht- bzw. Mischproben nach Flusskilometer dargestellt (0=Mündung). Das Gleiche wurde für die seit dem Jahr 2000 bekannten Muschelfunde bzw. dezidierten Nicht-Nachweise durchgeführt. Damit ergibt sich ein Bild der Änderungen über den Längsverlauf der Untersuchungsgewässer (Abbildung 442 bis Abbildung 445).

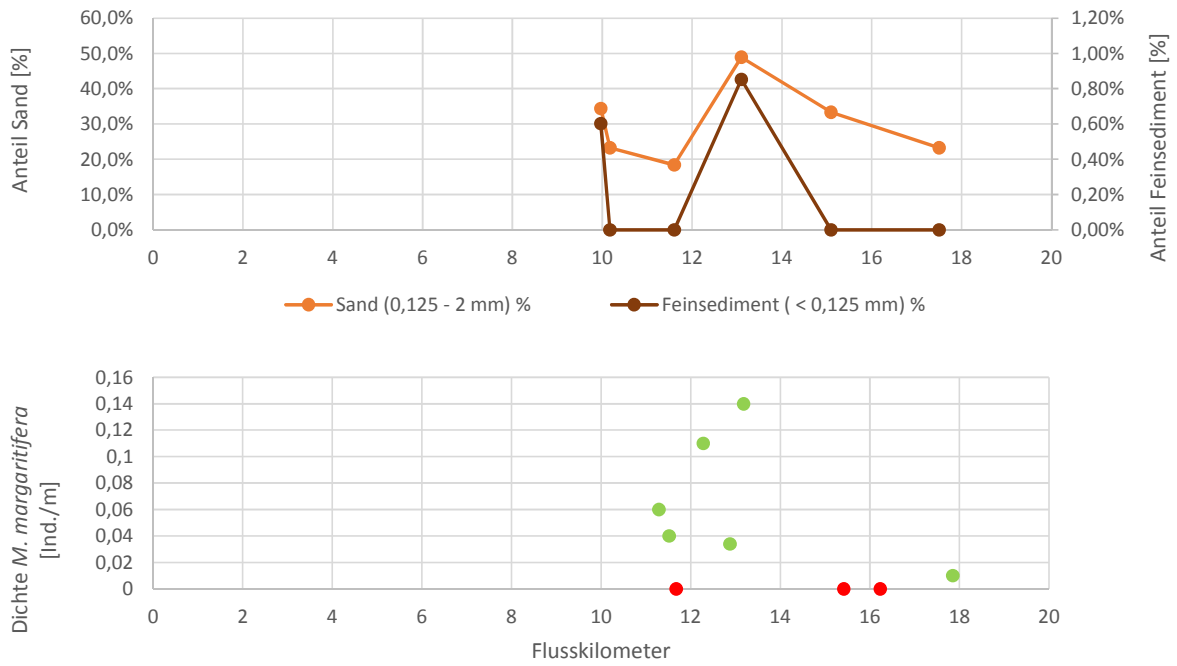


Abbildung 442: Situation in der Erlau hinsichtlich feinen Sedimentfraktionen (oben) und der Flussperlmuschelnachweise seit dem Jahr 2000 (unten: rote Punkte...Suche aber keine Nachweise, grüne Punkte...Nachweise der Flussperlmuschel in Individuen pro Laufmeter Fließgewässer).

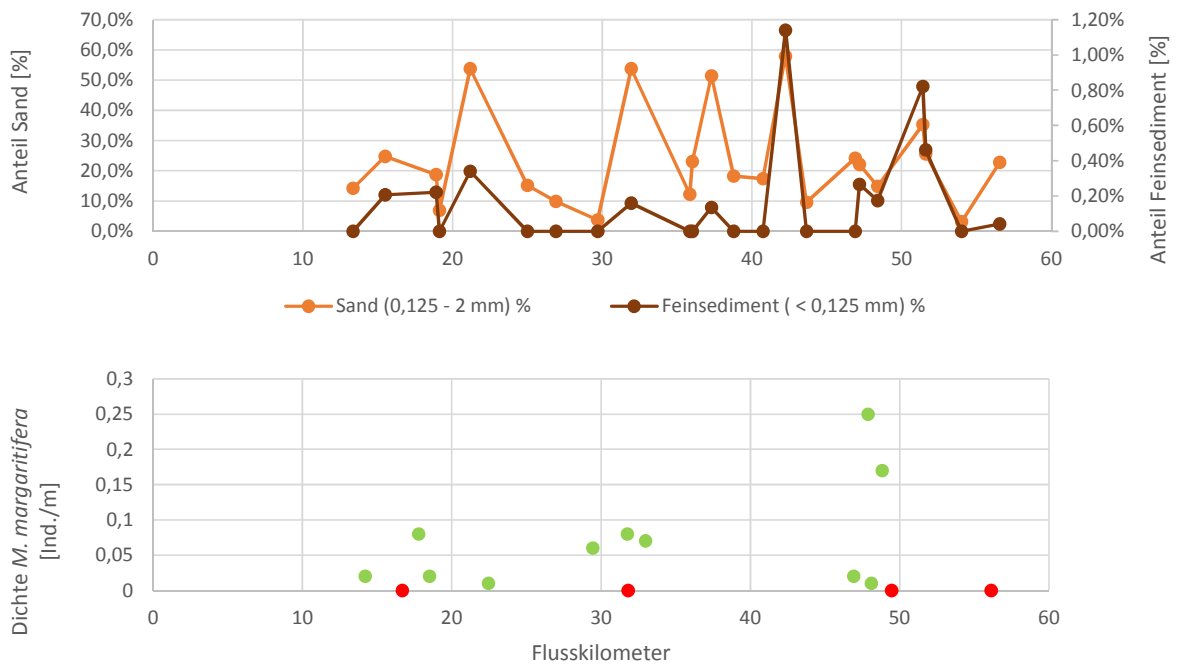


Abbildung 443: Situation in der Großen Mühl hinsichtlich feinen Sedimentfraktionen (oben) und der Flussperlmuschelnachweise seit dem Jahr 2000 (unten: rote Punkte...Suche aber keine Nachweise, grüne Punkte...Nachweise der Flussperlmuschel in Individuen pro Laufmeter Fließgewässer).

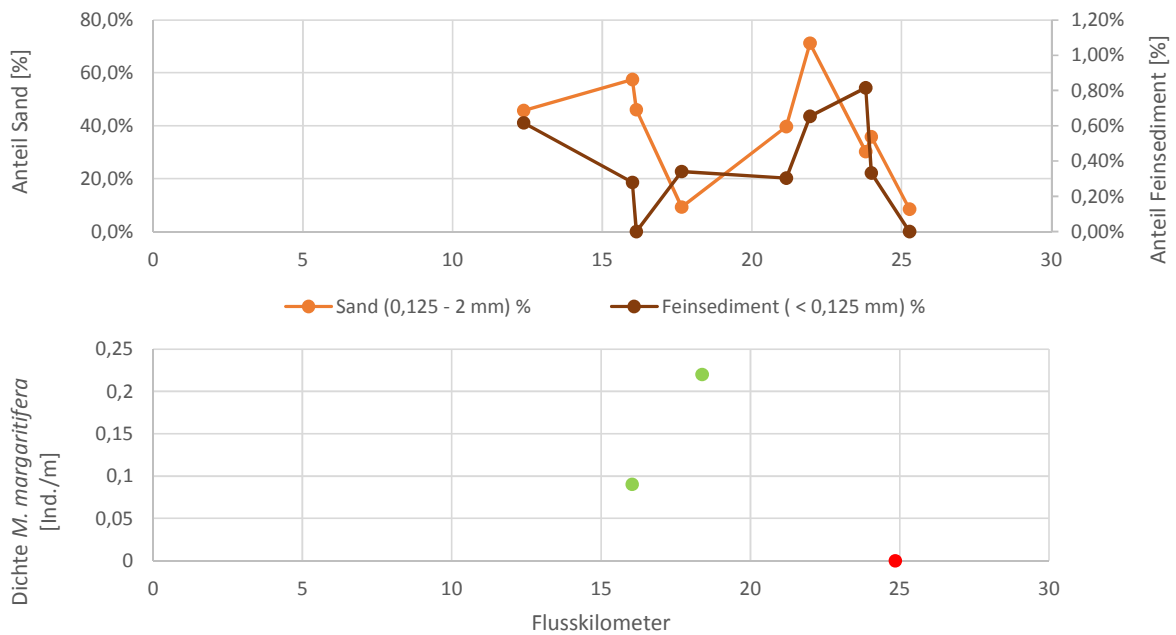


Abbildung 444: Situation in der Kleinen Mühl hinsichtlich feinen Sedimentfraktionen (oben) und der Flussperlmuschelnachweise seit dem Jahr 2000 (unten: rote Punkte...Suche aber keine Nachweise, grüne Punkte...Nachweise der Flussperlmuschel in Individuen pro Laufmeter Fließgewässer).

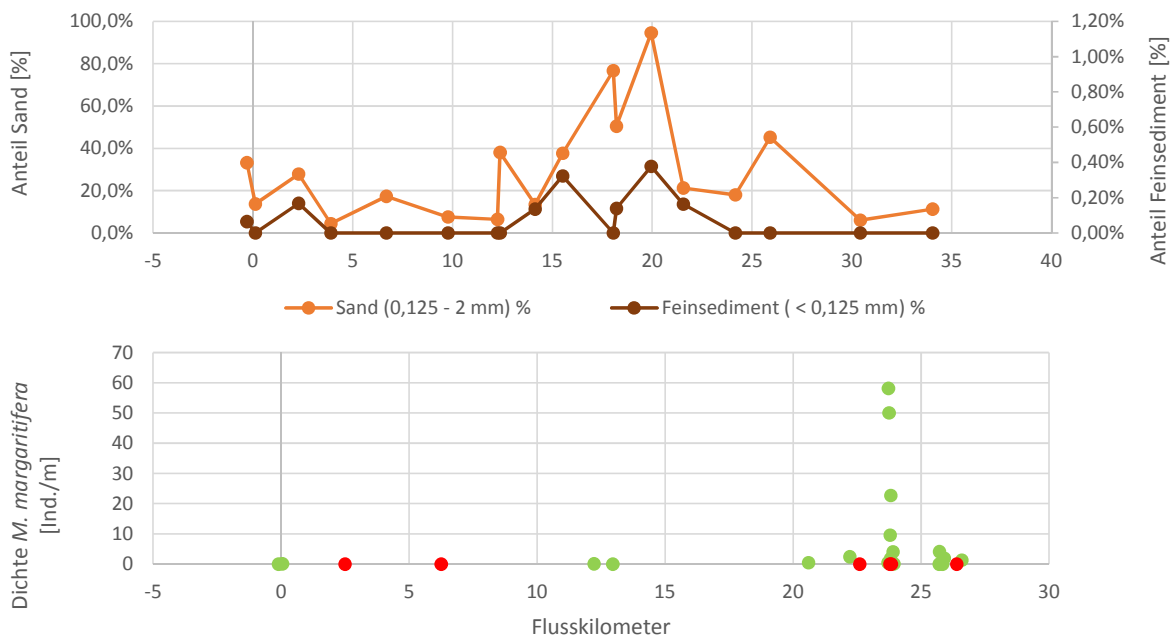


Abbildung 445: Situation in der Waldaist hinsichtlich feinen Sedimentfraktionen (oben) und der Flussperlmuschelnachweise seit dem Jahr 2000 (unten: rote Punkte...Suche aber keine Nachweise, grüne Punkte...Nachweise der Flussperlmuschel in Individuen pro Laufmeter Fließgewässer)(negative Werte X-Achse durch eine Probestelle unterhalb des Zusammenflusses mit der Feldaist).

Tendenziell kann aus der Betrachtung der Abschnitte geschlossen werden, dass es logischerweise einen gewissen Zusammenhang zwischen der Ablagerung von Sand- und Feinsedimentfraktionen gibt. Dieser ist jedoch nicht zwingend gegeben.

Die Gewässersysteme weisen deutlich Unterschiede hinsichtlich der feinsten Fraktion auf und auch lokal ergeben sich hier große Unterschiede (siehe dazu auch Höfler & Gumpinger, 2014).

Die noch bekannten Muschelvorkommen sind offenkundig vor allem durch das Fehlen oder einen sehr geringen Anteil an der Fraktion $< 0,125$ mm determiniert. Mehr als dies durch einen geringen Anteil die Sandfraktion der Fall ist.

Es wird als Arbeitshypothese davon ausgegangen, dass vor allem die sehr feinen Sedimente die Flussperlmuschel beeinträchtigen. Die massiven Rückgänge dieser Tiere in Erlau, Kleiner Mühl und Großer Mühl können mit großer Wahrscheinlichkeit den dortigen, durch die eher intensive Umlandnutzung auftretenden, Feinsedimenteinträgen zugerechnet werden. Feinsediment führt zu physikalischen und durch die angelagerten Stoffe auch chemischen Degradationen des Habitats und der physiologischen Prozesse der Muscheln. Darüber hinaus sind diese Einträge oftmals auch korreliert mit Wasserverunreinigungen aus Siedlungsbereichen und landwirtschaftlich intensiver genutzten Bereichen.

Auch in der Waldaist treten Versandungserscheinungen auf, das Material ist aber gröber und die sehr feinen Sedimente sind anteilmäßig deutlich geringer vertreten.

Wie bereits erwähnt, werden zukünftig mit Hilfe der umfangreichen Daten, die im Zuge dieses Projektes gewonnen werden konnten, noch vertiefender Analysen durchgeführt werden können. Speziell durch Verschneidung der vorliegenden Daten zur Sedimentsituation mit den Daten aus den im Zuge des Artenschutzprojektes Flussperlmuschel durch das Technische Büro für Gewässerökologie (www.flussperlmuschel.at) geplanten großflächigen Kartierungsarbeiten in den Natura 2000 - Gebieten Naarn und Aist, sind vertiefende Erkenntnisse zu erwarten. Damit sind auch gesicherte statistische Auswertungen in großem Umfang möglich. Auf diese muss im Rahmen des vorliegenden Berichts noch verzichtet werden.

15.5. Die Flussperlmuschel im Zusammenhang mit der Maßnahmenumsetzung

Der konkreten Maßnahmenplanung übergeordnet ermöglichen folgende Hinweise und Anregungen eine mit dem Flussperlmuschelschutz akkordierte Vorgehensweise im Untersuchungsgebiet:

- Maßnahmen zum Sedimentmanagement sind als überwiegend auch positiv für die aquatische Ökologie und damit die Flussperlmuschel einzuschätzen, wenn eine leitbildkonforme Umsetzung forciert wird und eine fachliche Abklärung diesbezüglich stattfindet.
- Trockenbaggerungen sind Nassbaggerungen vorzuziehen. Werden Sedimententnahmen aus benetzten Bereichen geplant, sind diese örtlich zu begrenzen und die Standorte sorgfältig zu prüfen.
- Langfristigen Perspektiven sollte bei der Maßnahmenumsetzung der Vorzug gegenüber kurzfristigen „Symptombehandlungen“ gegeben werden. Teilweise bedeutet das zwar für den Naturschutz kurzfristig massivere Eingriffe, z.B. bei Renaturierungsmaßnahmen, damit wird aber die Habitatsicherung und -wiederherstellung langfristig in den Vordergrund gestellt. Hilfreich können hier auch Vorgehensweisen sein, die eine mehrjährige Umsetzung zulassen. Wird beispielsweise nach der Anlage eines neuen Bachlaufes eine ein- bis zweijährigen Regenerationsphase vor der Flutung eingeplant, ist mit weniger gravierenden Feinmaterial-Abschwemmungen zu rechnen.
- Bei Eingriffen in die Gewässer, in denen ein Flussperlmuschelvorkommen vermutet werden kann, sollte jedenfalls eine fachlich versierte Person mit der ökologischen Bauaufsicht betraut werden. Grundsätzlich sind Arbeiten in und an Gewässern mit den Naturschutzbehörden und einer eventuell vorhandenen Gebietsbetreuung (Natura 2000 - Gebiete) abzustimmen.
- Eine Einbindung des Natur- und speziell des Muschelschutzes bringt verträgliche, langfristige Lösungen und kann aufgrund der naturschutzfachlichen Stellung der Flussperlmuschel Finanzmittel mobilisieren.

16. Vorschläge für Grundsätze des Feststoffmanagement

Das abschließende Kapitel „Vorschläge für Grundsätze des Feststoffmanagements“ fasst nochmals alle wesentlichen Ursachen der Versandung der Fließgewässer der Böhmisches Masse zusammen. Es wird dabei neben der Sicherheit der Aussagen zu den Ursachen, auch der Anteil an der Versandungsproblematik und die räumliche Größenordnung der Einflussnahme bewertet. Auf diesen Ursachen aufbauend erfolgt in einem zweiten Teil ein Vorschlag für mögliche Sanierungsmaßnahmen, wobei hier zwischen Sofortmaßnahmen und Maßnahmen zur nachhaltigen Verbesserung unterschieden wird.

16.1. Zusammenfassung der Ursachen

Wie die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete bereits deutlich zeigen, sind die Ursachen für die zunehmende Versandung der Fließgewässer der Böhmisches Masse vielfältig. In diesem Teil des Berichts wird nochmals auf einige der wesentliche Punkte eingegangen bzw. eine Zusammenfassung in Bezug auf die zeitliche Entwicklung der Ursachen der Versandung gegeben. Ein skalenorientierter Zugang soll die Bedeutung der einzelnen Ursachen im Projektgebiet festlegen. Diese Bewertung beinhaltet die generelle Aussagekraft (Übertragbarkeit zwischen den Flusssystemen) und die Größenordnung in Bezug am Anteil an der Versandungsproblematik.

16.1.1. Auswirkungen der Globalen Erwärmung

Sicherheit der Aussagen: **sehr hoch**

Anteil an Versandungsproblematik: **sehr hoch**

Skalenbetrachtung: **gesamtes Projektgebiet**

Die Auswirkungen der Globalen Erwärmung zeigen mit einem Anstieg der Temperatur im Untersuchungsgebiet (Abbildung 446) eine deutliche Zunahme der Gebietsniederschläge. Dies wurde bereits ausführlich im Kapitel „Übertragbarkeit der Ursachen“ beschrieben. Ashmore & Church (2001) zeigten bereits in ihren Arbeiten aus Kanada, dass Veränderungen in der Flussmorphologie aber auch im Sedimenthaushalt großteils mit Prozessen des „Climate wettings“ in Verbindung stehen und nicht alleine durch „Global Warming“ hervorgerufen werden.

Generell ist festzuhalten, dass klimabedingte Veränderungen der Flussmorphologie sehr stark von den hydrologischen Veränderungen (Frequenz der Hochwässer, Veränderungen des hydrologischen Regimes) abhängen. In Hinblick auf den Feststoffhaushalt ist die Lage der Fließgewässer im Einzugsgebiet ein wesentlicher Faktor. Bei Fließgewässern in den Oberläufen der Einzugsgebiete kann es klimawandelbedingt vermehrt zu einer zeitlichen Verschiebung der Gletscherschmelze sowie zu einer Steigerung des Feststoffeintrags infolge des Abschmelzens des Permafrosts und der daraus resultierenden Hanginstabilitäten kommen. Bei Betrachtung der Sensitivität zeigt sich jedoch, dass Fließgewässer im Oberlauf bzw. Gerinne mit einem steilen Sohlgefälle, die als bettbildendes Material Grobkies und Blöcke aufweisen, nur eine geringe morphologisch / morphodynamische Sensitivität gegenüber Änderungen des Klimas zeigen.

Im Gegensatz zu den Fließgewässern in den Oberläufen, sind bei den untersuchten Fließgewässern der Böhmisches Masse Gletscherschmelze und ein Auftauen des Permafrosts kein Thema. Dennoch zeigen diese Fließgewässer eine stärkere Sensibilität in Hinblick auf die globale Erwärmung. Die Ursachen für die zunehmende Versandung, bedingt durch die Globale Erwärmung (und damit in

Verbindung stehende Climate Wetting), erfolgt jedoch nicht durch die Zunahme der (Stark-) Niederschläge alleine.

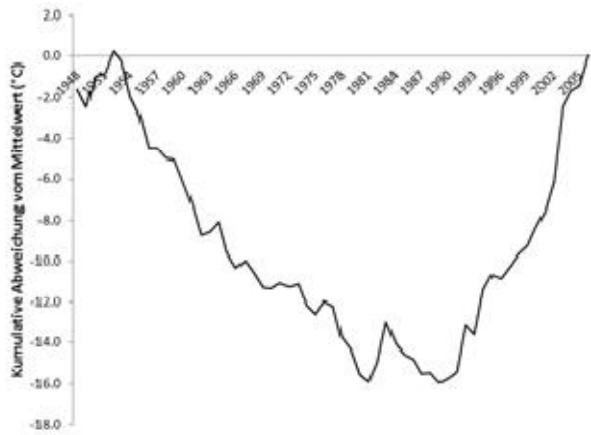
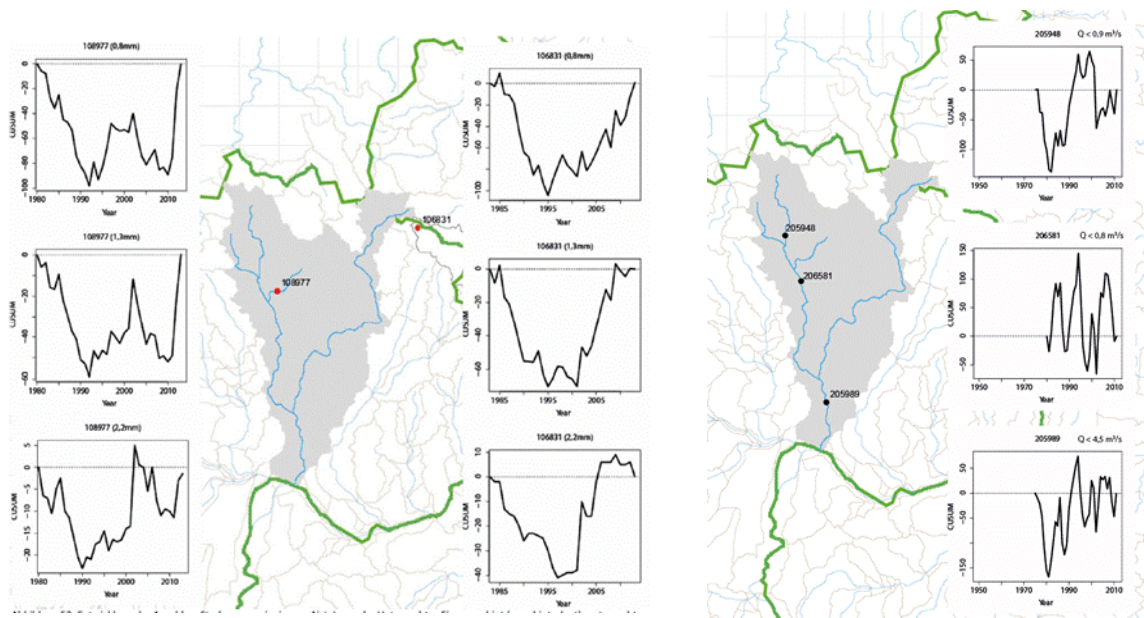


Abbildung 446: (a) Kumulative Abweichung vom Mittelwert für die Entwicklung der Jahresmittel im Untersuchungsgebiet (Station Kollerschlag / EZG Kl. Mühl).

Die Ursachen sind durch Veränderung der Niederschlags- Abflussverhältnisse begründet (Abbildung 447). Lokal auftretende Starkniederschläge verursachen nur eingeschränkt erhöhte Wasserstandsführungen in den Vorflutern. Somit tritt zwar ein erhöhter Feststoffeintrag auf, der Abtransport erfolgt aber nicht in gleichem Maße. Dies konnte durch Trendanalysen in Bezug auf die transportwirksamen Abflüsse gezeigt werden (Abbildung 447). Durch diese Entkoppelung des Eintrags und den Möglichkeiten des Weitertransportes ist eine kontinuierliche Akkumulation des Versandungsmaterials im gesamten Einzugsgebiet gegeben.



(a)

(b)

Abbildung 447: (a) Kumulative Abweichung vom Mittelwert für Starkniederschläge im Einzugsgebiet der Aist, (b) Kumulative Abweichung vom Mittelwert für die transportwirksamen Abflüsse im Einzugsgebiet der Aist.

16.1.2. Geologie und Bodenaufbau

Sicherheit der Aussagen: **sehr hoch**

Anteil an Versandungsproblematik: **tlw. hoch**

Skalenbetrachtung: **gesamtes Projektgebiet**

Die Bewertung der Verwitterung des Festgesteins ist neben der hydraulisch bedingten Erosion, Transport und Ablagerung ein weiterer wichtiger Faktor für die Eingrenzung und Unterteilung von Ursachen und ihrer Bedeutung am tatsächlichen Feststoffaufkommen. Hier wurden am Institut für Angewandte Geologie (IAG) an der Universität für Bodenkultur Wien, die im Untersuchungsgebiet vorkommenden lithologischen Hauptgruppen hinsichtlich ihres Versandungsrisikos (Feststoffproduktion) bewertet. Dies wurde bereits im Kapitel „Feststofftransportmodell Aist“ kurz beschrieben. In der Tabelle 46 sind nochmals die Ergebnisse der Bewertung, welche für das gesamte Projektgebiet gelten, dargestellt.

Tabelle 46: Klassifizierung der lithologischen Hauptgruppen in 5 Klassen hinsichtlich ihrer Versandungsneigung (Zersatz- / Erosionsanfälligkeit).

Klasse_Geo	Klasse Name	Unterklasse	Versandungsneigung	Lithologische Hauptgruppe (laut Geologie 20.000)
1	Feinkorngranit		gering	Feinkorngranit, Granit, Gangquarz, Granitoid
2	Grobkorngranit und -gneis		hoch	Granit-Grobkorngneis, Grobkorngneis, Grobkorngranit=Weinsbergergranit, Grobkorngneis-Perlgneis, Gneisgranit, Granit, Granitgänge
3	sonstige Magmatite			
		sonstige Plutonite	gering	Granodiorit, Diorit, Zweiglimmergranit, Quarzdiorit-Diorit, Titanfleckendiorit
		Vulkanite	gering	Porphyrit, Nadel-Porphyr
		Ganggesteine	gering - hoch	Aplit, Kersantit, Pegmatit
		Kristallingrus	sehr hoch	Kristallingrus
4	Metamorphite		gering	Kinzigit, Migmatit, Mylonit, Perlgneis, Perlgneis-Schiefergneis, Schiefergneis, Amphibolit, Bänder-Hartschiefer, Gneis, Granat-Cordierit-Sillimanitgneis, Granit-Schiefergneis, Marmor, Mylonit-Diaphtorit, Mylonit-Phyllonit, Perlgneis/Migmatit-Schiefergneis, Talkschiefer, Schiefergneis-Intrusivbrekzie
5	Sedimente		gering-hoch	Lehm, Schluff, Ton, Tonmergel, (Loß)lehm, Quarz-Kiessand, Kiessand, Quarzsand, Sand, Schutt

Hinsichtlich der Versandungsneigung wurden Grobkorngneise (z.B. Weinsberger Granit) und Grobkorngranite (z.B. grober Perlgneis) als jene geologische Materialien klassifiziert, welche stark zur Vergrusung neigen und somit einen deutlich höheren Anteil an der Feststoffproduktion besitzen als dies beispielsweise für Feinkorngranite ausgewiesen wurde. Die Verteilung dieser Grobkorngranit und -gneise ist jedoch über das gesamte Projektgebiet unterschiedlich (Abbildung 448). Die Ergebnisse der Kartierung bestätigen jedoch den Zusammenhang zwischen geologischen Untergrund und Versandungsneigung der Fließgewässer, da die Einzugsgebiete Kl. Mühl, Kl. Gusen, Teile von Feld und Waldaist und die Naarn eindeutig einen hohen prozentuellen Anteil an diesen geologischen Elementen aufweisen. Gr. Mühl und Gr. Rodl, welche über weite Strecken als Klasse 0 und Klasse 1 ausgewiesen wurden (keine Probleme), zeigen beispielsweise einen höheren Anteil an Feinkorngraniten oder sogenannten Metamorphiten.

Darüber hinaus beeinflusst der geologische Untergrund auch die auftretende Versandungscharakteristik und den Grad der menschlichen Landnutzung. Beispielsweise sind das Feld-Aistsystem oder auch das System der Großen Gusen von eher sanften Landschaftsformen geprägt, die intensiver vom Menschen für Siedlungszwecke und Landwirtschaft genutzt werden als andere Einzugsgebiete. In diesen Gewässern treten dann häufig neben der Versandung auch vermehrt Feinsedimentprobleme auf. Auch die Charakteristik der Versandung ist eine andere, da der Sand hier sehr fein ist. Es bilden sich oft Dünen aus und die Bedingungen für die aquatische Fauna sind oftmals noch stärker beeinträchtigt als bei grobkörnigeren Verwitterungsprodukten. Ganz

deutlich zu beobachten ist diese sehr feine Versandung auch beispielsweise im Kettenbach, einem linksufrigem Zufluss in den Unterlauf der Aist.

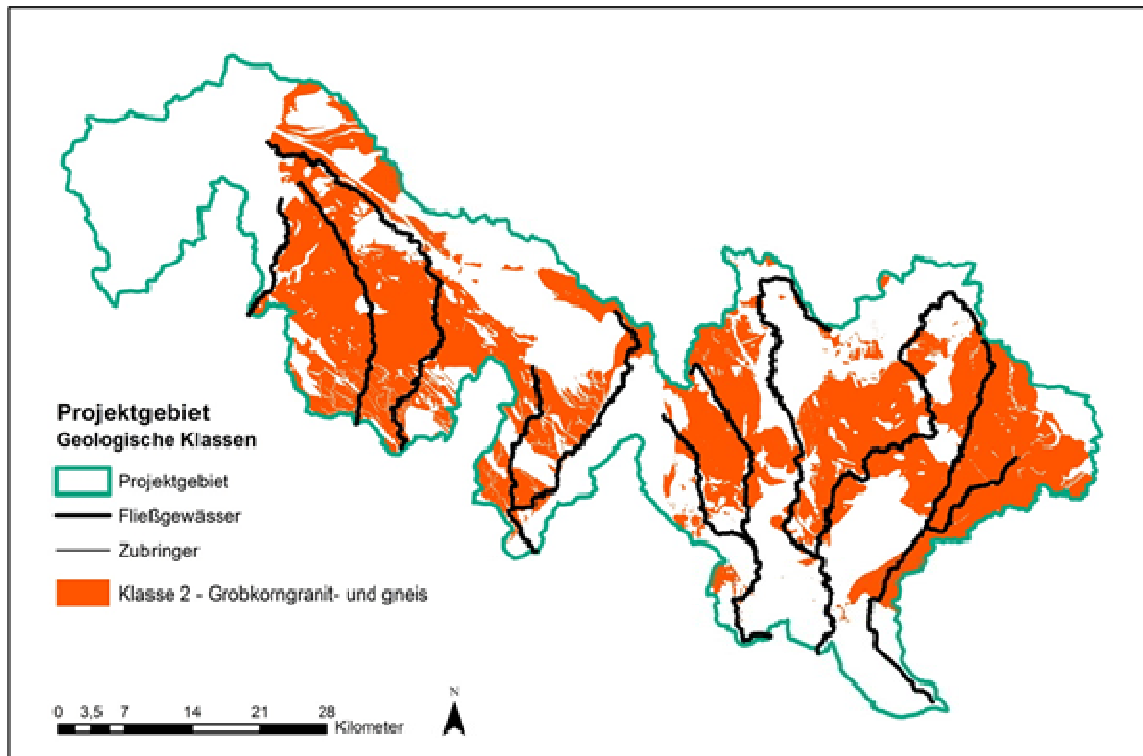


Abbildung 448: Ausweisung von Flächen mit Grobkorngranit und -gneis im österreichischen Projektgebiet.

Aus der Geologie resultieren auch die bodenkundlichen Bedingungen. Durch das Kristallin bilden sich eher dünne Rohbodentypen wie Ranker auf kristallinen Locker- oder Festgesteinen aus. Diese weisen oftmals sehr dünne A-Horizonte auf. Werden diese Böden gestört beispielsweise bei Straßenanschnitten, frischen Böschungen, bei Waldarbeiten, etc. kommt es oft zu lang anhaltenden Erosionsprozessen, da eine schützende Vegetationsschicht nur langsam wieder aufkommt.

16.1.3. Forstwirtschaftliche Nutzung

Sicherheit der Aussagen: **sehr hoch**

Anteil an Versandungsproblematik: **hoch**

Skalenbetrachtung: **gesamtes Projektgebiet**

Vor allem die oberen Einzugsgebiete der untersuchten Gewässer werden teilweise sehr intensiv forstwirtschaftlich genutzt (z.B. Naarn, Feldaist, Waldaist). Ein Zusammenhang mit der zunehmenden Versandung muss dabei dringend angenommen werden. Sowohl in den größeren Forstbetrieben wie auch teilweise im eher kleinflächig genutzten bäuerlichen Wald treten aufgrund der Bewirtschaftungsform und der Nutzungsintensität starke Erosionserscheinungen zu Tage. Dies ist auch im bereits erwähnten Bodenaufbau begründet, der einmal angegriffen zu einer lang anhaltenden Erosion neigt. Die Auswirkungen ergeben sich aus einer Kombination von nicht standortgerechter Baumartenwahl (hoher Fichtenanteil), negativen Auswirkungen durch die Nutzung als Altersklassenwald, mit fehlender Kraut- und Strauchschicht und damit einhergehenden relativ großen Kahlschlagflächen, dem zunehmenden Einsatz von schwerem Arbeitsgerät wie Harvester und Forwarder und der damit im Zusammenhang stehende deutlichen Intensivierung des forstlichen

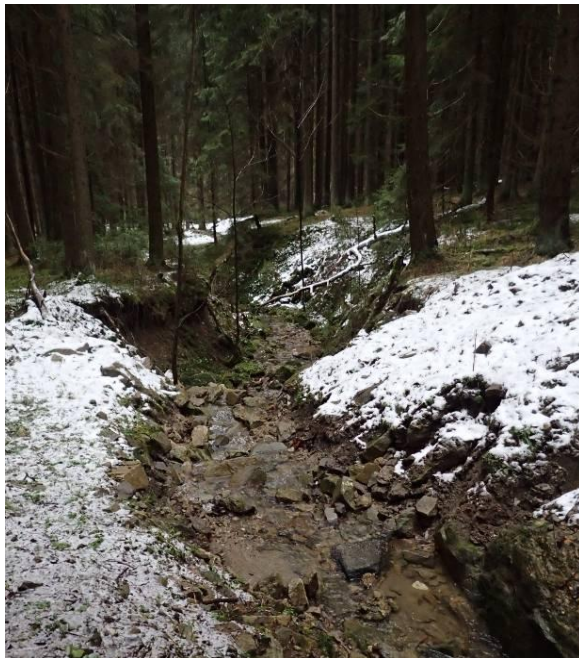
Wegebaues. Die Verbreiterung der Wege sowie die Anlage von Holzlager- und Umkehrplätzen führen zu teilweise großen Geländeanschnitten. Die dazu angelegten Entwässerungssysteme transportieren das erodierte Material direkt in die Gewässer und beschleunigen den Abfluss in die ohnehin erosionsanfälligen Gräben. Darüber hinaus reichen die nicht standortgerechten Forste bis an die Gewässer heran. Die Wurzeln der Fichte bieten aber keine adäquate Boden- und Uferstabilisierung, wodurch teilweise tief ausgerissenen Gräben und übermäßige Uferanbrüche als eindeutige Erosionsherde identifiziert werden konnten.



(a)



(b)



(c)



(d)

Abbildung 449: Ursachen im Bereich Forstwirtschaft: (a) Fichtenforste mit fehlendem Unterwuchs, (b) Fichtenforste bis an den Gewässerrand und damit einhergehende übermäßige Ufererosion, (c und d) ausgerissene Erosionsgräben.

16.1.4. Siedlungsentwicklung / Straßenbau

Sicherheit der Aussagen: **hoch**

Anteil an Versandungsproblematik: **hoch**

Skalenbetrachtung: **Intensiv menschlich genutzte und erschlossene Bereiche im gesamten Projektgebiet**

In einer weiteren Betrachtung der Umlandnutzung wurden im Einzugsgebiet der Aist in ausgewählten Abschnitten die Entwicklungen der Siedlungsstruktur untersucht. Diese flächenhafte Ausweisung der Siedlungsentwicklung im Zeitraum 1950 – 1990 zeigte die Ausdehnung der Wohn- mitunter auch Gewerbeflächen und die damit einhergehende Bodenversiegelung, wobei derzeit in Österreich nach wie vor ca. 20 ha pro Tag an Grünland versiegelt werden. Durch diese Versiegelung der Flächen selbst, bzw. aber auch die Fassung und konzentrierte Abfuhr des Niederschlags von diesen Flächen, welche in kleine Zubringer der Feld- und Waldaist, bzw. nicht dauerhaft benetzten Erosionsgräben münden, kommt es zu einem verstärkten Abtrag von Material. Dies tritt vor allem in jenen Bereichen auf wo die Feld- und Waldaist bereits tief in das Grundgebirge eingeschnitten sind und die Zubringer und Erosionsgräben entsprechende Gradienten aufweisen ($> 10\%$). Diese Effekte der Siedlungsentwicklung und beschleunigten Abfuhr von Regenwasser beeinflussen die Auswirkungen der globalen Erwärmung (Zunahme der Starkniederschläge) zusätzlich negativ. Somit kommt es in der zeitlichen Betrachtung zu einer Überlagerung zweier sich negativ auf die Versandung auswirkender Prozesse.

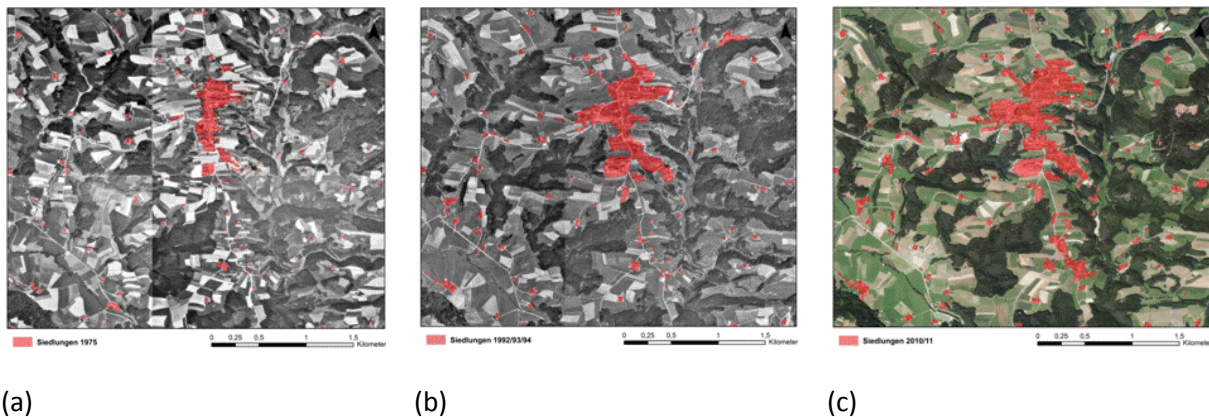


Abbildung 450: Entwicklung der Siedlungsstruktur in Einzugsgebiet der Aist im Zeitraum 1950 – 1990, (a) 1950, (b) 1970 und (c) 1990.

Mit der Siedlungsentwicklung einhergehend wurde in den letzten Jahrzehnten auch das Straßennetz ausgebaut. Darüber hinaus kam es durch den vermehrten Einsatz von größeren Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft auch im ländlichen Wegenetz zu Ausbauten. Neben den dadurch entstehenden neuen Erosionsherden, besteht durch die, die Infrastruktur begleitenden, Entwässerungssysteme ein dichtes Netz an Eintragswegen. Damit wird oft auch die Verbindung von weiter weg gelegenen Erosionsquellen zum Gewässer hergestellt.

Der Einfluss der Salzstreuung ist ein derzeit nicht abschätzbarer Faktor.



(a)

(b)

Abbildung 451: Frische Straßenanschnitte mit Erosionsneigung und guten Gewässerverbindungen durch Entwässerungssysteme im (a) Kettenbach Einzugsgebiet und (b) Waldaist-Tal.

16.1.5. Landwirtschaftliche Nutzung

Sicherheit der Aussagen: **großräumig gering / kleinräumig hoch**

Anteil an Versandungsproblematik: **tlw. hoch**

Skalenbetrachtung: **Landwirtschaftlich genutzte Flächen im gesamten Projektgebiet**

Die landwirtschaftliche Nutzung in den Flusseinzugsgebieten der Böhmisches Massen bedarf hinsichtlich ihres Anteils an der Versandungsproblematik einer differenzierten Betrachtung bzw. Bewertung. Ackerflächen, welche intensiv durch tlw. erosionsfördernde Kulturen (z.B. Maisanbau) bewirtschaftet werden, tragen mitunter bei ungünstiger Exposition zu einem deutlichen Feststoffeintrag in die Fließgewässer der Böhmisches Masse bei. Dies betrifft jedoch meist Kornfraktionen deutlich < 1 mm, welche in der Folge als Schwebstoffe im Vorfluter flussab transportiert werden bzw. im Falle von Sedimentation oberflächlich und im Interstitial den Schotterlückenraum verschließen. Die Anteile an den im Projekt zentral untersuchten Grobsand und Feinkiesfraktionen variieren je Einzugsgebiet, wobei sie generell einen geringen bis mittleren Volumsanteil besitzen (20 % - 40%).



(a)



(b)

Abbildung 452: (a) Landwirtschaftliche Flächen mit hoher Neigung (größtenteils Ackerflächen) im Einzugsgebiet der Naarn flussab Königswiesen, (b) begradigter Verlauf eines Zubringers.

Ein weiterer Aspekt in der Beurteilung der landwirtschaftlichen Nutzung hinsichtlich ihres Anteils am Feststoffaufkommen ist die Form des landwirtschaftlichen Wasserbaus. Hier konnte in einigen Fallbeispielen über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt (Kl. Mühl – Naarn) bei ungünstiger Exposition (steiles Gelände) und Ausführung (begradigter Verlauf) eine lokale Quelle hinsichtlich Feststoffeintrag nachgewiesen werden (Abbildung 453). Hier kommt es bei (Stark-) Niederschlag zu einer konzentrierten Abflussbildung, welche über das steile Gefälle bis zur Einmündung in den Vorfluter hohe Transportkapazitäten aufweist. Mitunter wird die Erosion aus diesen Gräben durch die Tatsache verstärkt, dass diese Rinnen meist nur periodisch Wasser führen und im Winter bei tiefen Temperaturen durch Frostsprengung (Kryoklastik) das anstehende Festgestein (Abbildung 453) einer zusätzlichen physikalischen Verwitterung unterliegt.



(a)



(b)



(c)

Abbildung 453: (a), (b) Entwässerungsgräben im Einzugsgebiet der Kl. Mühl (Bereich Julbach) welche als punktuelle Quellen für die Erosion und Abtransport von Grobsand und Feinkies ausgewiesen wurden; (c) Sohle eines Entwässerungsgrabens im Einzugsgebiet der Kl. Mühl mit Verwitterungsprodukten des Festgesteins.

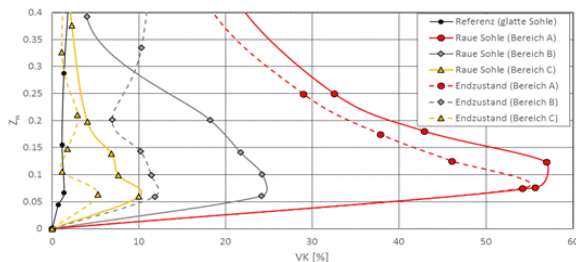
16.1.6. Sedimenttransportverhalten

Sicherheit der Aussagen: **sehr hoch**

Anteil an Versandungsproblematik: **sehr hoch**

Skalenbetrachtung: **gesamtes Projektgebiet**

Im Projekt wurde in einer sehr kleinräumigen physikalischen prozessorientierten Betrachtung das Transportverhalten des sogenannten Versandungsmaterials (Grobsand und Feinkies) im Wasserbaulabor der Universität für Bodenkultur untersucht. Die Versuche, die neben der Bestimmung der Geschwindigkeit (Schubgeschwindigkeit) der sogenannten Versandungsfronten (Sohlformen mit einer steilen Ausprägung im vorderen Bereich), über unterschiedlich raum Sohlmaterial auch detaillierte Messungen von Fließgeschwindigkeit und Turbulenz beinhalteten, brachten neue Erkenntnisse mit sich, welche auf das gesamte Einzugsgebiet anzuwenden sind bzw. Gültigkeit besitzen. Die Variabilität der Turbulenz (kleinräumig über der Sohle) konnte eindeutig mit den unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Fortbewegung des Materials in Verbindung gebracht werden (Abbildung 454). Interessanterweise zeigten alle Versuche jedoch, dass je rauer das Material desto geringer die Schubgeschwindigkeiten womit die Turbulenzvariabilität eindeutig als physikalische Größe für die Beschleunigung der Sohlformen in ihrer flussab gerichteten Bewegung ausgewiesen wurde (Details siehe Endbericht). Aus diesem physikalisch begründeten Verhalten des Materials im Gewässer ergibt sich folgende zusammenfassende Schlussfolgerung. Je mehr sich von diesen Feststoffen im Gewässer befindet (z.B. vollständige Überdeckung der Sohle), desto schwieriger ist es für den Fluss selbst unter gleichbleibenden naturräumlichen (hydraulischen) Bedingungen das Material abzutransportieren. Daraus entsteht ein weiterer kumulierender Effekt der neben der Überlagerung von Auswirkungen der Globalen Erwärmung im gesamten Einzugsgebiet Gültigkeit besitzt.



(a)

Rauigkeit (Sohlbereich)	VR-I ($d_s = 2 \text{ mm}$)	VR-II ($d_s = 4 \text{ mm}$)
A	3.24 m/h (78 m/d)	5.49 m/h (132 m/d)
B	2.27 m/h (55 m/d)	3.13 m/h (75 m/d)
C	1.05 m/h (25 m/d)	1.32 m/h (32 m/d)
glatte Sohle	7.5 m/h (180 m/d)	13.7 m/h (329 m/d)

(b)

Abbildung 454: (a) Variabilität der Turbulenz über unterschiedlich raum Sohlen, (b) Schubgeschwindigkeiten des Versandungsmaterials in Abhängigkeit unterschiedlicher Sohlrauheiten.

16.1.7. Defizite im Gewässer-Umland Gefüge

Sicherheit der Aussagen: **sehr hoch**

Anteil an Versandungsproblematik: **hoch**

Skalenbetrachtung: **gesamtes Projektgebiet**

Die laterale Konnektivität, also die Verbindung zwischen einem Gewässer und seinem Umland, spielt sowohl für die Strukturvielfalt wie auch für den Sedimenthaushalt eine entscheidende Rolle. Grundsätzlich sind Uferabbrüche in einem gewissen Ausmaß natürlich. Oftmals ist jedoch nur ein sehr dünner oder kein Ufergehölzstreifen vorhanden. Dies ist vor allem in forstlich und landwirtschaftlich intensiv genutzten Bereichen der Fall. Kommt es dort zu Uferabbrüchen, wird unnatürlich viel Material erodiert. In solchen Situationen, wie beispielsweise an der Kleinen Gusen, wird dann auch der Biber als Problem und Verursacher wahrgenommen, wobei die Probleme eigentlich aus dem Defizit an ausreichender Ufervegetation resultieren und nicht aus dem Vorkommen des Bibers. Die Vernetzung zwischen Gewässerumland und Flussschlauch spielt auch deshalb eine große Rolle, weil in unbeeinflussten Fließgewässersystemen Sediment eigentlich auch wieder ausgetragen wird. Es lagert sich bei Hochwässern im Umland ab oder bildet in breiteren Passagen neue Ablagerungen. Diesen natürlichen Tendenzen wurde durch die Regulierungen und Erhaltungsmaßnahmen nach Hochwasserereignissen Einhalt geboten. Die „Selbstreinigungskraft“ der Gewässer ging somit oftmals verloren. Deshalb akkumuliert das Material ebenfalls auf unnatürliche Weise im Gewässer.

Unnatürliche Erosionserscheinungen treten auch dort auf wo Gewässer als Tränken in Viehweiden miteingezaunt werden. Dort kommt es durch Viehtritt an den Ufern zu offenen Stellen und Sedimenteinträgen. Dies konnte an einigen wenigen Stellen beobachtet werden.

16.1.8. Hydromorphologische Überprägung

Sicherheit der Aussagen: **sehr hoch**

Anteil an Versandungsproblematik: **sehr hoch**

Skalenbetrachtung: **gesamtes Projektgebiet**

Neben den bereits unter Punkt 7 erwähnten Änderungen in der lateralen Konnektivität wurden auch weitere hydromorphologische Veränderungen in den Fließgewässern des Mühlviertels und des Bayerischen Waldes herbeigeführt, die das Problem der Versandung zusätzlich verstärken. Durch Regulierungen und Entnahme von großen Blöcken zur Holztrift, für die Sicherung der Ufer oder aus Hochwasserschutzgründen wurden Strecken mit sehr monotonen Abflussverhältnissen geschaffen. Wie auch im physikalischen Modellversuch gezeigt werden konnte, neigen solche Strecken mit einer geringen Turbulenz zu einer verstärkten Versandung. Der Sand teilt sich auch sehr gleichmäßig über das gesamte Profil auf und es bilden sich somit keine unterschiedlichen Choriotope mehr aus.

Speziell nach dem Hochwasser 2002 wurden in vielen Bereichen die großen Blöcke aus den Gewässern entfernt um die Abflussleistung zu erhöhen (siehe Abbildung 458 und Abbildung 459). Dies geschah zum Teil auch in Bereichen wo das Umland eher nur extensiv land- und

forstwirtschaftlich genutzt ist. Oftmals sind diese Steine noch auf gewässernahen Flächen vorhanden und könnten für Renaturierungsmaßnahmen genutzt werden (siehe Kapitel „Maßnahmen“).

Auch die Hydrologie der gesamten Landschaft wurde deutlich verändert. Während im menschlich unbeeinflussten Zustand eine Landschaft eher langsam das Wasser aus den anfallenden Niederschlägen in die Flüsse abgibt, wird dieser Vorgang durch die Versiegelung (siehe Punkt 5) und durch die künstliche Entwässerung vieler land- und forstwirtschaftlicher Flächen deutlich beschleunigt. Überlagert mit den Erkenntnissen zum Klimawandel (siehe Punkt 1) ergeben sich damit hinsichtlich der Versandung ungünstige hydrologisch-hydraulische Bedingungen. Über lange Perioden herrschen ausgesprochene Niederwasserphasen. Wenn erhöhte Wasserführungen auftreten sind diese oftmals kurzfristig und dafür ausgeprägter.

Weitere Überprägungen ergeben sich durch die energiewirtschaftliche Nutzung der Gewässer und verschiedene wasserbauliche Maßnahmen. Es kann durch den Gefälleabbau über Querbauwerke und das Vorhandensein von teilweise nicht unerheblichen Streckenlängen von Ausleitungsstrecken (siehe Kapitel „Kartierung“ sowie Abbildung 455) von einer Reduktion der Transportkapazität der Flüsse ausgegangen werden.

Betrachtet man den Anteil der Höhen der Querbauwerke an der gesamten Höhendifferenz der Gewässer wird ersichtlich, dass im Schnitt 13 % der Höhe über Querbauwerke abgebaut wird (Abbildung 456). Vor allem in den Unterläufen und in speziellen Abschnitten ist dieser Anteil lokal gesehen oftmals noch deutlich höher (siehe z.B. Aist).

Alle diese menschlichen Eingriffe in den Wasserhaushalt und die morphologischen Bedingungen haben erhebliche und sich summierende Auswirkungen auf den Sedimenthaushalt.

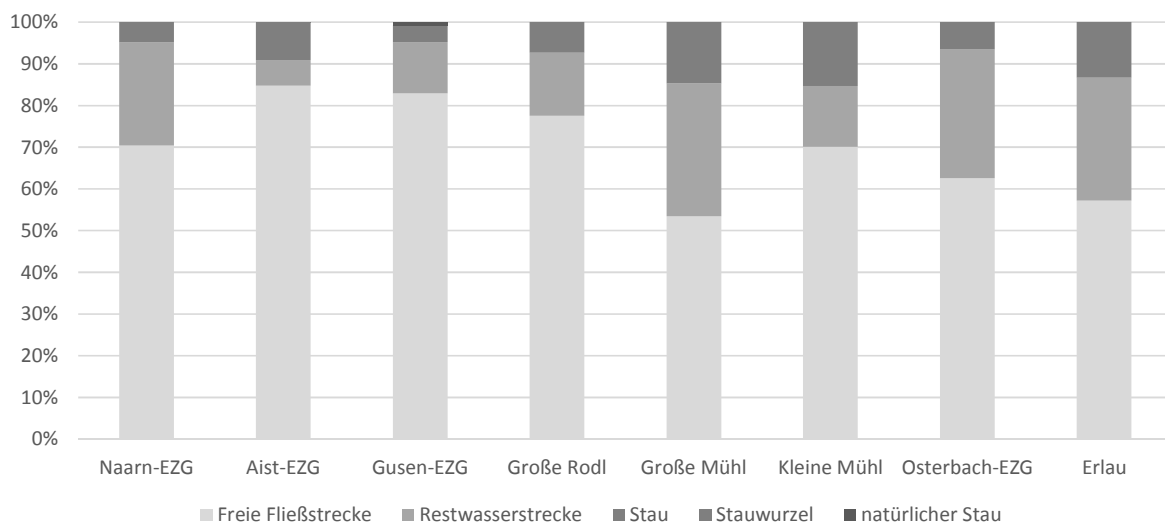


Abbildung 455: Anteile der Gewässerabschnitte die durch eine energiewirtschaftliche Nutzung überprägt sind.

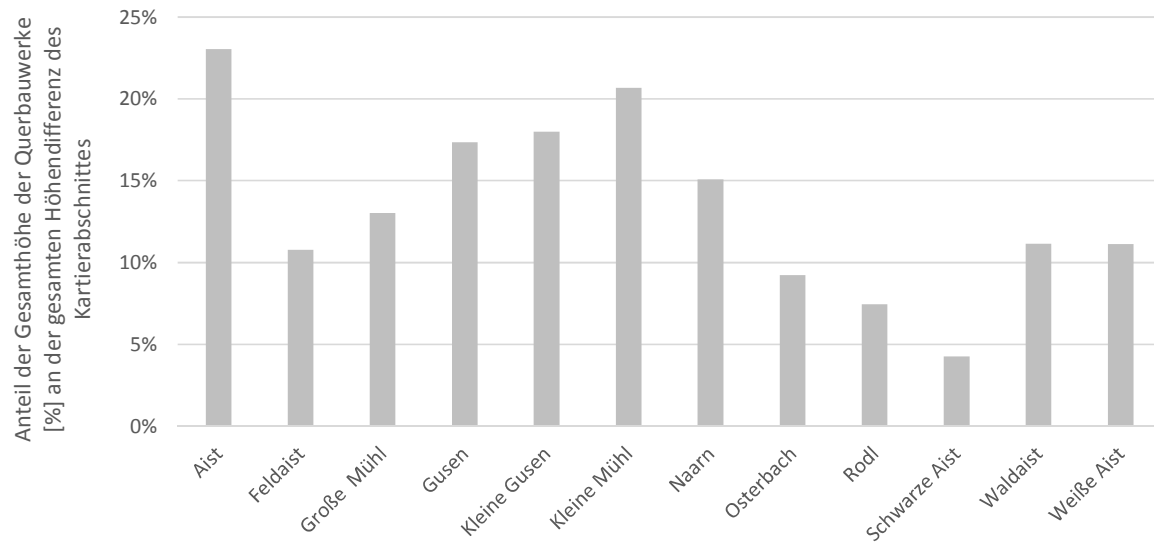


Abbildung 456: Anteil an der Höhendifferenz der Gewässer / Kartierabschnitte, die über Querbauwerke abgebaut wird.



(a)



(b)

Abbildung 457: Ausprägung der Versandung bei (a) Strukturmangel und (b) bei naturnaher Substratzusammensetzung mit ausreichendem Grobkornanteil.



Abbildung 458: „Räumungsarbeiten“ nach dem Hochwasser 2002: Alle großen Blöcke wurden aus der Waldaist entfernt, auch in nur land- und forstwirtschaftlich genutzten Bereichen (Foto: Peter Anderwald).



Abbildung 459: Nach dem Hochwasser 2002 wurden die entstandenen Verwerfungen an der Aist zur Gänze wieder in einen Regulierungszustand rückgeführt (Foto: Peter Anderwald).

16.1.9. Zeitliche Zuordnungen der Ursachen

Zusammenfassend sind in Abbildung 460 wesentliche Ursachen für die Versandung der Fließgewässer der Böhmisches Masse auf einer Zeitachse abgebildet. Durch die Zuordnung soll es ermöglicht werden, vor allem das sich akkumulierende Problem bzw. auch mögliche Begründungen für das gewachsene Bewusstsein über die Problematik in Bereichen Ökologie und Wasserbau über die letzten 2 Jahrzehnte aufzuzeigen. Zwei der in der Abbildung 460 angeführten Punkte sind jedoch mit Fragezeichen versehen, da eine mögliche negative Beeinflussung (Verstärkung) des sauren Regens auf die Gesteinsverwitterung bisher noch nicht untersucht werden konnte. Weiters ist die Bedeutung bzw. die Auswirkung der historisch traditionellen Sedimententnahme in gestauten Bereichen bei Wehranlagen nicht eindeutig feststellbar, da hier keine quantitativen Mengenangaben verfügbar sind und mündliche Aussagen nur eine qualitative Interpretation ermöglichen.

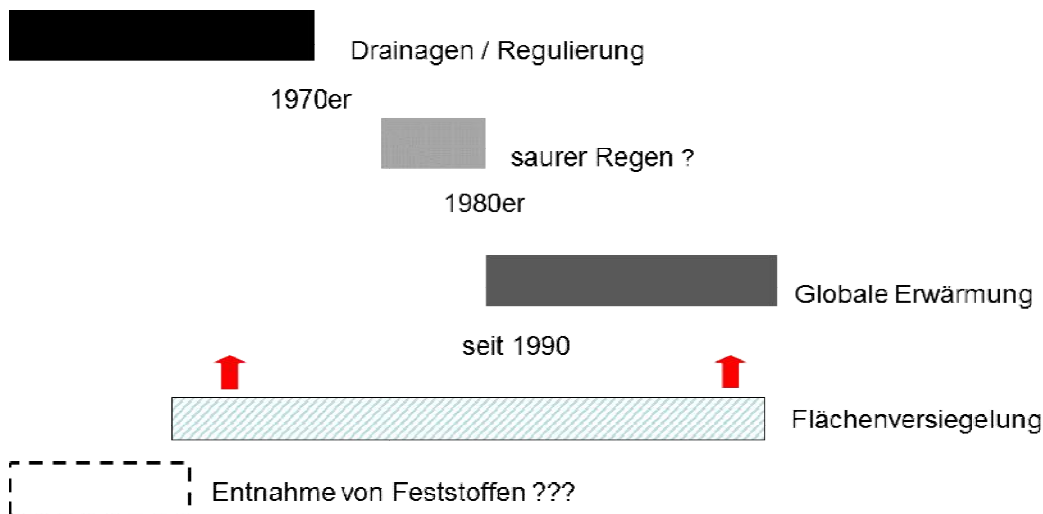


Abbildung 460: Zuordnung der Ursachen für die Versandung auf einer Zeitachse für den Zeitraum 1950 – 2015. Zuordnung erfolgt meist auf Grund der fachlichen Ergebnisse des Forschungsprojekts aber auch unter Miteinbeziehung von Informationen aus der lokalen Bevölkerung (Interviews).

17. Konzipierung von Maßnahmen zur Reduktion der Versandung

Aufbauend auf den Ursachen der Versandung und dem Prozessverständnis in den Einzugsgebieten auf unterschiedliche Skalen (Auswirkungen Globale Erwärmung / kleinräumiges Transportverhalten von Sohlformen) werden unterschiedliche Typen von Maßnahmen für die Einzugsgebiete der untersuchten Fließgewässer konzipiert. Die Konzipierung aber auch die erwartete Verbesserung durch diese Maßnahmen nimmt Bezug zu unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen in der Betrachtung und Bewertung von Fließgewässern. Nicht zuletzt auf Grund der vielfachen (sich teils überlagernden) Ursachen der Versandung werden unterschiedlichste Maßnahmen vorgeschlagen, die teils als Einzelmaßnahmen aber vor allem in der Wirkung als Maßnahmenkombination eine deutliche kurzfristige aber vor allem nachhaltige Verbesserung für Ökologie aber auch schutzwasserwirtschaftliche Belange in der Region Mühlviertel / Bayerischer Wald nach sich ziehen werden. Prinzipiell werden für die Konzipierung folgende Unterscheidungen getroffen bzw. werden bei den Maßnahmenvorschlägen folgende Eigenschaften explizit ausgewiesen. Hinsichtlich der Wirksamkeit:

- Sofortmaßnahme: unmittelbare kurzfristige Verbesserungen (Ökologie / Schutzwasserwirtschaft) sind zu erwarten.
- Nachhaltige Verbesserung: durch Umsetzung dieses Maßnahmentyps ist eine Veränderung im längerfristigen Feststoffaufkommen zu erwarten. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme ist mitunter erst nach einigen Jahren erkennbar.

Weiters wird hinsichtlich der Klassifizierung der Maßnahmentypen unterschieden, wo diese im Zuge der Umsetzung situiert sind. Es wird dabei zwischen Maßnahmen im

- Hauptfluss
- Mündungsbereich der Zubringer
- Zubringer
- Einzugsgebiet

unterschieden. Eine detaillierte Auflistung der unterschiedlichen Maßnahmentypen findet sich diesbzgl. in Abbildung 461.

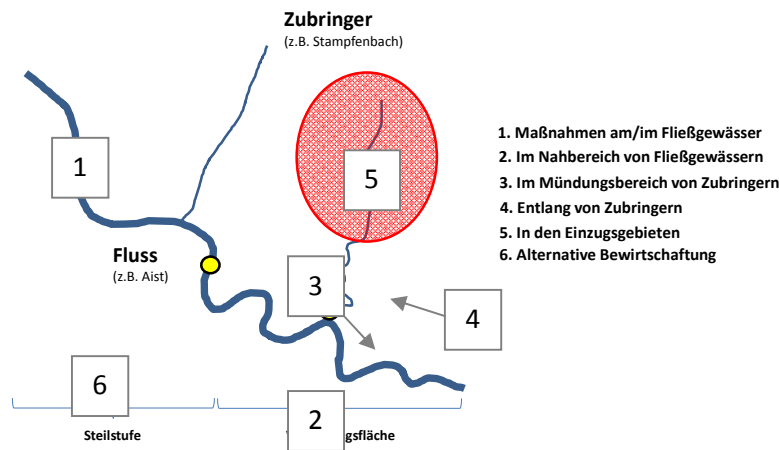


Abbildung 461: Unterschiedliche Maßnahmen für eine Reduktion der Versandungsproblematik in den Fließgewässern der Böhmisches Masse.

Alle vorgeschlagenen Maßnahmen dienen in unterschiedlicher Art und Weise den von Waters (1995) vorgeschlagenen Prinzipien zur Feinsediment- (Sand-) Reduktion: (1) Vermeidung, (2) Rückhalt in der Fläche und (3) Wiederherstellung naturnaher Verhältnisse im Gewässer. Einem pragmatischen Umsetzungszugang, ist jedoch oftmals aufgrund von diversen Rahmenbedingungen, der aus fachlicher Sicht wünschenswerten chronologische Reihenfolge dieser Prinzipien der Vorzug zu geben.

In der nachstehenden Übersicht sind mögliche Maßnahmen zusammenfassend dargestellt. Die möglichen Ansatzpunkte zur Problemlösung sind in die folgenden Kategorien eingeteilt:

- A) Aktives Sedimentmanagement: Möglichkeiten der Sandentnahme im Hauptgewässer und den Zuflüssen sowie im unmittelbaren Umland
- B) Strukturelle Maßnahmen im Fließgewässer: Verbesserung der hydromorphologischen Situation in den Gewässern
- C) Maßnahmen entlang von Zubringern: Neben der Sedimententnahme und hydromorphologischen Verbesserungen in den Zuflüssen sind vor allem hinsichtlich den hydrologischen Bedingungen Maßnahmen zur Erosions- und Transportverminderung möglich.
- D) Bewirtschaftung im Einzugsgebiet: Am wichtigsten aber auch schwer umsetzbar sind Maßnahmen im Einzugsgebiet um die erosiven Vorgänge hintanzuhalten und somit bereits den Eintrag des Feinmaterials in die Gewässer zu verhindern.
- E) Lokale Hochwasserschutzmaßnahmen: Stellenweise sind für den Hochwasserschutz lokale Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Sedimenthaushalt notwendig.
- F) Alternative Formen der fischereilichen Bewirtschaftung: Damit sind lokal und zeitlich begrenzte Verbesserungen für die Fischfauna möglich.
- G) Bewusstseinsbildung und Öffentlichkeitsarbeit: Begleitende Maßnahmen zur Verankerung der Thematik bei den betroffenen Stellen und der Bevölkerung.

Die Reihung der Maßnahmen ist nicht als Prioritätenlistung zu verstehen. Je nach vorliegenden Rahmenbedingungen sind individuell angepasste Lösungen zu suchen.

Maßnahme	Wirksamkeit	Situierung	Ansprechpartner
A – Aktives Sedimentmanagement			
A1 – Entnahme von Feststoffen im Hauptfluss	Sofortmaßnahme	im Hauptfluss	Gewässerhaltung, Behörden (Wasserwirtschaft, Naturschutz), Fischereiberechtigte, Kraftwerksbetreiber, eventuell gewerbliche Nutzer des Materials, etc.
A2 – Entnahme von Feststoffen in den Zuflüssen	Sofortmaßnahme	in den Zuflüsse	
A3 – Berücksichtigung und Adaptierung bestehender Entnahmen	Sofortmaßnahme	im Hauptfluss, in den Zuflüsse	
B – Strukturelle Maßnahmen im Fließgewässer			
B1 – Leitbildkonforme Restrukturierung	Sofortmaßnahme / Nachhaltige Maßnahme	im Hauptfluss, in den Zuflüsse	Gewässerhaltung, Behörden (Wasserwirtschaft, Naturschutz), Fischereiberechtigte, etc.
B2 – Leitbildkonforme Renaturierung	Sofortmaßnahme / Nachhaltige Maßnahme	im Hauptfluss, in den Zuflüsse	
C – Maßnahmen entlang von Zubringern			
C1 – Rückbau von Zubringermündungen	Nachhaltige Maßnahme	Zuflüsse	Gewässerhaltung, Behörden (Wasserwirtschaft, Naturschutz), Fischereiberechtigte, Landbesitzer/innen, etc.
C2 – Rückhalt von Niederschlag / Reduktion Abfluss	Sofortmaßnahme / Nachhaltige Maßnahme	Oberes Einzugsgebiet von Zubringer	Baubehörde / Gemeinde, Landbesitzer/innen, Behörden (Wasserwirtschaft, Naturschutz), etc.
C3 – Kleine bauliche Maßnahmen zum Sedimentrückhalt	Sofortmaßnahme / bei entsprechender Wartung nachhaltig	Zuflüsse	Landbesitzer/innen, Behörden (Wasserwirtschaft, Naturschutz), etc.
D – Bewirtschaftung im Einzugsgebiet			
D1 – Maßnahmen im Bereich der forstwirtschaftlichen Nutzung	Nachhaltige Maßnahme	Einzugsgebiet	Landbewirtschaftler/innen, Verwaltungen der Forstgüter, Beratungsstellen (Landwirtschaftskammer, Bezirksförster), etc.
D2 – Maßnahmen im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzung	Nachhaltige Maßnahme	Einzugsgebiet	Landbewirtschaftler/innen, Beratungsstellen (Landwirtschaftskammer), etc.
D3 – Maßnahmen im Bereich Straßen- und Wegebau sowie Infrastrukturerhaltung	Nachhaltige Maßnahme	Einzugsgebiet	Straßen- und Wegehalter (diverse Verwaltungseinheiten aber auch Privatbesitzer/innen)
E – Lokale Hochwasserschutzmaßnahmen			
E1 – Kontrollen und Unterhaltungsmaßnahmen im Bereich hochwasserkritischer Sandablagerungen	Sofortmaßnahme / Nachhaltige Maßnahme	kleinräumig	Gewässerhaltung, Behörden (Wasserbau, Naturschutz), Betroffene, etc.
E2 – Lokale hydraulische Adaptierungen zum Hochwasserschutz	Sofortmaßnahme / Nachhaltige Maßnahme	kleinräumig	Gewässerhaltung, Behörden (Wasserbau, Naturschutz), etc.
F – Alternative Formen der fischereilichen Bewirtschaftung			
	Nachhaltige Maßnahme	kleinräumig in Hauptfluss oder Zubringer	Fischereiberechtigte, Pächter/innen, Fischer/innen, Beratungseinrichtungen (z.B. Landesfischereiverband, Reviere, etc.)
G – Bewusstseinsbildung und Öffentlichkeitsarbeit			
	Nachhaltige Maßnahme	Einzugsgebiet / Gesamte Region	alle Akteure und Akteurinnen in der Region (z.B. Schulen, Gemeinden, Erhaltungsverpflichtete, Landnutzer und Landnutzerinnen, etc.)

Maßnahmekategorie: Aktives Sedimentmanagement

A

Sedimententnahmen sind als eine mögliche Maßnahme zu sehen. Sie stellen eine Sofortmaßnahme dar, deren Anwendung räumlich günstig gelegen und zeitlich begrenzt sein sollte. Derzeit werden an einigen Stellen im Untersuchungsgebiet wiederkehrend Sandentnahmen durchgeführt, da dies aus Hochwasserschutzgründen in den dichter besiedelten Bereichen notwendig ist. Auch in näherer Zukunft wird man nicht umhin kommen, solche Entnahmen zur Gewährleistung eines ausreichenden Abflussquerschnittes durchzuführen. Dabei wichtig ist jedoch:

- Bestmögliche **Situierung** der **Entnahmen**: Oftmals sind vorhandene Staubereiche oberhalb von Siedlungsbereichen besser als Standorte geeignet als Entnahmebereiche direkt im bebauten Gebiet.
- Die Maßnahme ist immer wieder **neu zu bewerten**. Sedimententnahmen können schon alleine wegen der Kosten **nicht** als **Dauerlösung** gesehen werden. Zusätzlich sind die ökologischen und fischereilichen Schäden nicht auf Dauer tolerierbar.
- Die **Eingriffe** sind so **gering** als möglich zu halten. Lang andauernde **Trübungen** verursachen ökologische und fischereiliche Schäden. Darüber hinaus sollte im unmittelbaren Eingriffsbereich, die aquatische Fauna vor dem Eingriff geborgen werden.
- **Langfristige Verbesserungsmaßnahmen** sind zu forcieren: Dazu zählen diverse nachstehend aufgezeigte Maßnahmengruppen wie **Wasserrückhalt** in der Landschaft, **erosionsvermindernde Maßnahmen** in der Land- und Forstwirtschaft usw.
- Wenn Entnahmen durchgeführt werden müssen, sollten bevorzugt **naturnahe Lösungen** zur Anwendung kommen. Dazu zählen naturnahe **Sedimentationsbereiche** durch **Umlandabsenkungen** und das Wiederherstellen des Gewässer-Umland Gefüges durch **Renaturierungen**.
- Stellenweise müsste die **Dimensionierung** der **Regulierungsstrecken** überdacht werden. Überbreiten sollten dort vermieden werden. Durch das Herstellen einer Rinne für Mittelwasserabflüsse bzw. etwas darüber, können stellenweise Sandablagerungen reduziert und damit Baggerungen eingeschränkt werden.
- Immer ist bei Entnahmen auf eventuell vorhandene **Eintiefungstendenzen** in flussab gelegenen Strecken zu achten. Solche treten im Mühlviertel nur sehr lokal in bestehenden oder ursprünglichen aber heute regulierten Talmäanderstrecken auf.

Maßnahme: Entnahme von Feststoffen im Hauptfluss*Wirksamkeit:* Sofortmaßnahme*Situierung:* im Hauptfluss**A1**

Hinsichtlich einer aktiven Entnahme der Feststoffe (Granitgrus: 1 mm – 10 mm) gilt es grundsätzlich 3 Varianten zu diskutieren. Die Möglichkeiten unterscheiden sich vor allem in Bezug auf die Auswirkungen auf die Gewässerökologie bzw. hinsichtlich ihrer Anlehnung an die natürliche Dynamik:

- Entnahme bei bestehenden Querbauwerken (Nassbaggerung)
- Entnahme bei bestehenden Querbauwerken (Trockenbaggerung durch Wasserspiegelabsenkung)
- Konzipierung und Errichtung von Aussandungszonen (Trockenbaggerung)

Der erste Vorschlag bezieht sich auf die Entnahme von Feststoffen aus den Rückstaubereichen von Kleinwasserkraftwerken oder bedeutenden Kontinuumsunterbrechungen ohne spezielle Berücksichtigung einer möglichen Betriebsweise an der z.B. Wasserkraftanlage. Hier würde mittels Nassbaggerungen unabhängig von der natürlichen Dynamik aber unter Berücksichtigung ökologisch sensibler Perioden (z.B. Laichzeiten) Anlandungsmaterial aus dem System entnommen werden. Die Erhebung der Querbauwerke, siehe Kapitel „Kartierung“ (Endbericht) in Kombination mit dem Linienpotenzial hinsichtlich der relativen Transportkapazitäten bilden diesbezüglich eine wichtige Grundlage (Abbildung 462).

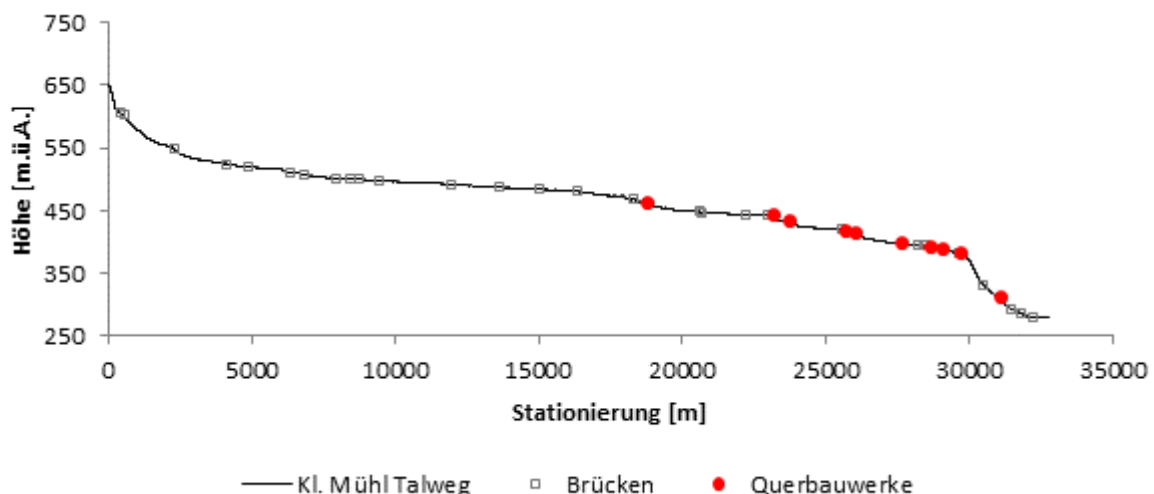


Abbildung 462: Längenschnitt des Wasserspiegelgefälles der Kl. Mühl; bedeutende Querbauwerke sind in der Abbildung eingetragen.

Vorschlag 2 sieht ebenfalls die aktive Entnahme an Querbauwerken vor. Im Unterschied zur ersten Variante werden hierbei die Optionen in der Betriebsweise von Querbauwerken berücksichtigt. Ziel ist es in der Umsetzung der Variante 2 den Wasserspiegel in Niederwasserphasen abzusenken und das Material mittels Trockenbaggerung zu entnehmen bzw. die Trübung des Gewässers so gering als möglich zu halten.

Variante 3 unterscheidet sich grundlegend von den beiden anderen Vorschlägen zur aktiven Sedimententnahme. Hier bilden natürliche Prozesse des Materialaustrags bzw. Ablagerung in den Überflutungsflächen die Grundlage und diese Prozesse sollen durch die konstruktive Ausführung der Maßnahme letztendlich gefördert bzw. verstärkt werden. Es wurden dafür mittels hydrodynamischer (Sedimenttransport-) Modellierung Varianten vorab getestet, die eine Ablagerung in bestimmten Bereichen begünstigen. Aus Sicht der Hydraulik sollten gewisse Rahmenbedingungen berücksichtigt werden, welche in Abbildung 463 dargestellt sind.

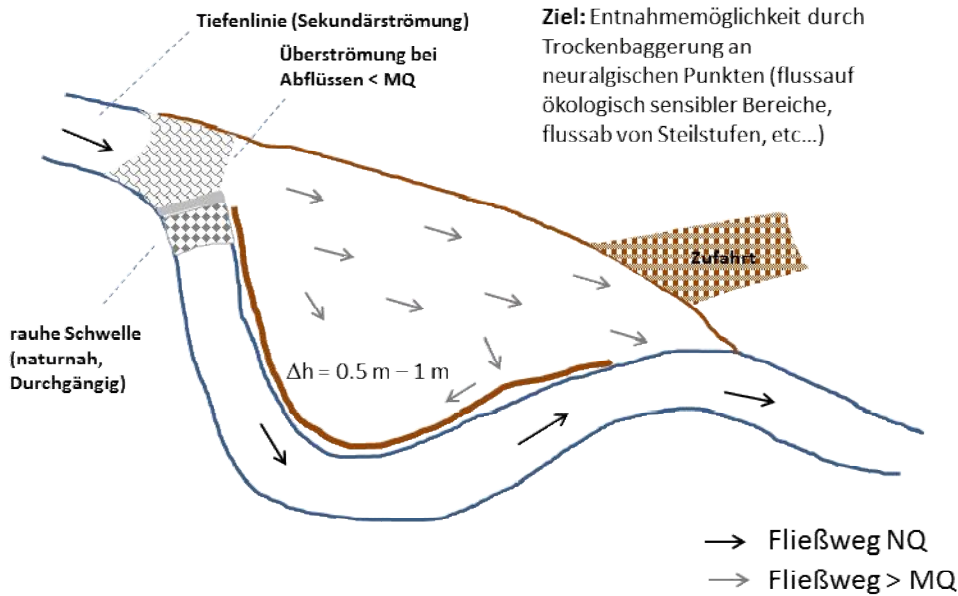


Abbildung 463: Schematische Darstellung einer Vorlandabsenkung zur Förderung des eigendynamischen Geschiebeaustrags (Granitgrus) in die Fläche; NQ = Niederwasserabfluss; MQ = Mittelwasserabfluss.

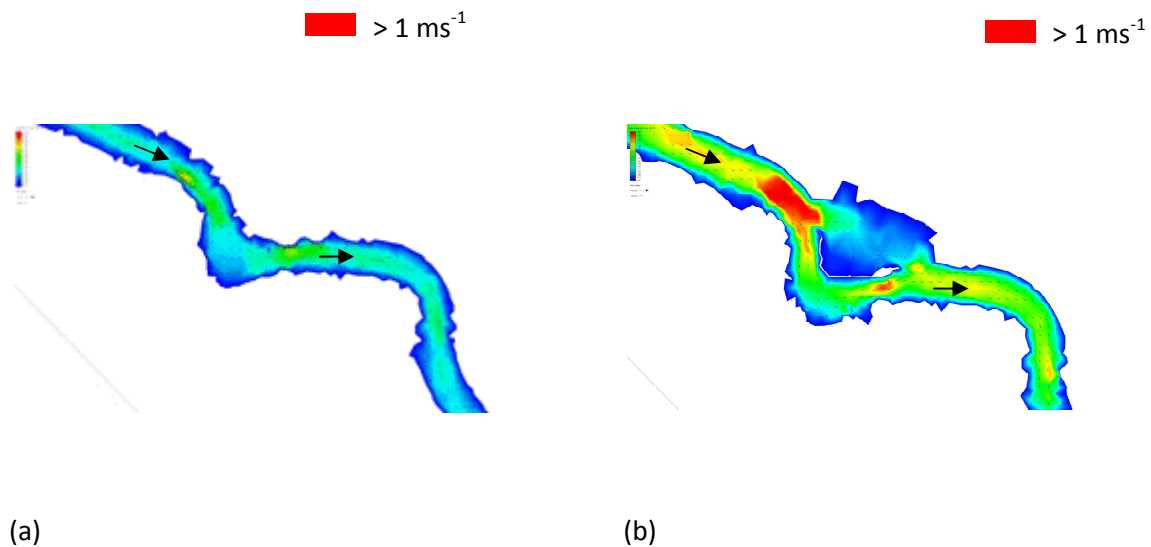


Abbildung 464: Modellierung der zweidimensionalen-tiefengemittelten Fließgeschwindigkeiten im Bereich einer künstlichen Vorlandabsenkung an der Feldaist; (a) $Q = 1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; (b) $Q = 28.1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (HQ_1) im Bereich Kefermarkt.

Als eine dieser Rahmenbedingungen sollte wenn möglich die natürliche Bewegungsrichtung des Sediments an der Flusssohle genutzt werden um einen optimierten Austragseffekt zu erzielen. Aus diesem Grund ist die Umsetzung der Maßnahme in Bereich von Flusskrümmungen günstig. Diese gewundenen und mäandrierenden Abschnitte besitzen auch eine weitere besondere Eigenschaft für die Situierung dieses Maßnahmentyps. Sie befinden sich in Verebnungsflächen der Hochlandes der Böhmisches Masse, welche prinzipiell eine hohe Versandungsneigung zeigen (vgl. Kapitel „Kartierung“). Weiters sind diese Situationen häufig kombiniert mit flussauf gelegenen Steilstufen, welche Vergrusungsmaterial aus Zubringern sammeln und verstärkt abtransportieren. Aus diesem Grunde ist die Situierung dieses Maßnahmentyps am Beginn von Verebnungsflächen, bei geeignetem Standort (Erreichbarkeit und Platzverfügbarkeit), zu empfehlen.

Aus hydraulischer Sicht ist die Anlage an einer Flusskrümmung insofern von Bedeutung, da durch Sekundärströmungen in den Krümmungen das Material verstärkt entlang des Prallhangs transportiert wird. Dieser Effekt sollte in der Maßnahmenumsetzung berücksichtigt werden. Weiters ist eine Absenkung des Vorlandes bis knapp über Mittelwasser empfehlenswert, da hier bereits ein bedeutender Materialtransport auftritt bzw. auftreten kann (vgl. physikalischer Modellversuch, Feststofftransportmodell Aist, Endbericht). Im Zuge einer baulichen Adaption mittels einer Anrampung kann der Austrag mitunter verbessert werden. Die technische Umsetzung im Einlaufbereich muss jedenfalls ein passierbares Kontinuum für die Wanderung von Gewässerorganismen gewährleisten (Abbildung 465a). Genaue hydraulische Konzipierungen gilt es an geplanten Standorten im Detail zu evaluieren, wobei die Größe der Aussandungsfläche (Absenkung des Vorlandes) sicherlich ein wesentliches Kriterium für den Erfolg dieser Maßnahme ist.

Bei optimal abgestimmten hydraulischen Bedingungen sollte es möglich sein, die feinen Kornfraktionen sehr gezielt zu einer Ablagerung zu bringen, während gröbere Fraktionen im Flussschlauch weiter transportiert werden. Hierzu wäre die Durchführung von hydraulischen Modellversuchen sehr hilfreich.

Als Beispiel für eine als Sandfang wirkende Maßnahme kann der neu angelegte Hochwasserschutz Leopoldschlag an der Maltzsch genannt werden, für den rund 70.000 m³ Erd- und Felsmaterial abgetragen wurden (siehe u.a. Höfler & Gumpinger, 2014). Hierbei handelt es sich um eine Umlandabsenkung knapp über Mittelwasserniveau mit dem Ziel den Hochwasserschutz des Siedlungsgebiets der Marktgemeinde Leopoldschlag zu gewährleisten.

Als Nebeneffekt wird der, auch in der Maltzsch in sehr großen Mengen auftretende Sand, auf der Fläche abgelagert, da sich beim Ausufernden die Schleppkräfte verringern.

Ausschlaggebend für die Funktionsweise als Sandfang sind neben der Situierung knapp über Mittelwasser, die Größe der Maßnahme und ihre für diesen Zweck gute hydraulische Wirksamkeit.

Wünschenswert wäre auch eine kombinierte hydromorphologische Aufwertung des Gerinnes, da damit zusätzlich der eigendynamische Austrag gefördert würde und die Ökologie davon profitieren könnte. Eine solche war im beschriebenen Fall aufgrund des Status als Grenzgewässer nicht möglich, obwohl die alten Mäander bei den Aushubarbeiten noch deutlich ersichtlich waren und die Wiederherstellung einer Talmäanderstrecke innerhalb des Absenkungsbereiches geradezu prädestiniert für diesen Maßnahmentyp gewesen wäre (siehe dazu auch Maßnahmengruppe B).



(a)

(b)

Abbildung 465: Hochwasserschutz Leopoldschlag an der Maltzsch: (a) großflächig frisch abgelagerter Sand; (b) der Sand wird durch die Vegetation abgebremsert und lagert sich ab.

Allen drei Maßnahmenvorschlägen zur aktiven Entnahme gemein ist, dass durch die Entnahme in Kombination mit der natürlichen Abflussdynamik für flussab gelegene durch die Versandung beeinträchtigte Bereiche hydraulisch die Möglichkeit besteht, sich eigendynamisch zu sanieren (Austrag durch Hochwässer bei reduziertem oder unterbundenem Materialeintrag). Dies ist als ein wesentlicher Beitrag dieser Sofortmaßnahme zu einer nachhaltigen Sanierung der Gewässer der Böhmisches Masse zu bewerten. Hinsichtlich einer möglichen wirtschaftlichen oder teilweisen ökologischen Verwertbarkeit (Laichkies) des Materials gilt es in möglichen Folgeprojekten zu untersuchen in welchen Bereichen das Versandungsmaterial (z.B. Silikatsande) Verwendung finden könnte.

Anwendungsbereiche allgemein:

- Alle Bereiche wo größere Kubaturen an Sand bereits im Ist-Zustand abgelagert werden.
- Vor allem in Verebnungsflächen und flussauf von größeren Querbauwerken.
- Vorzugsweise oberhalb von hochwasserschutztechnisch oder ökologisch sensiblen Bereichen.
- Gute Erreichbarkeit der Entnahmestelle für die notwendigen Gerätschaften und Fahrzeuge.

Maßnahmenkategorie: Aktives Sedimentmanagement**A****Maßnahme: Entnahme von Feststoffen in den Zuflüssen***Wirksamkeit:* Sofortmaßnahme*Situierung:* in den Zuflüssen**A 2**

Neben der Entnahme direkt aus den Hauptflüssen bieten sich gerade sehr stark sandführende Zuflüsse für ein aktives Sedimentmanagement an. Als Beispiele sind hier exemplarisch die Jaunitz oder die Flanitz im Bereich der Feldaist zu nennen. Für sie gelten prinzipiell dieselben konstruktiven Rahmenbedingungen wie für die Hauptflüsse aufgezeigt. Aufgrund der geringeren Größe können aber eventuell andere Bautypen sinnvoll sein. Sehr erfolgreich wurde beispielsweise in einem Artenschutzprojekt für die Flussperlmuschel mit kleinen Sedimentationsbecken an der Lutter in Deutschland gearbeitet (Altmüller & Dettmer, 2006). Als entscheidend dabei hat sich die sehr regelmäßige Wartung und Räumung erwiesen, da sich in den kleinen Becken individuelle hydraulische Bedingungen einstellen, die bei teilweise scheinbar geringen Füllständen bereits zur Ausbildung eines Fließgleichgewichts zwischen Eintrag und Austrag führen und damit die Wirksamkeit der Absetzbecken konterkarieren.

Anwendungsbereiche allgemein:

- Zuflüsse die stark sandführend sind.
- Vorzugsweise oberhalb von hochwasserschutztechnisch oder ökologisch sensiblen Bereichen.
- Gute Erreichbarkeit der Entnahmestelle für die notwendigen Gerätschaften und Fahrzeuge.

Maßnahmenkategorie: Aktives Sedimentmanagement**A****Maßnahme: Berücksichtigung und Adaptierung bestehender Entnahmen***Wirksamkeit:* Sofortmaßnahme*Situierung:* im Hauptfluss, in den Zuflüssen**A 3**

Im Sinne eines integrierten Sedimentmanagements für ganze Einzugsgebiete sollten die bestehenden Entnahmen in einem solchen berücksichtigt und gegebenenfalls adaptiert werden. Dies betrifft neben den Entnahmen der Gewässerbezirke (z.B. in der Aist im Bereich Schwertberg), auch kleinräumige Entnahmen durch Gemeinden oder Anrainer (z.B. an der Kleinen Gusen) sowie Sedimentmanagementmaßnahmen durch Kraftwerksbetreiber und Mühlenbesitzer. Es werden beispielsweise einige Mühlgräben an der Großen Gusen regelmäßig geräumt. Der Sand wird jedoch nicht entnommen sondern wieder in das Gewässer verbracht. Die Räumung von Mühl- und Ausleitungsgräben sowie deren zunehmende Versandung ist auch hinsichtlich der Flussperlmuschel ein wichtiges Thema, da Mühlgräben oft die letzten Rückzugsorte für diese Tiere darstellen (z.B. am Gießenbach).

Anwendungsbereiche allgemein:

- Alle Bereiche wo bereits jetzt Entnahmen durchgeführt werden.

Maßnahmenkategorie: Strukturelle Maßnahmen im Fließgewässer**B**

Defizite in der Hydromorphologie wurden als eine der Ursachen für die Verschärfung der Versandungsproblematik abseits des grundsätzlichen Eintrags identifiziert (siehe Kapitel „Ursachen“ - Endbericht). Demnach sind Verbesserungen der Hydromorphologie - die in unterschiedlicher Intensität möglich sind - dazu geeignet das Problem zu entschärfen. Neben relativ einfach umsetzbaren Strukturierungsmaßnahmen stellen größer angelegte Renaturierungsmaßnahmen ein probates Mittel dar, unterschiedliche Ursachen und Auswirkungen der Versandung zu reduzieren.

Bei allen strukturellen Maßnahmen in Fließgewässern sind eine gewisse Maßnahmengröße und eine leitbildkonforme Umsetzung entscheidend für den Erfolg. Wichtig ist daher eine adäquate wasserbauliche und ökologische Begleitung der Planung und Umsetzung.

Je nach dem Grad der Wiederherstellung der Naturnähe spricht man von einer Strukturierung oder einer Renaturierung. Wenn mittels Strömungselementen wie Blöcken oder Totholz im bestehenden regulierten Flussbett eine Diversifizierung der Strömung erreicht wird, handelt es sich um eine Strukturierung. Diese ist vergleichsweise einfach umsetzbar. Wird auch der Verlauf des Gewässers bzw. dessen Ufer- und Sohldynamik leitbildkonform wiederhergestellt, spricht man von einer Renaturierung. Dazu werden jedoch zumeist Umlandflächen benötigt, womit Aufwand und Kosten zumeist deutlich höher als bei einer Strukturierung sind. Die positiven Wirkungen für die Gewässerökologie und den Sedimenthaushalt sind aber jedenfalls auch als deutlich größer einzustufen als bei einer reinen Strukturierung.

- **Maßnahme B 1: Leitbildkonforme Restrukturierung**
- **Maßnahme B 2: Leitbildkonforme Renaturierung**

Maßnahmenkategorie: Strukturelle Maßnahmen im Fließgewässer

B

Maßnahme: Leitbildkonforme Restrukturierung

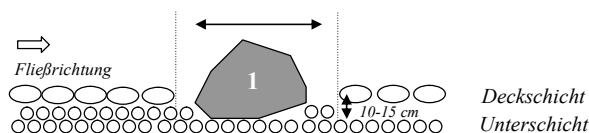
Wirksamkeit: Sofortmaßnahme / Nachhaltige Maßnahme

Situierung: im Hauptfluss

B 1

Eine leitbildkonforme Strukturierung einzelner Fließgewässerabschnitte wird ebenfalls als eine Möglichkeit angesehen das Problem der bestehenden oder der sich entwickelnden Versandung zu reduzieren. Diese Annahme stützt sich auf drei wesentliche Ergebnisse des vorliegenden Forschungsprojektes; (1) die Turbulenzintensität bzw. Turbulenzvariabilität wurde als eine wesentliche Größe hinsichtlich der Geschwindigkeit des Geschiebetransports ausgewiesen. Eine Erhöhung der Turbulenz durch Strukturen führt dadurch zu einem verbesserten Transportverhalten, (2) bereits kleinräumige Aufwertungen der Gewässerstruktur (Substratheterogenität), welche sich in einer Verbesserung der Versandungsklasse von 3 auf 2 niederschlagen, bringen signifikante Verbesserungen hinsichtlich Abundanz und Biomasse des Makrozoobenthos. Neben einer Zunahme der Fischnährtiere kommt es (3) auch zu einer Verbesserung der Habitatheterogenität für die Fischfauna, für welche kleinräumig unterschiedliche Lebensräume wichtig sind. Dies betrifft sowohl die eigendynamische Entwicklung von Kieslaichplätzen als auch verbesserte Adultfischhabitate (Sicht- und Strömungsschutz) wie lokale Tiefstellen um Strukturen.

In einer Pilotstudie wurden diese leitbildkonforme Strukturierung bereits in einem Abschnitt der Großen Mühl konzipiert und gemeinsam mit dem Gewässerbezirk Grieskirchen umgesetzt (Hauer, 2011; Hauer, 2012). In der Abbildung 466 sind Details zur Konzipierung bzw. zur Umsetzung dargestellt.



(a)

(b)

Abbildung 466: Konzipierung und Umsetzung einer leitbildkonformen Restrukturierung an der Gr. Mühl (a) Details zur Einbringung der Granitblöcke (2-3 Tonnen), (b) Umsetzung der Maßnahme in Zusammenarbeit mit dem Gewässerbezirk Grieskirchen.

Das Postmonitoring der Maßnahme zeigte eine deutliche Verbesserung hinsichtlich Heterogenisierung der Substratzusammensetzung (Abbildung 467a) bzw. auch hinsichtlich eine hydromorphologischen Lebensraumverbesserung. Beispielsweise konnte der Nachweis von Aalrutten bei den eingebrachten Blöcken im Zuge von Elektrofischungen erbracht werden (Abbildung 467b).

Diese Fischart wurde im Pre-Monitoring, sicherlich auch auf Grund der Strukturlosigkeit der Abschnitte, nicht nachgewiesen.

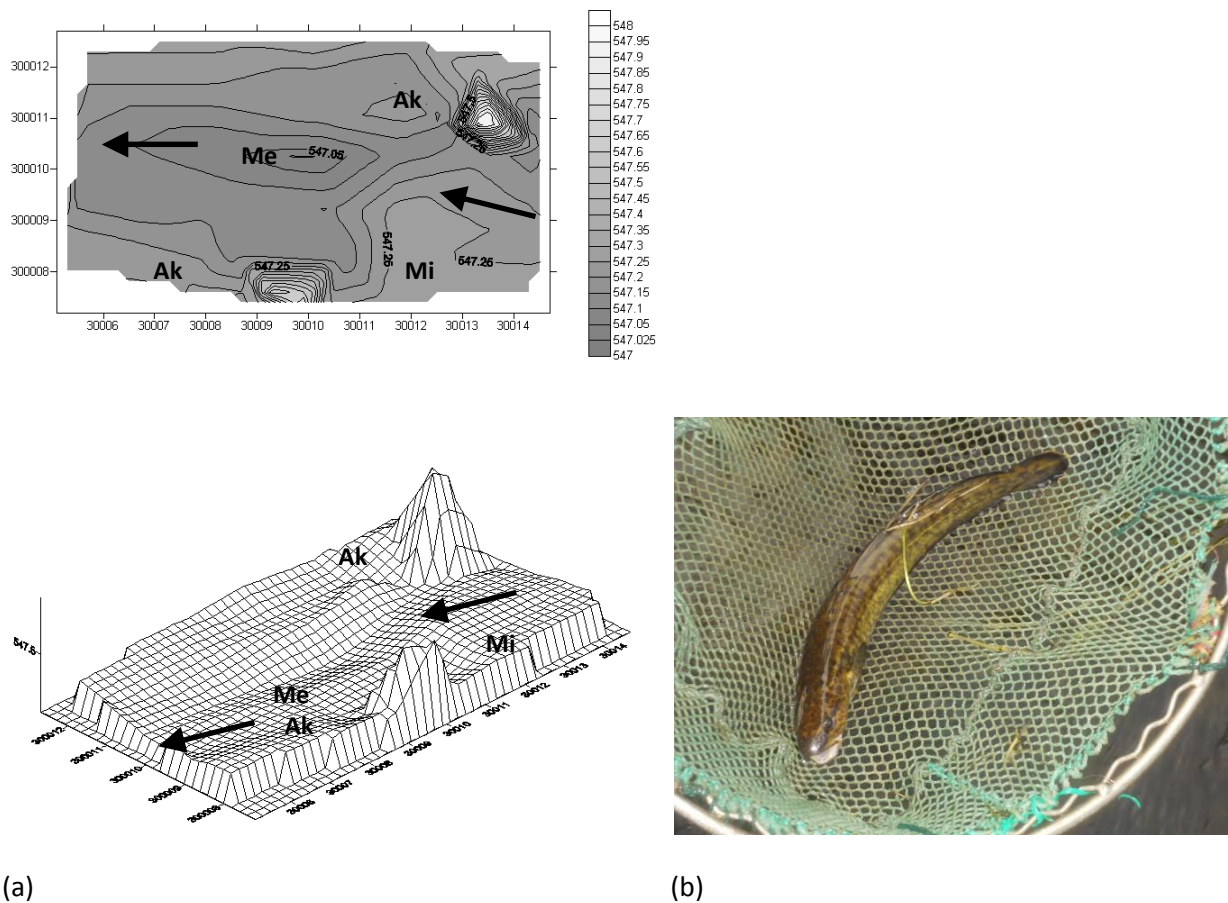


Abbildung 467: (a) Digitales Höhenmodell eines Detailbereichs der Gr. Mühl in dem 2 Granitblöcke (2-3 Tonnen) eingebracht wurden. Das Höhenmodell zeigt die eigendynamische Entwicklung nach einem Jahr; schwarze Pfeile zeigen die Fließrichtung; A = Akal ($d_m = 2 \text{ mm} - 2 \text{ cm}$), Mi = Mikrolithal ($d_m = 2 \text{ cm} - 6.3 \text{ cm}$), Me = Mesolithal ($d_m = 6.3 \text{ cm} - 20 \text{ cm}$), (b) subadulte Aalrutte gefangen im Nahbereich der Granitblöcke mittels Elektrofischung.

Die Strukturierung der Gewässer ist jedenfalls dem jeweiligen Flusstyp anzupassen. Im Prinzip sind es zwei unterschiedliche morphologische Typen, welche durch Strukturierung in ihrer Substratheterogenität verbessert werden können. Es sind dies der gestreckt bis pendelnd verlaufende Flachbett-Typ (dominierend in der Böhmisches Masse) und der gewundene bis mäandrierende Furt-Kolk Typ in flachen Bereichen der Verebnungsflächen. Der dritte in der Böhmisches Masse abgrenzbare Typ, der Kaskadentyp, bedarf keiner Strukturierung, da hier nach wie vor aufgrund geringerer menschlicher Einflussnahme Blöcke in der Größenordnung von bis zu mehreren Metern dominieren und auf Grund der Steilheit der Abschnitte keine vollständige Bedeckung mit Versandungsmaterial auftritt.

Leitbildkonform hinsichtlich der Strukturierung von Flachbettstrecken bedeutet das Einbringen von grobblockigen Strukturen (3 – 5 Tonnen) zur Erhöhung der Turbulenz und der Strömungs- (Substrat)-variabilität (Bsp. Strukturierung Gr. Mühl). Die ursprünglich in den Gewässern vorhandenen Blöcke sind sogar oftmals noch im Nahbereich vorhanden. Zum einen wurden sie bereits vor relativ langer Zeit für die Holzdrift und die Uferstabilisierung aus der Gewässermitteln an die Ufer verbracht und zum anderen wurden auch nach dem Hochwasserereignis 2002 weitere Gewässerabschnitte geräumt, wobei die Blöcke oftmals noch am Ufer vorhanden sind. Unter Berücksichtigung der

Hochwasserthematik ist zu unterscheiden zwischen Strecken in denen nichts gegen ein Wiedereinbringen des Materials spricht und jenen die zur Gewährleistung eines ausreichenden Durchflusses frei bleiben müssen.

In Gewässern von Furt-Kolk Strecken sind grobblockige Strukturen natürlicherweise nur eingeschränkt vorhanden und Totholz tritt als strukturbildendes Element zunehmend in den Vordergrund. Die Möglichkeiten zur Nutzung von Totholz als Strukturelement sollte unter Berücksichtigung der Anforderungen des Hochwasserrisikomanagements aber auch in Flachbett – Gewässerstrecken in die Überlegungen mit einbezogen werden. Auch hier gilt es bei der Konzeptionierung eine Abwägung hinsichtlich des Hochwasserschutzes zu treffen (siehe z.B. VeMaFlood – Habersack et al., 2009).

Im Sinne der genannten Verbesserungen liefert auch der Biber einen Beitrag zum natürlichen Eintrag von Totholz in die Fließgewässer (Abbildung 468).

Anwendungsbereiche allgemein:

Strukturierung mit Blöcken:

- Flachbetttyp (gestreckter bis pendelnder Verlauf)
- Bereiche wo dies unter Berücksichtigung des Hochwasserschutzes möglich ist.
- Bereiche wo die entnommenen Blöcke noch vor Ort vorhanden sind.

Strukturierung mit Totholz:

- Kolk-Furt-Typ (gewundener bis mäandrierender Verlauf)
- Bereiche wo dies unter Berücksichtigung des Hochwasserschutzes möglich ist.



(a)



(b)

Abbildung 468: (a), (b) Totholz als Anpassungsmaßnahme um die eigendynamische Entwicklung lokaler Tiefstellen bzw. eine Substratheterogenisierung zu fördern.

Maßnahmenkategorie: Strukturelle Maßnahmen im Fließgewässer**B****Maßnahme: Leitbildkonforme Renaturierung***Wirksamkeit:* Sofortmaßnahme / Nachhaltige Maßnahme**B 2***Situierung:* im Hauptfluss

Eine großflächige Renaturierung stellt aus ökologischer Sicht den Idealfall einer Verbesserung dar, speziell da hier verschiedene Maßnahmen kombiniert wirken. So können beispielsweise bei einer damit verbundenen Umlandabsenkung „Aussandungsschleifen“ mit Entnahmemöglichkeit, wie unter dem Punkt „Aktives Sedimentmanagement“ vorgeschlagen, integriert werden. Mit einer leitbildkonformen Renaturierung verbessert sich die „Sedimentselbstreinigungskraft“ des Gewässers. Durch Strukturen werden die Hydromorphologie und damit die Habitatvielfalt sowie auch das Gewässer-Umland-Gefüge aufgewertet.

Als Maßnahmenstandorte würden sich vor allem stark überprägten Regulierungsstrecken mit unterhalb gelegenen Siedlungsbereichen anbieten, wodurch starke Versandungstendenzen und Hochwasserprobleme entstehen (z.B. Feldaist flussauf von Kefermarkt oder im Bereich Freistadt). Es handelt sich dabei vor allem um die Wiederherstellung von flachen Talmäanderabschnitten mit abgesenktem Umland. Der Knackpunkt dabei ist jedenfalls die Flächenverfügbarkeit in diesen eher intensiv genutzten Bereichen und das finanzielle Umsetzungsvolumen.

Maßnahmenimpulse in Bezug auf eine solche zur Verbesserung der Versandungssituation ausgelegten Renaturierung unter Berücksichtigung einer größtmöglichen Schonung der aquatischen Fauna finden sich beispielsweise im Managementplan Wolfertsrieder Bach (Bayerischen Wald) (Höfler et al., 2014). Darin werden ein mehrstufiges Errichtungsszenario für eine gewässerverträgliche Umsetzung, Umlandabsenkungen mit Sediment-Entnahmemöglichkeiten sowie Aussandungsbereiche mittels kleinerer Strukturgeber skizziert.

Anwendungsbereiche allgemein:

- Stark überprägte Regulierungsstrecken in flacheren Abschnitten, eventuell mit nachgelagerten sensiblen Strecken in Bezug auf Hochwasserschutz oder Ökologie.
- Bereiche in denen Flächen verfügbar sind.

Maßnahmenkategorie: Maßnahmen entlang von Zubringern

C

Für Zubringer, welche eindeutig (z.B. Begehungen im Felde) als maßgeblich für den Feststoffeintrag identifiziert wurden, gibt es unterschiedliche Maßnahmvorschläge zur Reduktion des Materialeintrags.

Es gilt hier zwischen Zubringern in der Hochebene der Böhmisches Masse und Zubringern in den Durchbruchsstrecken (z.B. Steilstufen der Gr. Mühl) zu unterscheiden (Abbildung 469).

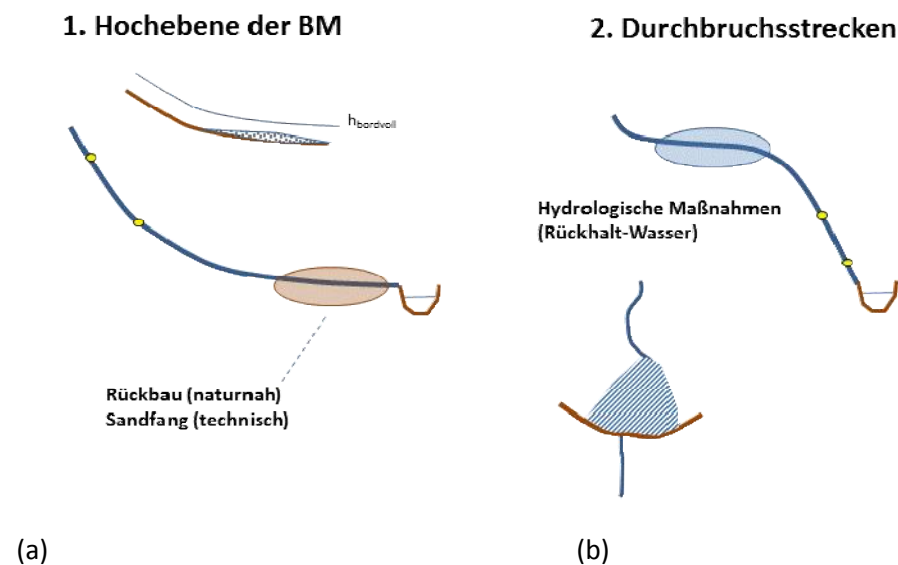


Abbildung 469: Schematische Darstellung von Zubringern (a) in der Hochebene der Böhmisches Masse und (b) in den Durchbruchsstrecken.

In Abhängigkeit des Gefälles und der Größe des hydrologisch wirksamen Einzugsgebiets werden Maßnahmen im Bereich der Einmündung in den Vorfluter oder bereits in den Oberen Einzugsgebieten empfohlen.

- **Maßnahme C 1: Rückbau von Zubringermündungen**
- **Maßnahme C 2: Rückhalt von Niederschlag / Reduktion Abfluss**
- **Maßnahme C 3: Kleine bauliche Maßnahmen zum Sedimentrückhalt**

Maßnahmenkategorie: Maßnahmen entlang von Zubringern

C

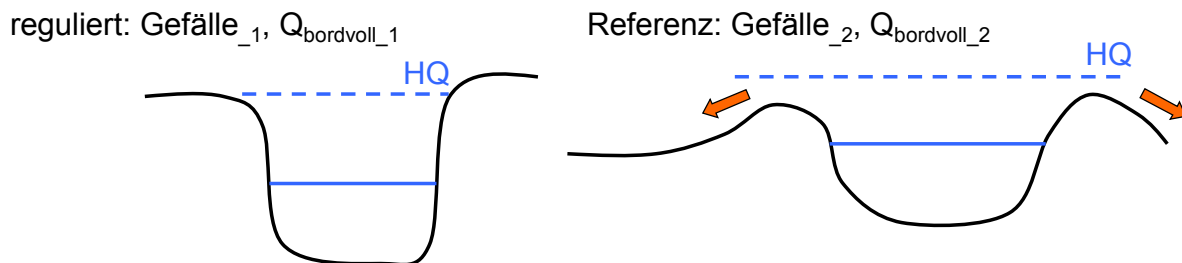
Maßnahme: Rückbau von Zubringermündungen

Wirksamkeit: Nachhaltige Maßnahme

Situierung: Zubringer

C 1

Der Rückbau bzw. die Rückführung von Zubringern, die als wesentlich für den Feststoffeintrag (Granitgrus) in die Vorfluter ausgewiesen wurden (z.B. Flanitz für die Aist), ist als eine nachhaltige und im Sinne der Gewässerökologie äußerst verträgliche Maßnahme anzusehen. Durch die Rückführung des Gewässerverlaufs in eine leitbildkonforme Ausführung (mäandrierend oder tangential in den Vorfluter einmündend) reduziert sich das Energieliniengefälle und somit die Transportkapazität im Falle von Hochwasser (Abbildung 470). Weiters ist die bordvolle Abfuhrkapazität deutlich geringer als im Vergleich zu regulierten (künstlich ausgegrabenen Zubringern).



- $\text{Transportkapazität}_{\text{reg.}} \gg \text{Transportkapazität}_{\text{Ref.}}$

Abbildung 470: Vergleich und theoretische Beschreibung unterschiedlicher Rahmenbedingungen für die Transportkapazität in einem regulierten und einem naturnahem Gerinne.

Die Richtigkeit der Annahme in Bezug auf die Feststofftransportprozesse konnte während, aber vor allem nach dem Hochwasser im Juni 2013 bestätigt werden. Ein rechtsufriger naturnaher Zubringer der Gr. Mühl trat nicht nur aus hydraulischer Sicht über die Ufer (Überflutung des Vorlandes), sondern auch die transportierten Feststoffe wurden auf Grund der reduzierten Transportkapazität und den damit verbundenen Verfüllen des Gerinnequerschnitts (Abbildung 471) entlang der Ufer abgelagert. Durch diesen Prozess kommt es zu einer sogenannten Rehenbildung und mitunter zu einer kontinuierlichen Erhöhung des Gerinnes im Vergleich zum Umland. Dieser Prozess beinhaltet aber vor allem auch einen reduzierten Feststoffeintrag in den Vorfluter. Der Eintrag von Granitgrus, als Teil der natürlichen Substratzusammensetzung der Fließgewässer der Böhmisches Masse bleibt zwar erhalten (Feststoffkontinuum), die eingetragene Menge wird jedoch auf ein natürliches oder naturnahes Maß (abhängig von weiteren Faktoren im EZG des Zubringers) reduziert.

Wichtig ist im Rahmen der Umsetzung solcher Maßnahmen die Grundverfügbarkeit, da in jenen Bereichen in denen der Sand abgelagert werden soll die Grundstücke aller Voraussicht nach abgelöst werden müssen. Auch eventuell notwendig werdende Erhaltungsmaßnahmen sollten bereits im Vorfeld mitberücksichtigt werden.

Anwendungsbereiche allgemein:

- Begradigte, stark regulierte Mündungsbereiche von Zuflüssen.
- Speziell in breiteren flacheren Talabschnitten



(a)



(b)



(c)



(d)

Abbildung 471: (a) Foto vom Juni-Hochwasser 2013 im Einzugsgebiet der Gr. Mühl, (b), (c), (d) Ablagerungen (Granitgrus) im und entlang eines rechtsufrigen Zubringers der Gr. Mühl.

Maßnahmenkategorie: Maßnahmen entlang von Zubringern**C****Maßnahme: Rückhalt von Niederschlag / Reduktion Abfluss***Wirksamkeit:* Sofortmaßnahme / Nachhaltige Maßnahme*Situierung:* Oberes Einzugsgebiet von Zubringern**C 2**

Für jene Zubringer, welche in Durchbruchsstrecken in die Vorfluter einmünden, ist die Reduktion der Transportkapazität durch Rückhalt von Niederschlag in den Gebieten des Oberen Einzugsgebiets hilfreich. Das gilt speziell, wenn es zu großen hydraulischen Belastungen der Gerinne kommt, wie beispielsweise durch die Einleitung von Drainagen- oder Regenwässern bei intensiver menschlicher Nutzung (Landwirtschaft, Siedlungen, Infrastruktur).

Ein Rückhalt kann durch generelle Verbesserungen hinsichtlich des Retentions- und Speicherverhaltens erfolgen (z.B. Anpassung der Umlandnutzung, Reduktion von Regenwassereinleitungen, Anlage von Versickerungsbecken), aber auch bauliche Lösungen oder Adaptionen des bestehenden Gerinnes können zum Rückhalt des Niederschlags beitragen (Abbildung 469). Die Wirksamkeit von technischen Maßnahmen ist aber ebenfalls wiederum stark von den transportierten Feststoffen bzw. von abgelagertem Material abhängig, da sich in Abhängigkeit der Verlandung das Volumen eines theoretischen Speichers fortlaufend reduziert.

Grundsätzlich ist eine längere Verweildauer der Niederschläge in der Landschaft wünschenswert. Als weitere Maßnahmen können hier auch noch die Anlage von Verrieselungsflächen für Drainagen im Gewässerumland und eine umsichtige Bewilligungspraxis bei Drainagen und Entwässerungen genannt werden.

Ergänzend sollen in den Zubringern zu den bereits beschriebenen Maßnahmentypen kleinräumige bauliche Maßnahmen in einem Gesamtkonzept mitüberlegt werden (siehe nächster Punkt).

Anwendungsbereiche allgemein:

- Zuflüsse und Einleitungen mit intensiv drainierten oder durch Siedlung und Infrastruktur genutzten oberen Einzugsgebieten.
- Speziell steile Zuflüsse mit einem damit einhergehenden großen Erosionspotential.

Maßnahmenkategorie: Maßnahmen entlang von Zubringern**C****Maßnahme: Kleine bauliche Maßnahmen zum Sedimentrückhalt***Wirksamkeit:* Sofortmaßnahme / bei entsprechender Wartung auch nachhaltig**C 3***Situierung:* Zubringer

Im Vorfeld solcher Kleinmaßnahmen empfiehlt sich eine detaillierte Begehung des zu bearbeitenden Detailinzugsgebietes, um die Hauptquellen und -pfade der Erosion zu identifizieren. Hilfreich kann hier auch die Aktivierung lokalen Wissens sein, indem örtliche Landnutzer und Landnutzerinnen in diesen Prozess einbezogen werden (siehe auch Kapitel „Bewusstseinsbildung und Öffentlichkeitsarbeit“). Speziell größere Forstgüter sollten für Pilotprojekte in diesem Sinne mobilisiert werden. Die gleichzeitigen Vorteile für den Nutzer / die Nutzerin des Bodens und für die Gewässer sind dabei zumeist gut zu vermitteln.

Kleine bauliche Maßnahmen, die den Rückhalt der Sedimente in den Flächen fördern, sind als ergänzende Maßnahme in allen Bereichen des Feststoffmanagements zu sehen. Beispiele hierfür gibt es bereits in einigen der untersuchten Einzugsgebiete (Abbildung 472) und in anderen umgesetzten Projekten, wie beispielsweise am Wolfertsrieder Bach (Höfler et al., 2014). In diesem Bereich können diverse dezentrale Maßnahmen im Einzugsgebiet genannt werden. Dazu gehören z.B. kleine Absetzbecken bei Forstwegen, Verrohrungen bei land- und forstwirtschaftlichen Wegen die eine verstärkte Erosion vermindern, Versickerung kleiner Zuflüsse im Uferschutzstreifen des Hauptgewässers, die Anlage von Ableitungen und Versickerungen in die Fläche, usw. Ein Ausleiten von transportierten Feststoffen in die Fläche sowie eine Reduktion weiterer Erosion stehen hierbei im Vordergrund. Neben bestimmten naturräumlichen Voraussetzungen (z.B. tlw. tieferliegende angrenzende Flächen) bedürfen diese Maßnahmen auch einer entsprechenden Flächenverfügbarkeit und Wartung (periodische Entnahme der abgelagerten Feststoffe).

Anwendungsbereiche allgemein:

- Maßnahmenmöglichkeiten für verschiedene kleinräumige Problemstellen.
- Vor allem entlang des forst- und landwirtschaftlichen Wegenetzes.



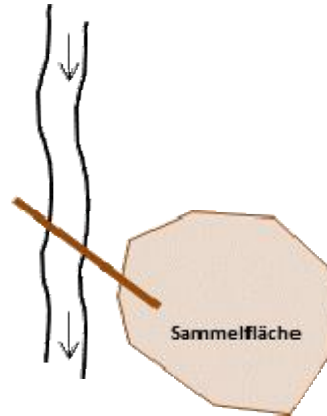
(a)



(b)



(c)



(d)

Abbildung 472: (a), (b), (c) Kleinräumige strukturelle Maßnahmen für die Ausleitung von transportierten Feststoffen in angrenzende Flächen, (d) schematisches Funktionsprinzip einer kleinräumigen Sedimentausleitung.

Maßnahmenkategorie: Bewirtschaftung im Einzugsgebiet**D**

Übergeordnet zu den bisher erbrachten Maßnahmenvorschlägen steht eine angepasste Bewirtschaftung im Einzugsgebiet. Hier besteht die Möglichkeit nachhaltig durch Reduktion des Versandungsmaterials positiv in das System einzugreifen. Es kann mit Änderungen in der Bewirtschaftung auch auf bereits laufende naturräumliche Veränderungen, wie z.B. den Auswirkungen der Globalen Erwärmung, reagiert werden.

Diese Maßnahmenkategorie ist oftmals in Kombination mit den Maßnahmen unter Punkt C zu sehen. Am besten erfolgt eine Konzeptionierung der notwendigen Maßnahmen aus den beiden Maßnahmenblöcken bei einer Begehung der oberen Einzugsgebiete gemeinsam mit den Landbewirtschaftern. So können lokale Problemstellen identifiziert und optimale Lösungsansätze erarbeitet werden.

- **Maßnahme D 1: Maßnahmen im Bereich der forstwirtschaftlichen Nutzung**
- **Maßnahme D 2: Maßnahmen im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzung**
- **Maßnahme D 3: Maßnahmen im Bereich Straßen- und Wegebau sowie Infrastrukturerhaltung**

Maßnahmenkategorie: Bewirtschaftung im Einzugsgebiet**D****Maßnahme: Maßnahmen im Bereich der forstwirtschaftlichen Nutzung***Wirksamkeit:* Nachhaltige Maßnahme*Situierung:* Einzugsgebiet**D 1**

Wie im Ursachen-Kapitel bereits erläutert, ist davon auszugehen, dass die forstliche Bewirtschaftung nicht unerheblich an der Erosion des Sandes in den Einzugsgebieten beteiligt ist. Es bieten sich daher in diesem Bereich zahlreiche Ansatzmöglichkeiten für Maßnahmen. Deren Umsetzung ist jedoch teilweise mit einer längerfristigen Perspektive zu sehen, da dafür zum einen die Landnutzer und Landnutzerinnen überzeugt werden müssen und zum anderen waldbauliche Maßnahmen an sich einen längeren Umsetzungshorizont haben. Andere Maßnahmen könnten aber auch sofort wirksam werden. Mit den „Waldbewirtschaftungsrichtlinien für das Einzugsgebiet der Aist“ (Hochbichler et al., 2012) steht bereits eine äußerst fundierte Umsetzungsanleitung bezüglich forstlicher Maßnahmen zur Verfügung. Die Umsetzung dieses Konzeptes sowohl für das Einzugsgebiet der Aist wie auch für alle anderen Einzugsgebiete muss dringend forciert werden.

Die Maßnahmen können unterteilt werden in:

- **Angepasster forstlicher Wegebau:** Berücksichtigung der Erosionsgräben und Einbeziehung des Themas Erosionsschutz in die Planung, Anlage von Rohrdurchlässen wo notwendig, etc.
- **Dezentrale Maßnahmen** wie in Kapitel „Kleine bauliche Maßnahmen zum Sedimentrückhalt“ aufgelistet (z.B. Ableitungen in die Fläche, Versickerungsflächen, etc.)
- **Waldbauliche Maßnahmen:** Förderung und Forcierung von Plenterwirtschaft und Mischwäldern im Vergleich zu Altersklassenwäldern und Fichtenforsten; Entwicklung eines naturnahen Waldaufbaues mit einer ausreichenden Kraut- und Strauchschicht
- **Standortgerechter Gehölzstreifen an Gewässern und Erosionsgräben:** Fichtenforste die direkt in das Gewässerumland heranreichen oder Erosionsgräben säumen, sollten durch einen standortgerechten Wald mit mehrschichtigem Vegetationsaufbau ersetzt werden. Nur dadurch kann die übermäßige Erosion in diesen Bereichen hintangehalten werden.

Diesbezüglich gilt es in Zusammenarbeit mit den zuständigen Förder- und Beratungsstellen Umsetzungsprogramme zu entwickeln bzw. vorhandene Instrumentarien zu forcieren.

Großflächige Verbesserungsmöglichkeiten würden sich jedenfalls ergeben, wenn man die Zusammenarbeit mit den Verwaltungen der größeren Forstgüter suchen würde. Das Thema Versandung ist dabei jedenfalls in hohem Maße dazu angetan auch die Landnutzer und Landnutzerinnen von der Sinnhaftigkeit der Erosionsreduktion zu überzeugen, da es in deren ureigenstem Interesse liegt ihre Lebensgrundlage Boden zu erhalten. Dies gilt gleichermaßen für die Forst- wie auch für die Landwirtschaft.

Anwendungsbereiche allgemein:

- Forstlich bewirtschaftete Flächen in den Einzugsgebieten

Maßnahmenkategorie: Bewirtschaftung im Einzugsgebiet**D****Maßnahme: Maßnahmen im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzung***Wirksamkeit:* Nachhaltige Maßnahme*Situierung:* Einzugsgebiet**D 2**

Auch im Bereich der Landwirtschaft sollten neben den bereits bestehenden Programmen (z.B. ÖPUL (Winterbegrünungen, etc.), Vertragsnaturschutzflächen, usw.) weitere erosionsmindernde Maßnahmen forciert werden. Die wichtigsten Punkte dabei sind:

- Schutz oder Schaffung eines ausreichenden Uferschutzstreifens an den Gewässern in agrarisch genutzten Bereichen.
- Forcierung einer Extensivierung der Gewässerumlandflächen durch Agrarumweltmaßnahmen und Vertragsnaturschutz, beispielsweise die Umwandlung von gewässernahen Ackerflächen in Grünland.
- Auszäunen der Gewässer aus Viehweiden um die Ufererosion zu reduzieren. Teilweise wurden bei der Begehung solche Situationen festgestellt (siehe Kapitel „Ursachen“ - Endbericht). Hier gilt es Gegenmaßnahmen zu setzen.

Vielfach sind diesbezüglich bereits geeignete Förder- und Umsetzungsinstrumentarien vorhanden, diese müssen aber auch gezielt genutzt werden (siehe dazu auch das Kapitel „Bewusstseinsbildung und Öffentlichkeitsarbeit“ - Endbericht).

Anwendungsbereiche allgemein:

- Landwirtschaftlich bewirtschaftete Flächen im Einzugsgebiet

Maßnahmenkategorie: Bewirtschaftung im Einzugsgebiet**D****Maßnahme: Maßnahmen im Bereich Straßen- und Wegebau sowie Infrastrukturerhaltung***Wirksamkeit:* Nachhaltige Maßnahme*Situierung:* Einzugsgebiet**D 3**

Auch der öffentliche Straßen- sowie ländliche Wegebau wurde als Erosionsquelle und auch als starker Verursacher für Erosionspfade identifiziert. Das Thema muss daher Eingang in das Bewusstsein der verantwortlichen Behörden und Umsetzungsstellen finden und in der Planung und Umsetzung berücksichtigt werden.

Mögliche Maßnahmen in diesem Bereich sind:

- Vermeidung von großen Geländeanschnitten bzw. ausreichender Erosionsschutz von offen liegenden Geländeanschnitten durch spezielle Ansaattechniken, sowie Kokos- oder anderweitige Mulchmatten.
- Keine direkte Einleitung von Straßenentwässerungen in Gräben an der hydraulischen Belastungsgrenze, deren zusätzliche Dotation zu einer übermäßigen Erosion führen würde.
- Keine direkten Einleitungen von Straßenwässern in die Fließgewässer.
- Planung und Anlage von kleinen, dezentralen Aussandungsbecken bei Straßengräben, oder die Versickerung der Wässer im Vorland bzw. Uferrandstreifen der Bäche und Flüsse.

Die Herstellung direkter und langer Verbindungen aus dem Einzugsgebiet mit dem Gewässer muss vermieden werden. Unterbrechungen der Begleitgräben und wenn möglich Ableitungen in die Fläche oder in Versickerungsbecken sind einzuplanen.

Anwendungsbereiche allgemein:

- Entlang des öffentlichen und forst- und landwirtschaftlichen Straßen- und Wegenetzes.

Maßnahmenkategorie / Maßnahme: Lokale Hochwasserschutzmaßnahmen

E

Neben den unterschiedlichen Maßnahmen zur Reduktion der Sandfrachten im Gewässer können stellenweise auch kleinere lokale Lösungen zu einer Verbesserung der Hochwassersituation beitragen.

Zu bedenken gilt es vor allem, dass im Bereich des Kristallins der Böhmisches Masse kleinere Abflüsse transportrelevant sind, als in den üblicherweise angewandten Regimegleichungen angenommen. Für die Regimebreite der Gewässer in diesem Bereich sind bereits Abflüsse um Mittelwasser ausschlaggebend (siehe Projektbericht).

Diese Maßnahmenkategorie wurde in zwei Teilmaßnahmen unterteilt:

- **Maßnahme E1: Kontrollen und Unterhaltungsmaßnahmen im Bereich hochwasserkritischer Sandablagerungen**
- **Maßnahme E 2: Lokale hydraulische Adaptierungen zum Hochwasserschutz**

Maßnahmenkategorie / Maßnahme: Lokale Hochwasserschutzmaßnahmen

Maßnahme: Kontrollen und Unterhaltungsmaßnahmen im Bereich hochwasserkritischer Sandablagerungen

Wirksamkeit: Sofortmaßnahme / Nachhaltige Maßnahme

E 1

Situierung: kleinräumig

Im Zuge der Kartierung wurden größere, in den Gewässern vorhandene, Sandablagerungen lokalisiert und ihre Hochwasserrelevanz für angrenzende Gebäude und Infrastruktureinrichtungen bewertet. Für die Anlandungen ist somit eine Planungsgrundlage hinsichtlich Kontroll- und Unterhaltungsaufwand vorhanden. Die relevanten Anlandungen sollten in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden. Gegebenenfalls sind Entnahmen durchzuführen. Für solche gelten die unter Punkt A erörterten Rahmenbedingungen.

Speziell aus Sicht der Ökologie sind übermäßige Entnahmen dort wo keine Hochwassergefährdung besteht, zu vermeiden.

Darüber hinaus soll dieses Wissen auch in die Maßnahmensituierung für etwaige Sedimententnahme (siehe Maßnahme A 1) eingebracht werden.

Anwendungsbereiche allgemein:

- Im Bereich bekannter Sandablagerungen (siehe Kartierungsergebnisse)

**Maßnahmenkategorie / Maßnahme: Lokale
Hochwasserschutzmaßnahmen****E****Maßnahme: Lokale hydraulische Adaptierungen zum Hochwasserschutz***Wirksamkeit:* Sofortmaßnahme / Nachhaltige Maßnahme*Situierung:* kleinräumig**E 2**

Bei der Kartierung konnten auch kleinräumige Problemstellen in Bezug auf Hochwasserschutz in Siedlungsbereichen lokalisiert werden. Dies betrifft vor allem Sandanlandungen (siehe Maßnahme E 1 und Kapitel „Kartierung“ - Endbericht) sowie beispielsweise ungünstige hydraulische Situationen in Brückenbereichen, die zu einer vermehrten Sandablagerung führen. Solche Bedingungen treten beispielsweise im Bereich der Straßenbrücke in Pregarten, bei der Brücke über die Große Gusen in Engerwitzdorf, oder auch im Bereich von Zissingdorf im Tal der Kleinen Gusen auf. Hier kann die Ausbildung einer Mittelwasserrinne bzw. etwas über Mittelwasser eine Verbesserung der Situation bringen. Die andere Möglichkeit wäre die hier derzeit ohnehin notwendigen Sandentnahmen in ein größer angelegtes Sedimentmanagement einzubetten.

Wie bereits angemerkt ist bei der Dimensionierung der Gerinne jedenfalls den individuellen Bedingungen durch das feine Geschiebe des Kristallins Rechnung zu tragen. Als Bemessungsereignis ist eine Mittelwasserführung bzw. etwas darüber heranzuziehen. Breitere Durchlässe ohne Berme führen durch die verringerten Schleppspannungen zu unerwünschten Ablagerungen.

Lokal können auch weitere Hochwasserschutzmaßnahmen notwendig werden. Dazu zählen Verbauungen, Dämme im Hinterland oder Objektschutzmaßnahmen. Grundsätzlich sind jedenfalls wenn möglich naturnahe Lösungen zu bevorzugen. Der Sedimenthaushalt eines Gewässers hat viel mit den Prozessen bei erhöhten Wasserführungen und Überflutungen zu tun und hängt damit vor allem von einem intakten Gewässer-Umland-Gefüge ab. Deshalb sind Lösungen die dem Gewässer mehr Platz zugestehen jedenfalls optimaler. Lokal notwendige technische Ansätze sind teilweise unvermeidbar, müssen jedoch sorgfältig abgestimmt werden.

Anwendungsbereiche allgemein:

- Bei bekannten lokalen Problemstellen
- Vor allem bei Brücken und in regulierten Bereichen

Maßnahmenkategorie / Maßnahme: Alternative Formen der fischereilichen Bewirtschaftung

F

Wirksamkeit: Sofortmaßnahme

Situierung: kleinräumig in Hauptfluss oder Zubringer

Diese Maßnahme, welche als alternative Form der fischereilichen Bewirtschaftung bezeichnet wird, ist als aktive Maßnahme der Laichplatzpflege anzusehen. Dieser Maßnahmentyp, bereits im Einzugsgebiet der Großen Mühl erfolgreich umgesetzt, beinhaltet eine jährliche mechanische Lockerung des mit Granitgrus bedeckten oder kolmatierten Sohlsubstrats (Abbildung 473a, b). Als Sofortmaßnahme sind die Arbeiten einfach und kostengünstig vor den Laichzeiten im Frühjahr und Herbst (bei Bedarf) umzusetzen. An der Großen Mühl zeigten vor allem die Äschen eine deutliche Reaktion auf die mechanische Lockerung des Sohlsubstrats an bekannten und theoretisch nutzbaren Laichplätzen (Abbildung 473c, d).



(a)



(b)



(c)



(d)

Abbildung 473: Mechanische Bearbeitung versandeter (kolmatierter) Kieslaichplätze an der Gr. Mühl mit dem Ziel eine Lockerung des Kieses bzw. eine Reduktion der Feinanteile herbeizuführen, (c) und (d) adulte Äsche (*Thymallusthymallus*), männlich an einem durch mechanische Bearbeitung aufgelockerten Kieslaichplatz (Standort Berdmühle, Gr. Mühl); Fotos (a) und (b) Bernd Keplinger.

Anwendungsbereiche allgemein:

- Speziell in Gewässern der Äschen- und Unteren Forellenregion

Maßnahmenkategorie / Maßnahme: Bewusstseinsbildung und Öffentlichkeitsarbeit

G

Wirksamkeit: Nachhaltige Maßnahme

Situierung: Einzugsgebiet / gesamte Region

Da das Thema Sediment ein kompliziertes Ursachen-Wirkungsgefüge aufweist und seine Betrachtung ganze Einzugsgebiete umfasst, ist für eine erfolgreiche Problemlösung die Sensibilisierung der unterschiedlichsten Akteure und Akteurinnen in den notwendigen Fachdisziplinen (z.B. Straßenbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei, Bewilligungsbehörden) und der Bevölkerung notwendig.

Bei Gesprächen während der Kartierungsarbeiten oder im Zuge von öffentlich veranstalteten „Flussdialogen“ hat sich gezeigt, dass bei vielen Anrainern und Anrainerinnen bereits ein deutliches Problembewusstsein vorhanden ist. Wichtig scheinen in diesem Bereich vor allem die Aus- und Weiterbildung von Land- und Forstwirten sowie von ausführenden und beratenden Behörden und Interessensvertretungen. Themen könnten beispielsweise die Auswirkungen verschiedener Bewirtschaftungsweisen auf den Sedimenthaushalt oder auch erosionsarmer Straßen- und Wegebau sein.

Des Weiteren gilt es ohnehin in der Region tätige Institutionen wie die Natura 2000 - Gebietsbetreuungen oder auch die Verantwortlichen z.B. der Naturparks fachlich zu informieren und als Multiplikatoren zu nutzen.

Auch die Einbeziehung von Schulen beispielsweise bei Renaturierungsmaßnahmen kann die Förderung des Problembewusstseins und die Maßnahmenakzeptanz in der breiten Bevölkerung unterstützen.

Anwendungsbereiche allgemein:

- Speziell im Rahmen von Einrichtungen wie z.B. Natura2000 – Gebietsbetreuungen, Naturparks, etc.
- Fachübergreifend mit den unterschiedlichen in den Einzugsgebieten arbeitenden Dienststellen und Landnutzern und Landnutzerinnen

18. Literatur

- Altmüller, R., Dettmer, R. (2006): Erfolgreiche Artenschutzmaßnahmen für die Flussperlmuschel *Margaritifera margaritifera* L. durch Reduzierung von unnatürlichen Feinsedimentfrachten in Fließgewässern. Erfahrungen im Rahmen des Lutterprojektes. - In: NLWKN (2006): Beiträge zum Fließgewässerschutz III – Erfolgreicher Arten- und Biotopschutz in Heidebächen. – Inform.d. Naturschutz Niedersachs. 26 (4), 192 - 204.
- Ashmore, P., Church, M., (2001). The impact of climate change on rivers and river processes in Canada, Geological Survey Of Canada 555. Ottawa. 58 S.
- AQEM (2002): The Development and Testing of an integrated Assessment System for the Quality of Streams and Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates; Förderung durch die Europäische Kommission; Contract No.: EVK1-CT 199-00027; Laufzeit 3/2000 – 2/2002. www.aqem.de
- Baumann, N. (2007): Gewässerpflege Und-Instandhaltung. Weltwassertag 2007(1/2007). Wasserland Steiermark: 32–35.
- Bhallamudi, S., Murty, Hanif Chaudhry, M. (1991): Numerical Modeling of Aggradation and Degradation in Alluvial Channels. *Journal of Hydraulic Engineering* 117(9): 1145–1164.
- Bovee, K.D., Cochnauer, T. (1977): Development and evaluation of weighted criteria, probability-of-use curves for instream flow assessments: Fisheries, Instream Flow Information Paper 3, U.S.D.I. Fish. Wildl.Serv., Office of Biol. Serv, FWS/OBS-77/63.
- Bozek, M.A., Rahel, F.J. (1992): Generality of microhabitat suitability models for young Colorado cutthroat trout (*Onchorynchus clarki pleuriticus*) across sites and among years in Wyoming streams, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49: 552-564.
- Bucher, R. (2002): Feinsedimente in schweizerischen Fließgewässern - Einfluss auf die Fischbestände. - Teilprojekt-Nr. 01/07, Fischnetzpublikation, Projekt «Netzwerk Fischrückgang Schweiz», Dübendorf, 84 S.
- Buddensiek, V. (1991): Untersuchungen zu den Aufwuchsbedingungen der Flußperlmuschel *Margaritifera margaritifera* LINNAEUS (*Bivalvia*) in ihrer frühen postparasitären Phase. - Dissertation, Universität Hannover.
- Buddensiek, V. (1992): The pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in its early postparasitic life. - *Arch. Hydrobiol.*, Supplement, im Druck.
- Buddensiek, V., Ratzbor, G. (1995): Restoration of sedimental quality in a small brook of the Lüneburger Heide, Northern Germany. *Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Masarykianae Brunensis, Biologia*, 91: 19–24.

- Buishand, T. A. (1982): Some Methods for Testing the Homogeneity of Rainfall Records. *Journal of Hydrology* 58(1–2): 11–27.
- BMLFUW (Hrsg.)(2010): Leitfaden zur hydromorphologischen Zustandserhebung von Fließgewässern, Wien, 71 S. + Anhang.
- Cline, L. D., R. A. Short, Ward, J. V. (1982): The influence of highway construction on the macroinvertebrates and epilithic algae of a high mountain stream. *Hydrobiologia* 96: 149–159.
- Cordone, A.J. & D.W. Kelley (1961): The Influences of Inorganic Sediment on the aquatic Life in Streams. - in: California Fish and Game "Conservation of Wildlife through Education" Vol. 47 April 1961, Number 2, S. 189-228.
- Correia, P., Bommanna, G., Krishnappan, Walter, H. (1992): Fully Coupled Unsteady Mobile Boundary Flow Model. *Journal of Hydraulic Engineering* 118(3): 476–494.
- Craddock, J. M. (1979): Methods of Comparing Annual Rainfall Records for Climatic Purposes. *Weather* 34(9): 332–346.
- Csar, D. & C. Gumpinger (2009): Ergänzende gewässerökologische Erhebungen im Gewässersystem der Mühl im Rahmen des Landschaftspflegeplans „Böhmerwald und Mühltäler“. - Im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung, Direktion für Landesplanung, wirtschaftliche und ländliche Entwicklung, Abteilung Naturschutz und Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Oberflächengewässerwirtschaft, 106 S. + Anhang.
- Csar, D., B. Dort, C. Scheder & C. Gumpinger (2010): Analyse der Nahrungsqualität für die Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) und Maßnahmen zu deren Verbesserung im Einzugsgebiet des Oberlaufes der Maltzsch auf österreichischem Staatsgebiet – Endbericht. - Im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Anlagen- Umwelt- und Wasserrecht / Wasserrechtliches Planungsorgan, Wels, 117 S.
- Culp, J. M., Davies, R. W. (1985): Responses of benthic macroinvertebrate species to manipulation of interstitial detritus in Carnation Creek, British Columbia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42:139–146.
- DORIS (2014): Digitales Oberösterreichisches Raum-Informationen-System. Abfrage der Wasserkraftanlagen im Wasserbuch, URL: <http://doris.ooe.gv.at/index.asp> (Zugriff im August 2014).
- Eakin, T. E. (1964): Ground-Water Appraisal of Coyote Spring and Kane Spring Valleys and Muddy River Springs Area: Lincoln and Clark Counties, Nevada. Carson City, Nev.: Dept. of Conservation and Natural Resources.

- Edwards, P.J., T.C. Cain, & C.J. Gagen (2007): Using multiple fine-sediment size classes to evaluate the condition of trout spawning habitat. - in: M. Furniss, C. Clifton, & K. Ronnenberg, eds. *Advancing the Fundamental Sciences: Proceedings of the Forest Service National Earth Sciences Conference*, San Diego, CA, 18-22 October 2004, PNW-GTR-689, Portland, OR: USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Eriksen, C. H. (1966): Ecological significance of respiration and substrate for burrowing Ephemeroptera. *Canadian Journal of Zoology* 46:93–103.
- Erman, D. C., Ligon, F. K. (1988): Effects of discharge fluctuation and the addition of fine sediment on stream fish and macroinvertebrates below a water-filtration facility. *Environmental Management* 12:85–97.
- Europäische Kommission (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. European Commission PE-CONS 3639/1/100 Rev 1, Luxemburg.
- Fink, M. H., Moog, O., Wimmer, R. (2000): Fließgewässer-Naturräume Österreichs. Umweltbundesamt. http://www.landesmuseum.at/pdf_frei_remote/UBA_M-128_0001-0110.pdf, accessed September 23, 2014.
- Geist, J., Auerswald, K. (2007): Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). – *Freshwater Biology*, 52, 299-2316.
- Geist, J. (2010): Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of Conservation Genetics and Ecology. - *Hydrobiologia* 644, 69-88.
- GEOIMAGE AUSTRIA (2015): Geodatendienste. Orthofoto WMS Dienst, URL: <http://www.geoimage.at/geodatendienste.html> (Zugriff im Jänner 2015).
- Graham, A. A. (1990): Siltation of stone-surface periphyton in rivers by clay-sized particles from low concentrations in suspension. *Hydrobiologia* 199:107–115.
- Gstöttenmayr, D., C. Scheder & C. Gumpinger (2015): Vision Flussperlmuschel Jahresbericht 2014. - Bericht im Auftrag der Abteilung Naturschutz, Direktion für Landesplanung, wirtschaftliche und ländliche Entwicklung am Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, und der Europäischen Union, 31 S. + Anhang.
- Gumpinger, C., D. Csar, S. Auer & S. Höfler (2012): Maßnahmen zur Reduktion der Feinsedimentbelastung der Maltach - Verbesserung der Habitatqualität für die Flussperlmuschel *Margaritifera margaritifera*. – Im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung, Abteilung Naturschutz, 64 S.

- Habersack, H. (1995): Praktische Anwendung der HEC-Software. ÖWAV Seminar Mathematische Modellierung offener Gerinne, Band 17, Konstruktiver Landschaftswasserbau, TU Wien.
- Habersack, H., Bürgel, J., Kanonier, A. (2009): FloodRisk II: Vertiefung und Vernetzung zukunftsweisender Umsetzungsstrategien zum integrierten Hochwassermanagement, Synthesebericht, BMLFUW. 274 S.
- Habersack, H., Petraschek, A., Bürgel, J. et al. (2004): Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2002 - FloodRisk, BMLFUW.
- Habersack, H., Schober, B., Haspel, D. (2014): Überflutungsflächenverlust und Hochwasserrisiko unter Berücksichtigung des Klimawandels. Endbericht von StartClim2013.B in StartClim2013: Anpassung an den Klimawandel in Österreich – Themenfeld Wasser, Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, ÖBF, Land Oberösterreich.
- Hairsine, P.B., Rose, C.W. (1991): Rainfall Detachment and Deposition: Sediment Transport in the Absence of Flow-Driven Processes. *Soil Science Society of America Journal* 55(2): 320 S.
- Hanneschläger, M. (2001): Die Situation der Flussperlmuschel im oberen Mühlviertel: Untersuchungen über die Flussperlmuschel im Flusssystem der Großen und Kleinen Mühl. – Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, Inst. für Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur, 210 S.
- HAÖ (2007): Hydrologischer Atlas Österreichs. 3. Lieferung, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Wien.
- Harrison, E.T., Norris, R. H. & S. N. Wilkinson (2007): The impact of fine sediment accumulation on benthic macroinvertebrates: implications for river management. - in: Wilson, A.L., Dehaan, R.L., Watts, R.J., Page, K.J., Bowmer, K.H., & Curtis, A. (2007). *Proceedings of the 5th Australian Stream Management Conference. Australian rivers: making a difference.* Charles Sturt University, Thurgoona, New South Wales, S. 139 - 144.
- Hartung, J., Elpelt, B. (1999): *Multivariate Statistik.* München, Wien.
- Hauer, C. (2011): Leitbildbezogene Strukturierung der Großen Mühl als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel. Studie im Auftrag des Fischereirevier Rohrbach; 36 S.
- Hauer, C. (2012). Monitoring von Leitbildbezogenen Strukturierungsmaßnahmen an der Gr. Mühl. Studie im Auftrag des Fischereireviers Rohrbach. 11 S.
- Hauer, C., Holzapfel, P., Habersack, H. (2013): Überprüfung der Möglichkeiten zum Geschieberückhalt an der Naarn flussauf der Freibadanlage Perg / O.Ö., Studie im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung; 32 S.

- Hauer, C. (2015): Review of hydro-morphological management criteria on a river basin scale for preservation and restoration of freshwater pearl mussel habitats. *Limnol. - Ecol. Manag. Inland Waters*, The current status and future challenges for the preservation and conservation of freshwater pearl mussel habitats 50, 40–53. doi:10.1016/j.limno.2014.11.002
- Hjulström, F. (1935): Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the River Fyris: Inaugural Dissertation. Almqvist & Wiksells.
- Hochbichler, E., R. Jakl, C. Ettmayer, Raschka, M. (2012): Waldbewirtschaftungsrichtlinien für das Einzugsgebiet der Aist. Institut für Waldbau, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur. - im Auftrag des Hochwasserschutzverbandes Aist, Wien, 140 S.
- Höfler S. & C. Gumpinger (2014): Erhebung der Feinsedimentbelastung in oberösterreichischen Alpenvorland-Gewässern - Inklusive Literaturstudie zum Thema Feinsediment in Gewässerökosystemen. - Im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Oberflächengewässerwirtschaft, Wels, 106 S. + Anhang.
- Höfler S., Gumpinger, C. (2014): Hochwasserschutzprojekt der Marktgemeinde Leopoldschlag an der Maltsch (OÖ.). Bericht der ökologischen Baubegleitung - Im Auftrag der Marktgemeinde Leopoldschlag, Wels, 40 S.
- Höfler, S., D. Csar, C. Gumpinger, H. Schmidt, Necker, R. (2014): Managementplan für das FFH-Gebiet 7043-372 „Wolfertsrieder Bach“. - Im Auftrag der Regierung von Niederbayern, Sachgebiet Naturschutz, Wels, 66 S.
- Illies J., Botosaneanu L. (1963): Problemes et methodes de la classification et de la zonation ecologique des eaux courantes, considerees surtout du point de vue faunistique. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 12: 1–57.
- Illies, J. (Ed.) (1978): *Limnofauna Europaea*. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage, G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York; Swets & Zeitlinger B.V., Amsterdam. 532 S.
- Jessop, B. M., Anderson, W. E. (1989): Effects of Heterogeneity in the Spatial and Temporal Pattern of Juvenile Alewife (*Alosa Pseudoharengus*) and Blueback Herring (*A. Aestivalis*) Density on Estimation of an Index of Abundance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46(9): 1564–1574.
- Jessop, B. M. (2003): A CUSUM Analysis of Discharge Patterns by a Hydroelectric Dam and Discussion of Potential Effects on the Upstream Migration of American Eel Elvers. Maritimes Science Branch, Department of Fisheries and Oceans.

- Kellerhals, R. (1967): Stable Channels with Gravel-Paved Beds. *J. Waterw. Harb. Div.* 93, 63–84.
- Kruskal, J.B. (1964): Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a non-metric hypothesis. *Psychometrika* 29: 1-27.
- Land Oberösterreich (2007): Raumeinheit Aist-Naarn-Kuppenland. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung in Zusammenarbeit mit grün integral – Technisches Büro für Landschaftsplanung, 99 S.
- LAWA. (2000). Arbeitskreis Gewässerbewertung - Fließgewässer: Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland: Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. Kulturbuch-Verlag, Schwerin.
- Leitner, P., Hauer, C., Ofenböck, T., Pletterbauer, F., Schmidt-Kloiber, A., Graf, W. (2015): Fine sediment deposition affects biodiversity and density of benthic macroinvertebrates: A case study in the freshwater pearl mussel river Waldaist (Upper Austria). *Limnol. - Ecol. Manag. Inland Waters, The current status and future challenges for the preservation and conservation of freshwater pearl mussel habitats* 50, 54–57. doi:10.1016/j.limno.2014.12.003
- Lemly, A. D. (1982): Modification of benthic insect communities in polluted streams: Combined effects of sedimentation and nutrient enrichment. *Hydrobiologia* 87:229–245.
- Leopold, Luna B. (1994): *A View of the River*. - Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 298 S.
- Leopold, L., Maddock, T. (1953): *The Hydraulic Geometry of Stream Channels and Some Physiographic Implications*. Y Rep.
- Lerchegger, B. (2012): *Biomonitoring und chemisch-physikalische Untersuchungen der Wasser- und Detritusqualität potentieller Lebensräume der Flussperlmuschel (Margaritifera margaritifera) in Oberösterreich*. - Masterarbeit, Wels, 128 S. + Anhänge.
- Leyer, I., Wesche, K. (2008): *Multivariate Statistik in der Ökologie*. Springer Verlag. Berlin - Heidelberg.
- Liggett, J., Cunge, J.A. (1975): Numerical methods of solution of the unsteady flow equations. *Unsteady flow in open channels*, 159–179.
- Mahmood, K., Yevjevich, V. (1975): *Unsteady Flow in Open Channels Volume I*. Water Resources Publications.
- Mangelsdorf, J. & K. Scheurmann (1980): *Flußmorphologie*. – Ein Leitfaden für Naturwissenschaftler und Ingenieure. R. Oldenburg Verlag GmbH, München.

- McCune, B., Mefford, M. J. (2006): PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 5.33. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- Meyer-Peter, E., Müller, R. (1948): Formulas for Bed-Load transport.
- Millar, R.G., (2005): Theoretical regime equations for mobile gravel-bed rivers with stable banks. *Geomorphology* 64, 207–220. doi:10.1016/j.geomorph.2004.07.001
- Montgomery, D.R., Buffington, J.M. (1997): Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society American Bulletin*, 109, 596-611.
- Moog, O. (Ed.) (2002): *Fauna Aquatica Austriaca*. Lieferung 2002. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Moog, O., Chovanec A., Hinteregger H., Römer, A. (1999): Richtlinie für die saprobiologische Gewässergütebeurteilung von Fließgewässern.- Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Moog, O., H. Nesemann, T. Ofenböck & C. Stundner (1993): Grundlagen zum Schutz der Flussperlmuschel in Österreich. Schriftenreihe der Bristol-Stiftung, Band 3, Zürich.
- Moog, O., Schmidt-Kloiber, A., Ofenböck, T., Gerritsen, J. (2001): Aquatische Ökoregionen und Bioregionen Österreichs – eine Gliederung nach geoökologischen Milieufaktoren und Makrozoobenthos-Zönosen. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Moog, O., Hartmann, A., Schmidt-Kloiber, A., Vogl, R., Koller-Kreimel, V. (2013): ECOPROF - Version 4.0. Software zur Bewertung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern nach WRRL.
- Nachtnebel, H; Seidelmann, R.; Müller, H. & B. Schwaighofer (1998): Herkunft und Zusammensetzung der Schwebstoffe in der Donau und ihren wichtigsten Zubringern. - Band 45, Schriftenreihe der Forschung im Verbund, Wien, 149 S.
- Naden, P., Smith, B., Jarvie, H., Llewellyn, N., Matthiessen, P., Dawson, H., Scarlett, S., Hornby, D. (2003): Siltation in Rivers. A Review of Monitoring Techniques. *Conserving Natura 2000 Rivers Conservation Techniques Series No. 6*. English Nature, Peterborough.
- Nearing, M. A., Jetten, V., Baffaut, C., et al. (2005): Modeling Response of Soil Erosion and Runoff to Changes in Precipitation and Cover. *Catena* 61(2): 131–154.
- Neuhold, C., Stanzel, P., Nachtnebel, H.P. (2009): Incorporating river morphological changes to flood risk assessment: uncertainties, methodology and application. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 9, 789–799.

- Nixon, M., LACEY, INGLIS (1959): A Study of the bank-full discharges of rivers in England and Wales. ICE Proc. 12, 157–174. doi:10.1680/iicep.1959.12123
- Nujic, M. (2006): HYDRO_AS-2D–Ein zweidimensionales Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis. Handbuch, Rosenheim.
- Ofenböck, T. (1997): FLUP - Flußperlmuschel-Schutzprojekt Oberösterreich. Pilotstudie an der Waldaist. - i.A. der Oberösterreichischen Umweltschutzbehörde Linz, Unveröffl. Gutachten, Wien, 122 S.
- Ofenböck, T., Graf, W., Leitner, P. (2008): Eurolimpacs - Deliverable No. 224. Report - Effect of siltation on mountain rivers (Task 2.2).
- Ofenböck, T., Moog, O., Hartmann, A., Stubauer, I. (2010): Leitfaden zur Erhebung der Biologischen Qualitätselemente, Teil A2 – Makrozoobenthos. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 211 S.
- ÖNORM M 6232 (1997): Richtlinie für die ökologische Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern - Fachnormenausschuß 140 Wassergüte und –aufbereitung: 84 S.
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.)(2003): ÖNORM EN ISO 14688-1: 2003 02 01; Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2002).
- Owens, P. N., Batalla, R. J., Collins, A. J., Gomez, B., Hicks, D. M., Horowitz, A. J., Kondolf, G. M., Marden, M., Page, M. J., Peacock, D. H., Petticrew, E. L., Salomons, W. & N. A. Trustrum (2005): Fine-Grained Sediment in River Systems: Environmental Significance and Management Issues. - in: River Research and Applications (2005), 21, S. 693–717.
- Patt, H., Jürging, P., Kraus, W. (2011): Morphologie der Fließgewässer. In Naturnaher Wasserbau Pp. 61–103. Springer Berlin Heidelberg. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-12171-5_3, accessed September 23, 2014.
- Peckarsky, B. L. (1984): Do predaceous stoneflies and siltation affect the structure of stream insect communities colonizing enclosures? Canadian Journal of Zoology 63:1519–1530.
- Raleigh, R.F, Zuckermann, L.D., Nelson, P.C. (1986): Habitat suitability index models and instream flow suitability curves: brown trout, U.S. Department of Interior, Fish and Wildlife Service, National Ecology Center, Biological report, 82: 57-65.
- Rat Der Europäischen Union (2006): Richtlinie 2006/105/EG des Rates vom 20. November 2006 zur Anpassung der Richtlinien 73/239/EWG, 74/557/EWG und 2002/83/EG im Bereich Umwelt anlässlich des Beitritts Bulgariens und Rumäniens.

- Richards, C., Bacon, K.L. (1994): Influence of fine sediment on macroinvertebrate colonisation of surface and hyporheic stream sediments. - *Great Basin Naturalist* 54: 106-113.
- Riedl, G. (1928): Die Flußperlmuschel und ihre Perlen. Zur Förderung der Zucht der Flußperlmuschel in Österreich. - *Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereines*, 82. Band, S. 261-319.
- Rosenberg, D. M., Wiens, A. P. (1978): Effects of sediment addition on macrobenthic invertebrates in a northern Canadian stream. *Water Research* 12:753–763.
- Scheder, C., Gumpinger, C. (2008): The Freshwater Pearl Mussel (*Margaritifera margaritifera* LINNÉ, 1758) in Upper Austria - a Species threatened with Extinction and current Measures for its sustained Protection. - *Rom. J. Biol. – Zool.*, Volumes 52–53, Bukarest, 53 - 59.
- Scheder, C., Lerchegger, B., Gumpinger, C. (in prep.): Arbeitstitel: Analyse der Einzugsgebiete an sechs ausgewählten Bächen in den Einzugsgebieten von Aist und Naarn hinsichtlich des Potentials einer Wiederansiedelung der Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) inklusive Maßnahmenvorschläge.
- Scheder, C., B. Lerchegger, P. Flödl, D. Csar, C. Gumpinger & C. Hauer (2015): River bed stability versus clogged interstitial: Depth-dependent accumulation of substances in freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) habitats in Austrian streams as a function of hydromorphological parameters. *Limnologica* 50, 29–39.
- Schmidt, Ch. & G. Wenz (2005): Kartierung der Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera* L.) in der Erlau (Lkr. Passau). - im Auftrag des Bayerisches Landesamts für Umweltschutz, Goldkronach, 9 S.
- Schmidt-Kloiber, A. (2002): Deduktion der Fließgewässer-Bioregionen auf Basis multivariater Analysen der wirbellosen Bodenfauna. Dissertation, Universität für Bodenkultur, 150 pp.
- Schmidt-Kloiber, A., Ofenböck, T., Moog, O. (2002): Aquatische Bioregionen – Beispiele zur räumlichen Gliederung der österreichischen Fließgewässerlandschaften auf Basis makrozoobenthischer Zönosen. - *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) – Tagungsbericht 2001 (Kiel)*: 145-150.
- Shields, A. (1936): Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung.
- Simons, D.B., Albertson, M.L. (1963): Uniform Water Conveyance Channels in Alluvial Material. *Trans. Am. Soc. Civ. Eng.* 128, 65–106.
- Stubauer, I., Moog, O. (2002): Verfahren zur Anpassung des Saprobien-systems an die Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Österreich. *Deutsche Gesellschaft für Limnologie - Tagungsbericht der Jahrestagung 2001 (Kiel)*.

- Stubauer, I., Moog, O. (2003): Saprobielle Grundzustände österreichischer Fließgewässer.- Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Tritthart, M., Schober, B., Habersack, H. (2011): Non-uniformity and layering in sediment transport modelling 1: flume simulations. J HYDRAUL RES. 2011; 49: 325-334.
- Temperley, B. N. (1980): Groundwater in the Half Dolomitic Six Mile Spruit Basin, South of Pretoria. In Proc. Groundwater 80 Conf. of the Groundwater Division of the Geological Society of SA.
- US Epa (US Environmental Protection Agency) (Hrsg.)(2007): National Water Quality Inventory: Report to Congress. - 2002 Reporting Cycle, EPA 841-R-07-001, Washington, 30 S.
- Van der Knijff, J.M., Montanarella, L. (2000): Soil erosion risk assessment in Europe. European Soil Bureau, European Commission.
- Van Niekerk, A., Vogel, K., Slingerland, R., Bridge, J. (1992): Routing of Heterogeneous Sediments over Movable Bed: Model Development. Journal of Hydraulic Engineering 118(2): 246–262.
- Vano, J.A., Das, T., Lettenmaier, D.P. (2012): Hydrologic Sensitivities of Colorado River Runoff to Changes in Precipitation and Temperature*. Journal of Hydrometeorology 13(3): 932–949.
- Waters, T.F. (1995): Sediment in Streams: Sources, Biological Effects, and Control. - American Fisheries Society, 251 S.
- Wimmer, R., Moog, O. (1994): Flußordnungszahlen österreichischer Fließgewässer.. Umweltbundesamt, Monographien 51, 581 S.
- Wimmer, R., Wintersberger, W., Parthl, G. (2012): Hydromorphologische Leitbilder Fließgewässertypisierung in Österreich - Band 1: Einführung, Definitionen Und Parameter. BMLFUW.http://www.bmlfuw.gv.at/dms/lmat/wasser/wasser-oesterreich/plan_gewaesser_ngp/umsetzung_wasserrahmenrichtlinie/hymoleitbilder_text/Leitbild_Band1_v08Feb_web.pdf, accessed September 23, 2014.
- Wood, P. J., Armitage, P. D. (1997): Biological effects of fine sediment in the lotic environment. - Environ. Management 21: 203-217.
- Yesertener, C. (2005): Impacts of Climate, Land and Water Use on Declining Groundwater Levels in the Gngangara Groundwater Mound, Perth, Australia. <http://search.informit.com.au/documentSummary;dn=473742701452900;res=IELENG>, accessed September 18, 2014.

- Yörük, A. (2009): Unsicherheiten bei der hydrodynamischen Modellierung von Überschwemmungsgebieten. Shaker Verlag GmbH, Aachen.
- Zelinka, M. & Marvan, P. (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer.- Arch. Hydrobiol. 57: 389-407.
- Zhang, G. H., Nearing, M., Liu, B.Y. (2005): Potential Effects of Climate Change on Rainfall Erosivity in the Yellow River Basin of China. Transactions of the ASAE 48(2): 511–517.