

Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau

Auftraggeber:

Amt der Oö. Landesregierung
Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft
Abteilung Anlagen-, Umwelt- und Wasserrecht
Wasserwirtschaftliches Planungsorgan
Kärntnerstraße 10 – 12
4021 Linz, Österreich

Institutsleiter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Muschalla

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Stefan Krakow
Ass.-Prof. Daniela Fuchs-Hanusch

Tel: +43 (0)316 / 873 - 8874

Fax: +43 (0)316 / 873 - 8376

Email: Krakow@sww.tugraz.at

Web: www.sww.tugraz.at

DVR: 008 1833 UID: ATU 574 77 929

Strategische Studie Fernkälte Linz – Modul I Wasserwirtschaftliche Grundlagen



Graz, den 11.12.2013

Ass.-Prof. Daniela Fuchs-Hanusch

Dipl.-Ing. Stefan Krakow

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
1 Einleitung	5
2 Rechtliche und technische Grundlagen	6
2.1 Rechtliche Grundlagen	6
2.1.1 Wasserrechtsgesetz in der aktuellen Fassung	6
2.1.2 Abwasseremissionsverordnung (AEV) Kühlsysteme und Dampferzeuger	8
2.1.3 Donauverordnung	8
2.1.4 Technische Regeln	9
2.1.5 Wasserwirtschaftliche Zielsetzungen	11
2.2 Grundlagen zur Kälteerzeugung	12
2.2.1 Allgemein	12
2.2.2 Kompressionskältemaschine (KKM)	12
2.2.3 Absorptionskältemaschine (AKM)	12
2.2.4 zentrale Kälteerzeugung aus Grundwasser	14
2.2.5 Beispiele von Fernkälteversorgungsanlagen	14
3 Methodik	16
3.1 Grundwasserstandsentwicklung	16
3.2 Grundwasserentnahme zur Kühlwassernutzung	16
3.3 tatsächliche Grundwasserentnahmen – Kalenderjahr 2012	17
3.4 Temperaturfahnen nach ÖWAV Regelblatt 207, 2009	17
3.4.1 Allgemeine Grundlagen	17
3.4.2 Berechnungsparameter	18
3.5 Nutzwertanalyse	21
4 Ergebnisse	22
4.1 Ist-Stand - Beeinflussung des Grundwasserstandes durch Kältenutzung	22
4.2 Ist-Stand - aktuelle Grundwassernutzung zur Kältegewinnung	31
4.2.1 Kältenutzer	31
4.2.2 Temperaturfahnen	33
4.2.3 Grundwasserentnahmen 2012	36
5 Fernkälteversorgungsszenarien	38
5.1 Übersicht	38
5.2 Darstellung und Charakterisierung der Szenarien	41
5.2.1 Szenario 1	41

5.2.2	Szenario 2	42
5.2.3	Szenario 3	44
5.2.4	Szenario 4	45
5.2.5	Szenario 5	46
5.2.6	Szenario 6	47
5.2.7	Szenario 7	48
5.2.8	Fernkältezentrale im Bereich der geplanten Straßenbahntrasse	49
6	Bewertung der Szenarien	50
6.1	Allgemein	50
6.2	Wasserwirtschaft/ Umwelt	50
6.3	Wasserrechte/ fremde Rechte	51
6.4	Beitrag zur Sicherung des Wirtschaftsstandortes	52
6.5	Umsetzbarkeit	52
7	Zusammenfassung.....	55
8	Ausblick	56
	Literaturverzeichnis.....	57
	Anhang	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: schematische Darstellung der Kompressions- und der Absorptionskältemaschine; Quelle: www.itw.uni-stuttgart.de/abteilungen/wktechnik/SolKaelte/Absorptionskaeltemaschine.php	13
Abbildung 2: Beispiel der KWKK-Anlage in Wien Spittelau (Quelle: www.Wienenergie.at); Kühlwasserentnahme aus der Donau zur Rückkühlung der Absorptionsanlage	14
Abbildung 3: Strömungsbild der Temperaturfahne; Quelle: ÖWAV Regelblatt 207	18
Abbildung 4: Isothermen der mittleren Grundwassertemperatur 2003 – 2005	19
Abbildung 5: Durchlässigkeitsbeiwert	19
Abbildung 6: Unterkante des Grundwasserleiters	20
Abbildung 7: Mächtigkeit des Grundwasserleiters	20
Abbildung 8: Mächtigkeit der Bedeckung des Grundwasserleiters	21
Abbildung 9: Bearbeitungsgebiet Linz – Pegel und Brunnen	22
Abbildung 10: Grundwasserstandsmessung – Linz, Br. 2134.8, Langzeitreihe	23
Abbildung 11: Grundwasserstandsmessung – Linz, Br. 2134.8, Kurzzeitreihe	23
Abbildung 12: Grundwasserstandsmessung – Linz, Bl. 35.10, Langzeitreihe.....	24
Abbildung 13: Grundwasserstandsmessung – Linz, Bl. 35.10, Kurzzeitreihe	24
Abbildung 14: Grundwasserstandsmessung – Linz, Bl. 35.12, Langzeitreihe.....	25
Abbildung 15: Grundwasserstandsmessung – Linz, Bl. 35.12, Kurzzeitreihe	25
Abbildung 16: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, Br. 2130.6, Langzeitreihe	26
Abbildung 17: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, Br. 2130.6, Kurzzeitreihe	26
Abbildung 18: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, Bl. 2130.2, Langzeitreihe	27
Abbildung 19: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, Bl. 2130.2, Kurzzeitreihe	27
Abbildung 20: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, Bl. 2135.2, Langzeitreihe	28
Abbildung 21: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, Bl. 2135.2, Kurzzeitreihe	28
Abbildung 22: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, Bl. 2128.36, Langzeitreihe	29
Abbildung 23: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, Bl. 2128.36, Kurzzeitreihe	29
Abbildung 24: Grundwasserstandsmessung – Waldegg, Br. 2128.30, Langzeitreihe	30
Abbildung 25: Grundwasserstandsmessung – Waldegg, Br. 2128.30, Kurzzeitreihe	30
Abbildung 26: Kältenutzer Stadtgebiet Linz	31
Abbildung 27: Aktuelle Bewilligungsdauern der Kältenutzungsanlagen im Stadtgebiet Linz.....	32
Abbildung 28: Kältenutzerentwicklung seit 1990	33
Abbildung 29: Temperaturfahnen – Ausgangsvariante	34
Abbildung 30: Temperaturfahnen – angepasst an Fließrichtung.....	34
Abbildung 31: Temperaturfahnen – Mittelwerte.....	35
Abbildung 32: Temperaturmessungen 2003 – 2005; interpolierte Max-Werte	36
Abbildung 33: Grundwassernutzung 2012	37
Abbildung 34: Übersicht – Bereiche Fernkälteszenarien	39
Abbildung 35: Szenario 1.....	41
Abbildung 36: Szenario 1 - Temperaturfahnen	42
Abbildung 37: Szenario 2.....	43
Abbildung 38: Szenario 2 – Temperaturfahnen	43
Abbildung 39: Szenario 3.....	44
Abbildung 40: Szenario 3 - Temperaturfahnen	45
Abbildung 41: Szenario 4.....	45
Abbildung 42: Szenario 4 - Temperaturfahnen	46
Abbildung 43: Szenario 5.....	46

Abbildung 44: Szenario 5 - Temperaturfahnen	47
Abbildung 45: Szenario 6.....	47
Abbildung 46: Szenario 6 - Temperaturfahnen	48
Abbildung 47: Szenario 7.....	48
Abbildung 48: Szenario 7 – Temperaturfahnen	49
Abbildung 49: Fernkältezentrale im Bereich der geplanten Straßenbahntrasse	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Fernkälteszenarien	40
Tabelle 2: Nutzwertanalyse	54
Tabelle 3: Kältenutzer - Entnahme	59
Tabelle 4: Kältenutzer - Versickerung	60
Tabelle 5: Kältenutzer - Ableitung	61

1 Einleitung

Das Grundwasservorkommen unter der oberösterreichischen Landeshauptstadt Linz wird intensiv für die Trinkwasser- und Nutzwasserversorgung sowie für die Wärme- und Kälteerzeugung genutzt. Im Hinblick auf den Erhalt dieser, sowohl für den Menschen als auch für die Stadt als Wirtschaftsstandort, dringend benötigten Ressource ist es von wesentlicher Bedeutung, die Qualität und Quantität des Grundwassers zu erhalten.

In den Studien der DonauConsult Zottl & Erber ZT GmbH aus den Jahren 2004 und 2006 zur hydrologischen und thermischen Ist-Situation des Grundwasserleiters Linz wurde festgestellt, dass die mittlere Grundwassertemperatur gegenüber der mittleren Lufttemperatur erhöht und somit thermisch beeinflusst ist. Mögliche Ursachen liegen in der städtischen Bebauung, der Industrie und in der Nutzung von Grundwasser als Kühlwasser.

Des Weiteren ist ein sinkender Trend des Grundwasserstandes im Stadtgebiet Linz zu erkennen (siehe z. B. Hydrogeologisches Gutachten der Geotechnik Tauchmann GmbH aus dem Jahr 2012 in Bezug auf die Nutzungserweiterung der Fresenius Kani Austria GmbH).

Um die Problematik lokal erhöhte Grundwassertemperaturen und sinkende Grundwasserstände näher zu beleuchten, wurde das Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der TU Graz seitens des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung mit der Strategischen Studie „Fernkälte Linz“ Modul I, wasserwirtschaftliche Grundlagen beauftragt.

Ziel der Studie ist es, eine wasserwirtschaftliche Ausgangsbasis zu schaffen, auf dessen Grundlage weitere Betrachtungen hinsichtlich der Sicherung der Versorgung von gewerblichen und industriellen Standorten mit Kälte bei gleichzeitiger Stabilisierung der Grundwassertemperaturen und Grundwasserstände im Stadtgebiet Linz ermöglicht werden.

Umfang dieser Studie

Es war der Ist-Stand der vorhandenen Grundwassernutzung hinsichtlich Kühlwassernutzung im Stadtgebiet Linz zu ermitteln. In diesem Zusammenhang war auch der Ist-Stand der Beeinflussung des Grundwasserkörpers durch Kühlwassernutzung, insbesondere in Hinblick auf die Grundwassertemperatur und den Grundwasserstand, auszuarbeiten.

Zur Erhöhung der Transparenz der Thematik Fernkälte waren der Stand der Technik und die rechtlichen Grundlagen für Kühlwassernutzungen aus Grundwasser zu erarbeiten sowie verschiedene Möglichkeiten zur Kältengewinnung darzustellen. Des Weiteren waren ggf. vorhandene Potentiale für zentrale Kälteversorgungsvarianten aufzuzeigen und aus wasserwirtschaftlicher Sicht ein Soll-Zustand zu definieren.

Hinsichtlich der Verbesserung des Ist-Zustandes des Grundwasserkörpers waren verschiedene Szenarien zu entwickeln sowie zu bewerten und ggf. eine Vorzugsvariante zu benennen. Soweit möglich, war das hydraulische Verhalten des Grundwasserleiters, in Bezug auf die potentielle Nutzerentwicklung, abzuschätzen.

2 Rechtliche und technische Grundlagen

2.1 Rechtliche Grundlagen

2.1.1 Wasserrechtsgesetz in der aktuellen Fassung

Die folgende Zusammenfassung zum Wasserrechtsgesetz bzw. Herausarbeitung der für diese Studie wesentlichen Aussagen, stammt aus der sich derzeit in Bearbeitung befindlichen Diplomarbeit von Petra Braunegger zum Thema „Grundwassernutzung für Fernkälte“.

...

Die erste Fassung des österreichischen Wasserrechtsgesetzes (Kurzform WRG 1959) stammt aus dem Jahr 1959 und wurde zuletzt im Juni 2013 überarbeitet. Das Wasserrechtsgesetz regelt die Benützung und den Schutz der Gewässer sowie den Schutz vor den Gefahren des Wassers.

Im ersten Abschnitt werden die rechtlichen Eigenschaften der Gewässer definiert. Entsprechend § 3 zählt „das in einem Grundstück enthaltene unterirdische Wasser“ (WRG 1959, 2013), das Grundwasser, als Privatgewässer. Nach Anhang A sind Donau und Traun zu den öffentlichen Gewässern zu zählen.

Der zweite Abschnitt handelt von der Benutzung der Gewässer. Laut § 9 bedarf jede Errichtung und Abänderung von Anlagen zur Benutzung der öffentlichen Gewässer sowie jede Nutzung, welche über den Gemeingebrauch, also Benutzungen welche gleiche Benutzungen durch andere nicht ausschließen, eine Bewilligung der Wasserrechtsbehörde. § 10 besagt, dass Grundwasserentnahmen, welche über den notwendigen Haus- und Wirtschaftsbedarf und über einem angemessenen Verhältnis zum eigenen Grunde stehen, eine Bewilligung durch die Wasserrechtsbehörde benötigen. Des Weiteren benötigen auch artesischen Brunnen eine Bewilligung. Folglich sind normale Hausbrunnen in der Regel, sofern sie andere Grundeigentümer nicht negativ benachteiligen, bewilligungsfrei, *während die Grundwassernutzung für Gebäudekühlung eine Bewilligung erfordert*. Gemäß § 17 Absatz 1 soll bei Konflikten um die geplante Wassernutzung durch verschiedene Ansuchen, jenes Projekt, welches dem öffentlichen Interesse besser dient, bevorzugt werden. Entsprechend § 21 darf eine Benutzung der Gewässer maximal für 90 Jahre bewilligt werden. Absatz 2 regelt die Wiederverleihung von bereits genützten Wasserbenutzungsrechten. Diese darf frühestens fünf Jahre, spätestens jedoch sechs Monate vor Ablauf der alten Bewilligung angesucht werden. Zusätzlich erfordert jede Änderung vom Zweck der Wasserbenutzung eine neue Bewilligung inklusive neuer Bewilligungsfrist.

Im dritten Abschnitt werden die nachhaltige Bewirtschaftung, insbesondere der Schutz und die Reinhaltung der Gewässer abgefasst. § 30 besagt, dass alle Gewässer einschließlich des Grundwassers, im öffentlichen Interesse dermaßen reinzuhalten und zu schützen sind, „dass die Gesundheit von Mensch und Tier nicht gefährdet werden kann, dass Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und sonstige fühlbare Schädigungen vermieden werden können, dass eine Verschlechterung vermieden sowie der Zustand der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf ihren Wasserhaushalt geschützt und verbessert werden, dass eine nachhaltige Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen gefördert wird, dass eine Verbesserung der aquatischen Umwelt, u. a. durch spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von gefährlichen Schadstoffen gewährleistet wird.“ (WRG 1959, § 30 (1)). Zudem verfügt dieser Paragraph, dass Grundwasser dermaßen reinzuhalten und zu schützen ist, dass es als Trinkwasser verwendet werden kann und die Verschmutzung des Grundwassers schrittweise reduziert und verhindert wird. § 30a enthält die Umweltziele für Oberflächengewässer. Demzufolge müssen sich alle

Oberflächengewässer bis zum 22. Dezember 2015 zumindest in einem guten ökologischen und guten chemischen Zustand befinden und dieser Zustand darf sich nicht mehr verschlechtern. *Die Umweltziele für Grundwasser sind in § 30c festgelegt. Infolgedessen muss sich das Grundwasser bis zum 22. Dezember 2015 in einem guten mengenmäßigen und guten chemischen Zustand befinden und analog zu § 30a herrscht ein Verschlechterungsverbot. Für diese Arbeit ist besonders § 31c Absatz 5 von Bedeutung. Dieser besagt, dass für Anlagen zur Wärmenutzung der Gewässer ein Anzeigeverfahren gemäß § 114 anzuwenden ist, die Bewilligung jedoch auf 25 Jahre ab Einbringung der Anzeige befristet ist. Ebenfalls bedeutsam ist § 32 Absatz 2 wodurch Einwirkungen auf Gewässer durch Temperaturänderung eine Bewilligung verlangen.*

Der siebente Abschnitt befasst sich mit der Erhebung des Zustandes von Gewässern – Wasserkreislauf und Wassergüte (Hydrografie). Gemäß § 59c Absatz 1 muss ein Überwachungsnetz zur Erhebung des Zustandes von Gewässern geschaffen werden, welches einen umfassenden Überblick über den Zustand des Gewässers ermöglicht. Zuzufolge Absatz 3 muss die Erhebung des Wasserkreislaufes unter anderem Oberflächengewässer und Grundwasser „hinsichtlich Verteilung nach Menge und Dauer, die Temperatur von Luft und Wasser, die Eisbildung in ausgelösten Nebenerscheinungen zu beziehen“ (WRG 1959, § 59c (3)).

Der elfte Abschnitt handelt von den Behörden und den Verfahren. Von besonderer Bedeutung ist der bereits genannte § 114. Dieser besagt, dass bewilligungspflichtige Maßnahmen drei Monate vor Inangriffnahme bei der Behörde anzuzeigen sind. Die erforderlichen Projektunterlagen müssen § 103 entsprechen. Zusätzlich muss gemäß § 114 Absatz 1 eine Bauvollendungsfrist, welche drei Jahre nicht überschreitend darf, den Projektunterlagen angeschlossen werden. Laut Absatz 3 hat die Behörde nach Einlangen der Anzeige eine dreimonatige Frist, in der sie entweder die Ausführung des Projektes gestattet oder schriftlich die Durchführung eines Bewilligungsverfahrens einfordert, wenn eine Beeinträchtigung fremder Rechte oder des öffentlichen Interesses zu erwarten ist.

Das Bewilligungsverfahren ist in den §§ 103 – 113 geregelt. Zuzufolge § 104 muss das Projekt genau auf den Umfang und die Art der Auswirkungen auf das öffentliche Interesse sowie seine Eignung und gegeben falls auf notwendige Schutzmaßnahmen geprüft werden. Entsprechend § 107 beinhaltet das Bewilligungsverfahren auch eine mündliche Verhandlung mit Antragsteller, Eigentümer jener Grundstücke die durch die geplante Anlage beziehungsweise durch Zwangsrechte beeinflusst werden sowie aller Berechtigten, welche durch das Vorhaben beeinflusst wären, wie beispielsweise Fischereiberechtigte.

Die Strafen und Maßnahmen bei Übertretungen werden im dreizehnten Abschnitt beschrieben. Diese werden an dieser Stelle jedoch nicht näher behandelt.

...

Ergänzend zu o. g. Ausführungen ist der § 50 aus Abschnitt fünf zu benennen, der die Pflichten der Wasserberechtigten hinsichtlich der Instandhaltung der Wasserbenutzungsanlagen festlegt. Außerdem wird gegenüber dem Berechtigtem verfügt, dass diesbezüglich alle Anlagen in einem Zustand zu erhalten und zu betreiben sind, so dass öffentliche Interessen oder fremde Rechte nicht verletzt werden.

Des Weiteren ist § 58 (Förderung der Gewässerkunde) aus Abschnitt 6 anzuführen, der die Wasserberechtigten dazu verpflichtet, auf Verlangen des Landeshauptmannes gewässerkundliche Beobachtungen und Messungen durchzuführen, gewässerkundliche Einrichtungen aufzustellen, instand zu halten und zu bedienen sowie die entsprechenden Ergebnisse bekannt zu geben.

2.1.2 Abwasseremissionsverordnung (AEV) Kühlsysteme und Dampferzeuger

Die AEV Kühlsysteme und Dampferzeuger basiert auf dem Wasserrechtsgesetz 1959, wurde zuletzt im Jahr 2003 angepasst und gilt grundsätzlich für die Einleitung von Abwässern in Oberflächengewässer.

Als Kühlsystem wird ein technisches System definiert, mit dem Prozesse oder Anlagen indirekt gekühlt werden und somit kein unmittelbarer stofflicher Kontakt zwischen Kühlmedium und Kühlmittel besteht.

In dieser Verordnung ist geregelt, dass Abwasser aus einem Durchlaufkühlsystem (keine Kreislaufführung) grundsätzlich nicht in die Kanalisation eingeleitet werden darf und bei Einleitung in ein Fließgewässer die in Anhang A der AEV festgelegten Emissionsbegrenzungen zu beachten sind. Des Weiteren werden die Stoffe benannt, die in dem einzuleitenden Abwasser nicht enthalten sein dürfen (z. B. metallorganische Verbindungen oder Nitrite). Es werden außerdem weitere Prozesse hinsichtlich der Herkunft des Abwassers definiert und entsprechende Emissionsbegrenzungen für spezifische Stoffe festgelegt.

Weitere wesentliche Regelungen der Verordnung werden nachfolgend genannt.

Die sogenannte Umlaufkühlung (Kreislaufführung des Kühlmittels) wird als bevorzugte Anwendung definiert. Die Durchlaufkühlung soll nur in begründeten Ausnahmefällen bei entsprechend aufnahmefähigem Fließgewässer oder für Kleinanlagen angewendet werden.

Kühlwassersystem sollen von Abwassersystemen konsequent getrennt betrieben werden.

Für die Anlage selbst sind korrosionsbeständige Werkstoffe oder Werkstoffkombinationen kombiniert mit passiven oder aktiven Korrosionsschutzmaßnahmen zu verwenden. Weitergehende Anforderungen werden an ggf. notwendige Zusatzstoffe gestellt. Alle wesentlichen Fakten und Maßnahmen während des Betriebes des Kühlsystems und hinsichtlich der verwendeten Zusatzstoffe sowie Hilfsstoffe sind in einem Betriebsbuch zu dokumentieren.

Abwasser aus Kühlsystemen soll möglichst als Brauchwasser weiter verwendet werden, um den Frischwasserverbrauch so gering wie möglich zu halten.

Die maximale Einleittemperatur in ein Fließgewässer wird mit 30 °C festgelegt (35 °C nur mit Ausnahmereglung im Einzelfall). Die Aufwärmspanne liegt bei 10 K.

2.1.3 Donauverordnung

Die Donauverordnung wurde auf Grundlage der §§ 33 und 54 des Wasserrechtsgesetzes 1959 verordnet und hat zum Ziel, an der Donau und an ihren Zubringern jene Maßnahmen zu unterstützen, durch die eine Verbesserung der Wassergüte erreicht wird. Es gilt die Gewässergüte der Klasse II zu erreichen bzw. die Gewässergüte der Klasse II zu erhalten und eine Verschlechterung des Zustandes zu vermeiden (§ 1 der Donauverordnung).

In § 2 der Verordnung werden verschiedene Maßnahmen definiert, die zur Erreichung der o. g. Ziele zu beachten sind.

Im Hinblick auf diese Studie ist § 2 Abs. 14 von Bedeutung, der besagt, dass eine nachteilige Erhöhung der Wassertemperatur des Vorfluters durch Einleitungen zu vermeiden ist. Der Vorfluter darf nicht um

mehr als 3 K erhöht und nicht über 23 °C erwärmt werden. An der Einleitstelle des Abwassers darf die Temperatur 30 °C nicht überschreiten.

2.1.4 Technische Regeln

ÖVGW Arbeitsblatt W 80, 1984 – Ableitung von Kühlwasser unter Berücksichtigung der Trinkwasserverordnung

Das ÖVGW Arbeitsblatt W 80, 1984 behandelt primär die Entnahme von Grundwasser für Kühlwasserzwecke sowie dessen Versickerung und soll Trinkwasserversorgern zur Durchsetzung Ihrer Interessen als Hilfestellung dienen.

Im Folgenden werden die wesentlichsten Aussagen dieses Arbeitsblattes zusammengefasst.

Bei der Versickerung von Kühlwässern ist der Zusatz von Korrosionsinhibitoren, Härtestabilisatoren und Bioziden nicht zulässig.

Durch das zu kühlende Medium besteht die Gefahr der Verunreinigung des Kühlwassers, so dass durch ein entsprechendes Gutachten die Unbedenklichkeit für Trinkwasser nachgewiesen werden muss. Dasselbe gilt für den Kontakt zwischen zu kühlendem Medium und dem Kühlsystem (z. B. hinsichtlich der Korrosion).

In festgesetzten Wasserschutzgebieten darf Kühlwasser weder entnommen noch versickert werden. Es ist diesbezüglich mindestens die 60-Tage Grenze zu beachten. Die Entnahme und Versickerung von Kühlwasser bedarf einer wasserrechtlichen Bewilligung und es muss eine ausreichende Grundwassermenge vorhanden sein.

Die Temperatur darf 20 °C an der Einleitstelle nicht überschreiten. Ist dies nicht möglich, muss eine Zwischenkühlung vorgesehen werden. Die Temperatur des Grundwassers soll, unter der Annahme von üblichen Grundwassertemperaturen zwischen 8 – 12 °C, im Bereich der 30-Tage-Grenze unterhalb der Einleitung nicht höher als 13 °C sein.

Wird Grundwasser nicht zur Trinkwassererzeugung genutzt, sind die maximal zulässigen Grundwassertemperaturen von Sachverständigen festzulegen.

Die Entnahmebrunnen und Rückabeeinrichtungen für Kühlwasser müssen, unter Anwendung der gleichen Bedingungen wie bei Wasserversorgungsanlagen, dauernd vor Verunreinigungen geschützt werden. Der Kühlvorgang muss laufend überwacht werden können.

Für die Messung der dem Kühlaggregat zu- und abgeleiteten Wassermenge sind geeignete Messeinrichtungen vorzusehen. Die Wassertemperaturen sind an der Kühlwasserentnahme und Kühlwasserrückgabe sowie an der 30-Tage-Grenze grundwasserstromabwärts zu messen. Des Weiteren sind an den genannten Stellen chemische und bakteriologische Wasseruntersuchungen vorzunehmen. Alle Messdaten sind in einem Betriebsbuch zu dokumentieren.

Eine Gefährdung der Trinkwasserversorgung durch Kühlwasserentnahmen und -versickerungen ist auszuschließen.

ÖWAV Regelblatt 207, 2009 – Thermische Nutzung des Grundwassers und des Untergrundes – Heizen und Kühlen

In diesem Regelblatt wird die thermische Nutzung des Untergrundes und Grundwassers behandelt. Anlagentechnisch fallen Wärmepumpenanlagen zum Heizen, Wärmepumpenanlagen zum Heizen und Kühlen sowie Kälteanlagen zum Kühlen in diesen Regelungsbereich.

Folgende wesentlichen wasserwirtschaftlichen Grundsätze zur Planung, Ausführung und den Betrieb von Kälteanlagen werden im ÖWAV RB 207, 2009 benannt.

Die derzeitige und zukünftige Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser hat uneingeschränkten Vorrang vor der thermischen Nutzung und das Grundwasser ist flächendeckend als Trinkwasser zu erhalten. Die Temperatur des Grundwassers darf großräumig nicht negativ beeinflusst werden. Die thermische Nutzung von Grundwasser ist auf oberflächennahe Grundwasservorkommen zu beschränken. Das für Kühlwasserzwecke entnommene Grundwasser ist, sofern es nicht als Nutzwasser weiter verwendet wird, vollständig in den Grundwasserleiter zurückzuführen.

Thermische Nutzungsanlagen dürfen in Schutzzone III von Schutzgebieten nur dann errichtet werden, wenn die Anlagentypen dem besonderen Schutzbedarf entsprechen, spezielle Begleitmaßnahmen verwendet werden und geeignete hydrogeologische Standortbedingungen gegeben sind.

Eine Verunreinigung des Grundwassers muss verlässlich verhindert werden. Diesbezüglich dürfen nur Wärmeträgermedien und Arbeitsmittel eingesetzt werden, die bei unbeabsichtigten Austritt keine nachhaltig schädlichen Auswirkungen haben.

Während der Bohrvorgänge sollten verschiedene Grundwasser-Stockwerke möglichst nicht miteinander verbunden werden (ggf. durch Sondenverpressung dauerhaft unterbinden).

Im ÖWAV RB 207, 2009 wird im weiteren Verlauf auf die geologischen und hydrogeologischen Grundlagen verwiesen, die für die Planung, die Errichtung und den Betrieb einer Anlage zur thermischen Nutzung zu beachten sind.

Des Weiteren wird festgestellt, dass die Temperatur des oberflächennahen, anthropogen unbeeinflussten Grundwassers in Österreich und in einer Tiefe von ca. 7 m unter GOK zwischen 7 und 12 °C variiert. Der Einfluss der jahreszeitlich bedingten Temperaturschwankungen reicht bis in eine Tiefe von ca. 10 – 20 m.

Temperaturveränderungen im Grundwasser können die Viskosität, die Sauerstoffsättigung, die Grundwasserbiologie, das Selbstreinigungsvermögen und das Lösungsverhalten verändern.

Thermisch genutztes Grundwasser, das in den Grundwasserleiter zurückgegeben wird, sollte eine Temperatur von 5 °C nicht unterschreiten und eine Temperatur von 20 °C nicht überschreiten. Maximal ist eine Aufwärmung bzw. Abkühlung von 6 K zulässig. Bei Einhaltung dieses Wertes ist davon auszugehen, dass die Grundwasserbiologie nicht negativ beeinflusst wird.

Bei rechnerischen Temperaturänderungen von < 1 K sind thermische Auswirkungen auf das Grundwasser vernachlässigbar. Eine Beeinträchtigung der landwirtschaftlichen Nutzung ist nicht zu befürchten, wenn der Flurabstand des Grundwassers mindestens 2 m beträgt.

Die Nutzung von Grundwasser zum Kühlen ist in folgenden Fällen nicht zulässig:

- in den Schutzzonen I und II von Wasserschutzgebieten,
- in Schutzzone III, wenn ein besonderer Schutzbedarf der Grundwasserüberdeckung gegeben ist,
- im unmittelbaren Einzugsbereich von bewilligungsfreien Trinkwasserversorgungsanlagen, wenn eine Beeinträchtigung zu erwarten ist,
- wenn durch die Anlage thermische Auswirkungen bis in Schutzzone II zu erwarten sind,
- wenn bestehende Rechte eingeschränkt werden und
- im Bereich von gespannten und artesischen Grundwasservorkommen.

Im o. g. Regelblatt werden außerdem technische Grundlagen hinsichtlich der Wärme- und Kälteerzeugung vermittelt, der Rückbau von Anlagen betrachtet und rechtliche Rahmenbedingungen näher erläutert.

Die im ÖWAV RB 207, 2009 dargestellte Berechnung der Temperaturfahnen wird in Kapitel 3.4 behandelt.

2.1.5 Wasserwirtschaftliche Zielsetzungen

Nach den vorgegebenen wasserrechtlichen Rahmenbedingungen sind bei den verschiedenen Nutzungsoptionen die quantitativen und qualitativen Beeinträchtigungen des Grundwassers und der Oberflächengewässer möglichst gering zu halten und es werden insbesondere unterschiedliche maximale Einleittemperaturen vorgegeben. Die maximalen Einleittemperaturen bestimmen abhängig von den bestehenden Temperaturverhältnissen die maximal mögliche Temperaturspreizung und damit den Wasserbedarf. Bei Oberflächengewässern ist der saisonale Gang der Oberflächenwassertemperatur maßgeblich. Beim Grundwasser sind die Temperaturschwankungen geringer, hängt die örtliche Temperatur aber insbesondere von der örtlichen thermischen Nutzung ab.

Es sind insbesondere die Fälle zu unterscheiden, in denen

- Oberflächenwasser entnommen und in ein Oberflächengewässer abgeleitet wird (saisonale Temperaturschwankung, max. Einleittemperatur 30 °C, Spreizung ca. 10 °C),
- Grundwasser entnommen und ins Grundwasser abgeleitet wird (teils erhöhte Grundwassertemperaturen 12 bis 14 °C, max. Einleittemperatur 17 bis 18 °C, Spreizung bis ca. 5 °C) und
- Grundwasser entnommen und in Oberflächengewässer abgeleitet wird (Grundwassertemperaturen 12 bis 14 °C, max. Einleittemperatur 30 °C, Spreizung ca. 16 bis 18 °C).

Wasserwirtschaftlich gesehen sollte vorrangig Wasser aus Oberflächengewässern entnommen und wieder ins Oberflächengewässer eingeleitet werden. Soweit es sich nicht um Uferfiltrat aus der unmittelbaren Nähe eines Fließgewässers handelt oder um Grundwasser, welches aus einem Grundwasservorkommen aus Gründen der Wasserspiegelhaltung entnommen werden muss, soll bei einem Durchlaufkühlsystem das entnommene Grundwasser möglichst wieder in den Grundwasserkörper zurückgeleitet werden.

Gleichzeitig ist jedoch auch eine sparsame bedarfsgerechte Wassernutzung eine wesentliche wasserwirtschaftliche Zielsetzung. Bei Kühlwassersystemen ist hierbei zu beachten, dass durch die unterschiedliche Spreizung bei Einleitung des Kühlwassers in das Grundwasser der Wasserverbrauch ca. 3,5 x so hoch sein kann. Eine im Maximalfall 3,5-fache Entnahmemenge führt örtlich zu einer wesentlich höheren hydraulischen Belastung und abhängig von der Betriebsweise auch zu unterschiedlichen Grundwasserspiegelschwankungen. Die Wahl und die wasserwirtschaftliche

Bewertung unterschiedlicher Wassernutzungsszenarien sind somit von den wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Nutzungsformen abhängig.

2.2 Grundlagen zur Kälteerzeugung

2.2.1 Allgemein

Grundsätzlich ist unter Kälteerzeugung die Nutzbarmachung der Verdunstungskälte, die bei der Verdampfung einer Flüssigkeit entsteht, zu verstehen. Kälte wird durch Änderungen des Aggregatzustandes des Kältemittels in einem geschlossenen Kreislauf erzeugt. Dabei wird einem Stoff Wärme entzogen. Der Prozess der Kälteerzeugung beruht auf dem Carnot'schen Kreisprozess (linkssinnig bzw. linksdrehend), bei dem Wärme in Arbeit umgewandelt wird und umgekehrt Arbeit in Wärme. Die Arbeit kann für weitere Prozesse genutzt werden, wie z. B. für Expansion und Komprimierung von Gasen. Wesentliche Systemgrößen sind Druck und Temperatur. Die interne Verdampfertemperatur liegt unter der geforderten Kühltemperatur, die in der Regel unterhalb der Umgebungstemperatur liegt.

Von Fernkälte wird dann gesprochen, wenn Kälte zentral erzeugt wird und in einem wärmegeprägten Rohrleitungssystem an die zu versorgenden Nutzer verteilt wird, ähnlich einem Fernwärmenetz. Die Art der Kälteerzeugung hängt bei der Fernkälte von den örtlichen Gegebenheiten ab und kann aus verschiedenen Erzeugungsarten bestehen.

Das im Folgenden dargestellte Grundlagenwissen zur Kälteerzeugung wurde aus den Quellen Baumgarth, et al. (2011); Bez, Armin (2012); Henning, et al. (2009); Plura, Stefan (2008); Recknagel, et al. (2013) und Urbanek, et al. (2006) abgeleitet.

2.2.2 Kompressionskältemaschine (KKM)

Die Kompressionskältemaschine, als klassische Kälteerzeugungsart (Kühlschrankprinzip), nutzt Strom als primäre Energieform und weist einen hohen Strombedarf auf. Es kann ein großes Leistungsspektrum (50 W bis mehrere MW) abgedeckt werden. Als Kältemittel werden in der Regel halogenierte Kohlenwasserstoffe eingesetzt, Ammoniak dahingehend eher selten. In Abbildung 1 ist die Kompressionskältemaschine schematisch dargestellt. Die KKM besteht in der Regel aus einem Verdichter (Kompressor), einem Kondensator, einem Drosselorgan und einem Verdampfer.

Funktion

Das gasförmige Kältemittel wird im Kompressor komprimiert und im Wärmetauscher verflüssigt, wobei Wärme abgegeben wird. Durch ein Drosselventil wird das Kältemittel einer Druckänderung ausgesetzt, unter der es sich entspannt. Im zweiten Wärmetauscher erfolgt eine Verdampfung auf niedrigem Temperaturniveau bei der Wärme benötigt wird und der Umgebung entzogen (Kühlung). Danach beginnt der Kreislauf von vorn.

2.2.3 Absorptionskältemaschine (AKM)

Bei der Absorptionskältemaschine wird Wärme als primäre Antriebsenergie genutzt. Die verwendete Wärme kann z. B. aus Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen), einem industriellen Prozess (z. B. Müllverbrennungsanlage), einer solarthermischen Anlage oder einer Brennstoffzelle stammen und sollte Temperaturen zwischen 80 – 200 °C aufweisen. Koppelt man die Kälteerzeugung mit einem Blockheizkraftwerk (BHKW) bzw. Fernwärmesystem spricht man von der sogenannten Kraft-Wärme-Kälte-Nutzung, die als regenerative Energie zu betrachten ist. Die Kälteerzeugung durch eine AKM weist im Vergleich zur KKM einen geringeren Strombedarf auf. Allerdings ist mit relativ hohen

Investitionskosten und einem hohen Platzbedarf der Anlagen zu rechnen. Durch die Nutzung von Abwärme können im Vergleich zu KKM-Anlagen bis zu 30% weniger CO₂-Emissionen verursacht werden. Die Kälteleistung steigt mit zugeführter Heizleistung.

Im Vergleich zur mechanischen Verdichtung bei einer Kompressionskältemaschine findet bei der Absorptionskältemaschine eine thermische Verdichtung im sog. Absorber und Austreiber statt.

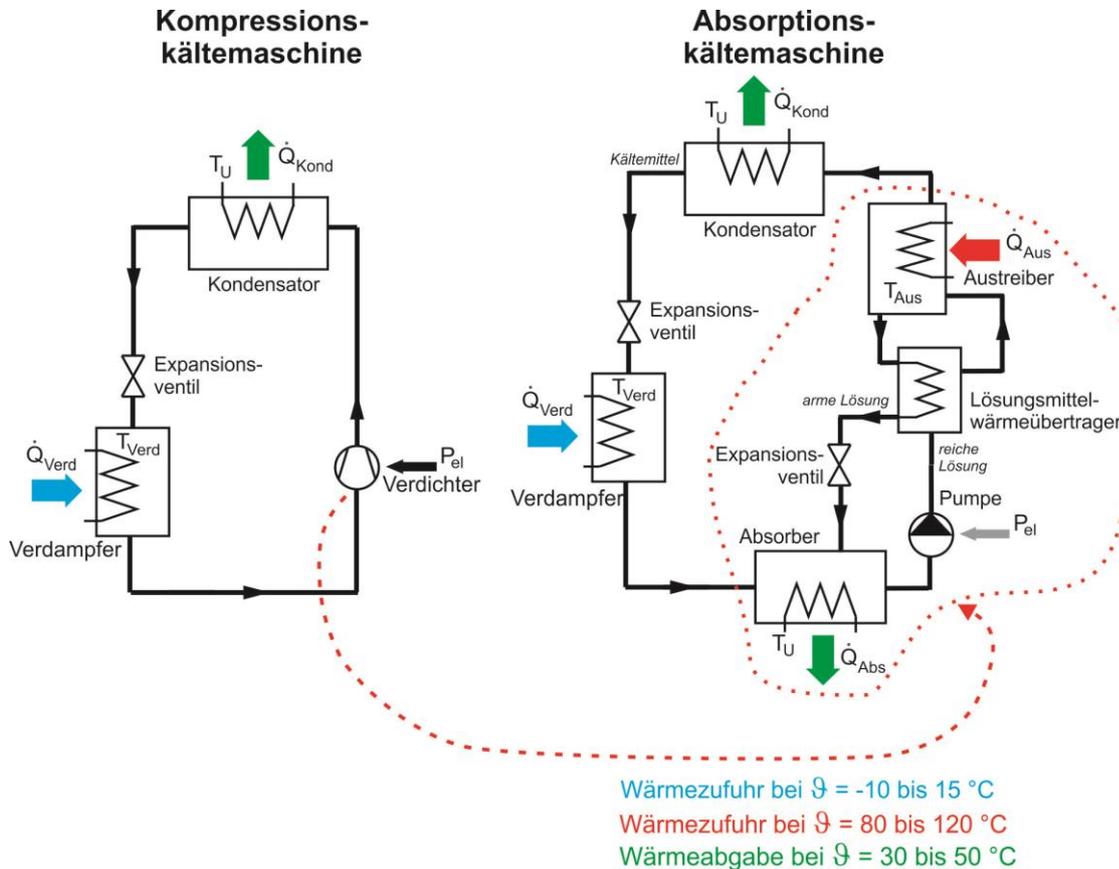


Abbildung 1: schematische Darstellung der Kompressions- und der Absorptionskältemaschine; Quelle: www.itw.uni-stuttgart.de/abteilungen/wktechnik/SolKaelte/Absorptionskaeltemaschine.php

Als Absorption ist in diesem Fall die Aufnahme oder das Lösen von Gasen bzw. Dämpfen durch Flüssigkeiten bei unterschiedlichen Druck- und Temperaturverhältnissen zu verstehen. Hinsichtlich der Kälte- und Lösungsmittel sind verschiedene Arbeitsstoffpaare möglich. Die leichter siedende Komponente wird als Arbeitsstoff (Kältemittel) und die schwerer siedende als Absorptions- oder Lösungsmittel bezeichnet. Als Arbeitspaare sind Wasser und Lithiumbromid (Kühlung bis knapp auf 0 °C runter) sowie Ammoniak und Wasser (Kühlung bis -60 °C) üblich.

Hinsichtlich der ablaufenden Prozesse sind 2 Kreisläufe vorhanden. Zum einen der Kreislauf des Kältemittels zwischen Austreiber, Verflüssiger und Verdampfer und zum anderen der Kreislauf des Lösungsmittels zwischen Absorber und Austreiber. Aus thermodynamischer Sicht handelt es sich um einen exothermen Absorptionsvorgang (Kältemitteldampf wird vom Lösungsmittel absorbiert, dabei wird Wärme frei), bei dem die Temperaturabhängigkeit der physikalischen Löslichkeit zweier Stoffe ausgenutzt wird. Voraussetzung dafür ist, dass beide Stoffe im verwendeten Temperaturintervall in jedem Verhältnis ineinander löslich sind. Als Leistungsparameter wird das Wärmeverhältnis oder der sogenannte COP-Wert (Coefficient of Performance) bezeichnet. Schematisch ist die AKM in Abbildung 1 dargestellt.

Funktion

Das Kältemittel wird nach der Verdampfung im Lösungsmittel absorbiert (im Absorber), dabei wird Wärme abgegeben. Der Druck in der Suspension aus Kälte- und Lösungsmittel wird mittels Pumpen stark erhöht und in den Austreiber transportiert. Dazu wird elektrischer Strom benötigt. Dort wird durch Zufuhr von hoher Wärme das Kältemittel aus dem Lösungsmittel ausgetrieben. Das gasförmige Kältemittel gelangt in den Kondensator und wird unter Abgabe von Wärme verflüssigt. Das Lösungsmittel wird derweil in den Absorber zurück transportiert. Das jetzt wieder flüssige Kältemittel wird dann über eine Drossel entspannt. Danach erfolgt die Verdampfung unter Aufnahme von Wärme und demzufolge Kühlung der entsprechenden Umgebung. Bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck beginnt der Kreislauf erneut.

Cooler System: So funktioniert Fernkälte.

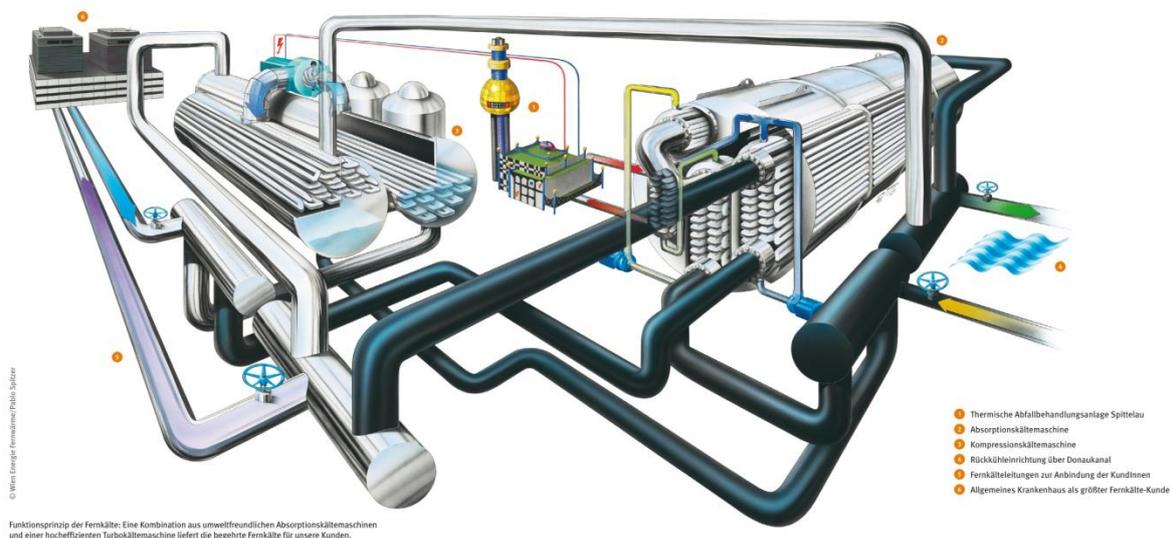


Abbildung 2: Beispiel der KWKK-Anlage in Wien Spittelau (Quelle: www.wienenergie.at); Kühlwasserentnahme aus der Donau zur Rückkühlung der Absorptionsanlage

2.2.4 zentrale Kälteerzeugung aus Grundwasser

Die Kälteerzeugung aus Grundwasser ist im Vergleich zur klassischen Erzeugung, aus z. B. Kompressionskältemaschinen, eine ressourcenschonende und wirtschaftliche Methode. Grundsätzlich nutzt man hier insbesondere, dass im Grundwasser in der Regel niedrige Temperaturen vorherrschen. Das im Grundwasser relativ konstante Temperaturpotential wird über Wärmetauscheranlagen abgegriffen. Das erwärmte Kühlwasser daraufhin wieder in das Grundwasser versickert.

Bei der Erzeugung von Kälte aus Grundwasser wird deutlich weniger Strom verbraucht als bei den klassischen Varianten und in Folge dessen weniger CO₂-Emissionen verursacht.

Überall dort wo Wasser gepumpt wird, z. B. bei der Altlastensanierung (Pump and Treat - Verfahren), kann Kälteerzeugung sinnvoll sein.

2.2.5 Beispiele von Fernkälteversorgungsanlagen

Stadtwerke München und BMW AG, 2006

Beim Bau eines Teils der Münchner U-Bahn war ein Sperrbauwerk im Grundwasserleiter notwendig. Zur Aufrechterhaltung des Grundwasserstromes, wurden Dükerbauwerke errichtet, die das

Grundwasser auf die andere Seite des Sperrbauwerkes in Fließrichtung des Grundwassers abgeleitet haben.

Das zu pumpende Drainagewasser wurde für die Kälteerzeugung genutzt. Insgesamt wurden 8 Dükeranlagen erschlossen, die eine Kälteleistung von 4 MW ermöglichen. Zusätzlich wurden 2 Entnahme- und Schluckbrunnen erschlossen, die weitere 1 MW Kälteleistung liefern. Dies entspricht einer Gesamtwassermenge von ca. 239 l/s.

Die Temperatur des Grundwassers schwankt zwischen 11 – 13 °C. Bei Temperaturen > 12 °C beträgt die verwendete Temperaturspreizung 5 K, ansonsten 6 K.

Fernkälteversorgung Wien TownTown, 2008

Im Bereich der U-Bahn Station Erdberg befindet sich der Büro-Komplex TownTown, der durch ein Fernkältenetz erschlossen ist und einen hohen Kältebedarf aufweist. Die Kälteversorgung wird durch die Fernwärme Wien gewährleistet.

Für die Kälteerzeugung sind 2 Absorptionskältemaschinen mit je 2,2 MW installierter Leistung vorhanden. Für Spitzenlasten ist eine Kompressionskältemaschine mit 900 KW installiert. Im Endausbau der Fernkälte ist eine Gesamtleistung von 8 MW geplant.

Chemnitzer Fernkälte, 2005

In Chemnitz wurde in den Jahren 1971 – 1973 ein Fernkältesystem mit einer Kälteleistung von 8,1 MW aufgebaut. Die Kälte wurde über Kaltwassersätze mit Turboverdichtern (Kompressionskälte) produziert.

Seit 2005 wird ein KWKK-System (Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung) betrieben und verschiedene Kältemaschinen genutzt. Zum einen finden zwei Absorptionskältemaschinen mit je 1,8 MW und eine Absorptionskältemaschine mit 500 KW Verwendung. Des Weiteren werden eine Kompressionskältemaschine mit 3 MW Kälteleistung und eine weitere mit ca. 1,2 MW betrieben.

Das Fernkältenetz weist eine Länge von 4,2 km auf und ist für eine Kälteleistung von 20 MW ausgelegt. Die Rohrleitungsdimensionen variieren zwischen DN 50 und DN 600. Insgesamt sind Kältenutzer mit 10,6 MW angeschlossen (z. B. Kaufhäuser, Bürogebäude, die Oper und die Technische Universität Chemnitz).

Weitere Großstädte, in denen bereits Fernkältenetze betrieben werden sind z. B. Paris, Stockholm und Helsinki.

3 Methodik

3.1 Grundwasserstandsentwicklung

Im Bearbeitungsgebiet dieser Studie wurden acht verschiedene Grundwassermessstellen lokalisiert und hinsichtlich der Entwicklung des Grundwasserstandes grafisch ausgewertet. Die entsprechenden Grundwasserstandsmessreihen wurden vom Amt der Oö. Landesregierung zur Verfügung gestellt und bilden einen Zeitraum von ca. 30 Jahren (von 1980 bis 2012) ab.

Die Pegel und Brunnen wurden im ArcMap 10.1 grafisch dargestellt. Die Positionen wurden über das Digitale Oberösterreichische Raum-Informations-System (DORIS) abgeglichen.

3.2 Grundwasserentnahme zur Kühlwassernutzung

Für die Ermittlung und Charakterisierung der Kühlwassernutzer im Bearbeitungsgebiet wurden entsprechende Unterlagen, die vom Amt der Oö. Landesregierung zur Verfügung gestellt wurden, hinsichtlich der in der Stadt Linz vergebenen Wasserrechte ausgewertet. Zusätzlich wurde das Digitale Oberösterreichische Raum-Informations-System genutzt, über das verschiedenste geografische Informationen online abgegriffen werden können. Unter anderem werden in diesem System die vergebenen Wasserrechte in der Stadt Linz grafisch dargestellt, die mit Auszügen aus den zugehörigen Wasserrechtsbescheiden hinterlegt sind.

Auf Grundlage der ausgewerteten Wasserrechte wurde eine Datenbank erstellt, in der alle erfassten Kältenutzer aufgelistet und alle zugehörigen, aus den Bescheiden ableitbaren, wesentlichen Daten, wie z. B. die Post-Zahl, die genehmigten Konsensmengen, der Zeitpunkt der Erstbewilligung und die Art der betriebenen Anlage, aufgeführt sind. Die Datenbank ist zudem unterteilt in Entnahme-, Versickerungs- und Ableitungsrechte.

Der durchschnittliche Jahreskonsens und der Spitzenkonsens der Kältenutzer hinsichtlich der in den Wasserbuch-Evidenzen genehmigten Grundwasserentnahmemengen bzw. Versickerungs- und Ableitungsmengen werden in dieser Studie jeweils in l/s angegeben. Der durchschnittliche Jahreskonsens ergibt sich aus den in den Wasserrechten angegebenen Jahresmengen, die bezogen auf 365 Tage und 24 h, entsprechend abgeleitet wurden. Der Spitzenkonsens war entweder in den Bescheiden benannt oder wurde aus den vorhandenen Angaben (Tages-, Monats- oder Jahresmengen) ebenfalls abgeleitet.

Bei einigen Nutzern sind 2 Wasserrechte vorhanden, ein Wasserrecht für die Entnahme und eines für die Versickerung bzw. die Ableitung. Neben der Kühlwassernutzung sind bei einigen Wasserrechten auch andere Nutzungen enthalten und als Gesamtmenge angegeben, so dass eine Differenzierung hinsichtlich Kühlwasser nicht möglich war.

Anderweitige Grundwasserentnahmen, wie z. B. Nutzwasser- oder Trinkwasserentnahmen bzw. Wärmepumpen wurden nicht erfasst, wobei zentrale Trinkwasserversorgungsanlagen nicht im Bearbeitungsgebiet situiert sind.

3.3 tatsächliche Grundwasserentnahmen – Kalenderjahr 2012

Um einen Überblick hinsichtlich des tatsächlichen Verbrauchsverhaltens der Kältenutzer im Stadtgebiet Linz zu erhalten, wurden alle lokalisierten Kältenutzer schriftlich angeschrieben und gebeten, der TU Graz die tatsächlichen Grundwasserentnahmen und Versickerungs- bzw. Ableitungsmengen für das Kalenderjahr 2012, möglichst als Tagesdurchschnittswerte, mitzuteilen. Über einen Vergleich der tatsächlichen Grundwassernutzung mit den genehmigten Konsensmengen sollte abgeschätzt werden, wie stark der Grundwasserleiter durch Kühlwasserentnahmen und -versickerungen bzw. Ausleitungen beeinflusst wird.

3.4 Temperaturfahnen nach ÖWAV Regelblatt 207, 2009

3.4.1 Allgemeine Grundlagen

Zur Visualisierung des Temperatureinflusses des zu versickernden, erwärmten Grundwassers auf den Grundwasserleiter im Stadtgebiet Linz wurden für jeden Kältenutzer Temperaturfahnen entsprechend des ÖWAV RB 207, 2009 berechnet. Die Temperaturfahnen wurden mit Hilfe der Software Arc Map 10.1 grafisch dargestellt und bei der Bewertung der Szenarien ebenfalls verwendet.

Das Regelblatt beinhaltet ein analytisches Verfahren zur Abschätzung der Ausbreitung der sogenannten Temperaturanomalien (Temperaturfahnen) von Einzelanlagen.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass kein analytisches Berechnungsverfahren alle thermischen Prozesse vollumfänglich beschreibt. Es sind jeweils vereinfachende Annahmen voraus zu setzen.

Die Berechnung basiert auf der iterativen Methode nach Ingerle (1988), die eine zusätzliche Modifikation nach Rauch (1992) aufweist und ist als stationäre Näherungslösung zu betrachten.

Für das verwendete Berechnungsverfahren sind folgende Randbedingungen zu beachten.

- Das Grundwasserfeld weist näherungsweise eine konstante Mächtigkeit H , Durchlässigkeit k_f und Überdeckung A auf.
- Der Rückgabebrunnen ist als vollkommener Brunnen ausgebildet; es erfolgt eine gleichmäßige Verteilung des Rückgabewassers über die gesamte Grundwassermächtigkeit.
- Der Entnahmebrunnen wird nicht durch den Rückgabebrunnen beeinflusst.
- Das Rückgabewasser wird im Bereich des Rückgabebrunnens *ohne Vermischung* mit der Strömungsbreite B in den Grundwasserkörper eingeleitet.
- Der Einfluss der Dispersion ist in der Formel von INGERLE näherungsweise berücksichtigt.
- Es findet ein kontinuierlicher Betrieb des Rückgabebrunnens statt und es erfolgt kein konduktiver (leitender) Temperatureaustausch.
- Die Erdwärme wird nicht berücksichtigt.

Entsprechend o. g. Methodik nimmt die Temperaturfahne entlang der Grundwasserströmungsrichtung näherungsweise nach einer Exponentialfunktion ab. Wenn der rechnerische Temperaturunterschied zwischen der Temperaturfahne und umgebender Grundwassertemperatur (bzw. Entnahmetemperatur) weniger als 1 K beträgt, wird vom Ende der Temperaturanomalie ausgegangen. Die unter dieser Bedingung erreichte Ausdehnungslänge der Temperaturfahne wird als Einflusslänge L bezeichnet. Der entsprechende Berechnungsalgorithmus ist dem ÖWAV RB 207, 2009 zu entnehmen bzw. als EXCEL-Berechnung und unter dem Namen ÖWAV Regelblatt 207, Teil 2 auf der Homepage des ÖWAV herunterladbar.

Die Berechnung der seitlichen Ausbreitung B wird durch eine Näherung bestimmt und das Strömungsbild durch ein Trapez mit einem seitlichen Ausbreitungswinkel α dargestellt. Die hydraulische Breite nach der Infiltration wird über die Gleichung 1 bestimmt.

$$B = \frac{Q}{k_f \cdot H \cdot J} \quad \text{Gleichung 1}$$

Abbildung 3 zeigt beispielhaft die idealisierte Ausdehnung des Strömungsfeldes der Temperaturanomalie.

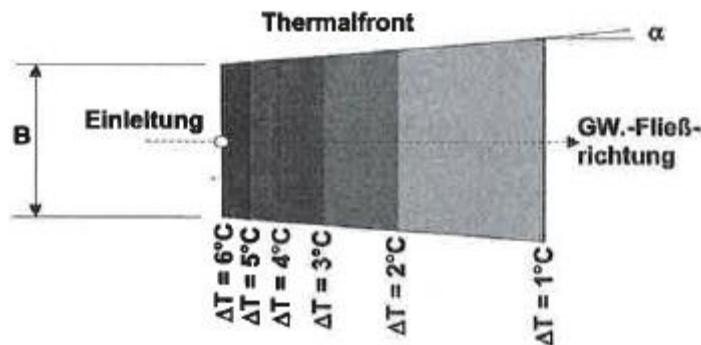


Abbildung 3: Strömungsbild der Temperaturfahne; Quelle: ÖWAV Regelblatt 207

Die seitliche Ausbreitung der Thermalfront (Winkel α) wird durch Dispersionseffekte und die Verschwenkung der Grundwasserströmungsrichtung charakterisiert. Nach Rauch (1992) liegen die Werte für den Winkel α zwischen 5° (keine Verschwenkung, geringe Dispersion) und 15° (große jahreszeitliche Verschwenkung, starke Dispersion).

3.4.2 Berechnungsparameter

Ein Großteil der Eingangsdaten für die Berechnung der Temperaturfahnen wurde anhand der zwei Studien zur Grundwasserbewirtschaftung Linz aus den Jahren 2004 bzw. 2006 der DonauConsult Zottl & Erber ZT GmbH ermittelt.

Die *durchschnittliche Entnahmetemperatur* T_0 der jeweiligen Grundwasserentnahmeanlage wurde vom Lageplan der Isothermen der mittleren Grundwassertemperatur im Beobachtungszeitraum 2003 – 2005 (Beilage 5 der Studie zur Grundwasserbewirtschaftung 2006) abgegriffen. Abbildung 4 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt der verwendeten Temperaturen.

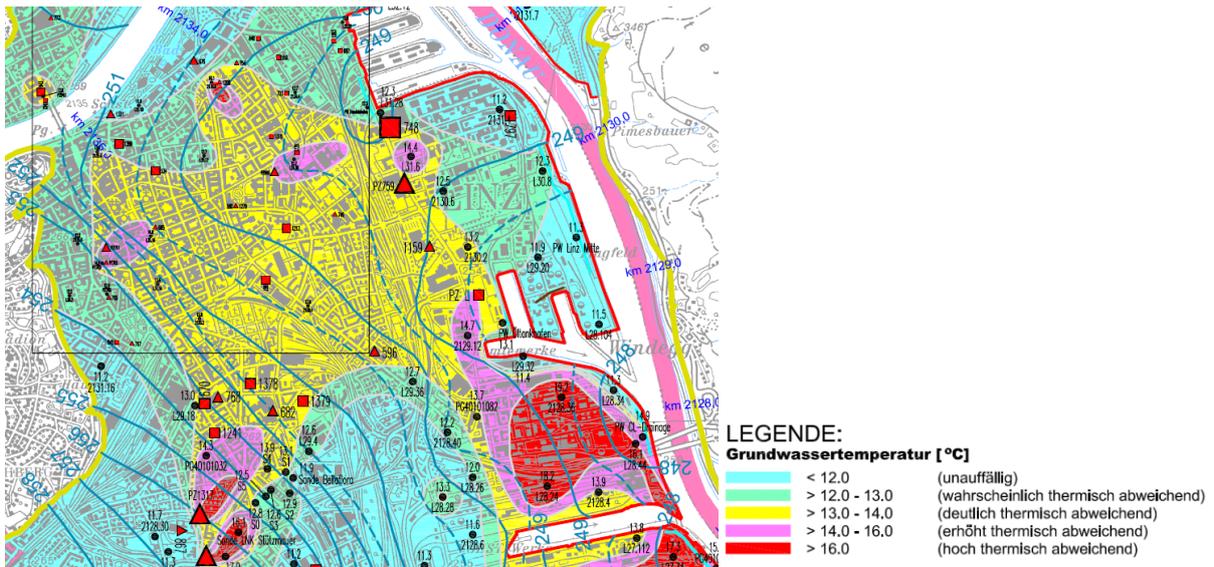


Abbildung 4: Isothermen der mittleren Grundwassertemperatur 2003 – 2005

Der *Durchlässigkeitsbeiwert* k_f in m/s wurde aus Beilage 9 der Studie 2004 entsprechend Abbildung 5 entnommen, wobei nicht die Isolinien nach KRESSNER und BREINER betrachtet worden sind, sondern die interpolierten und gruppierten k_f -Bereiche.

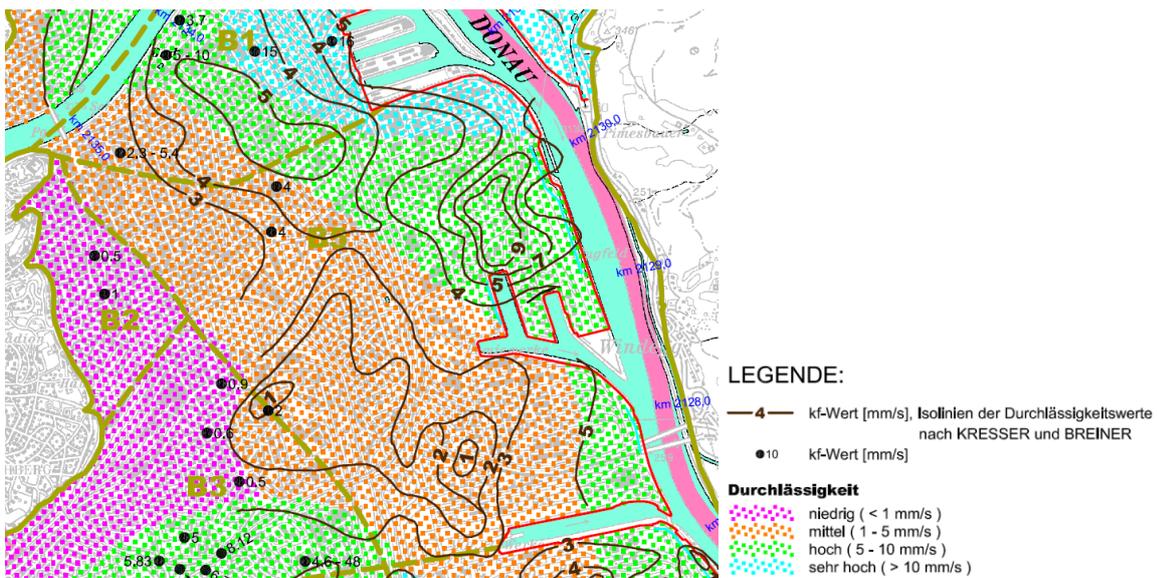


Abbildung 5: Durchlässigkeitsbeiwert

Das *Grundwasserspiegelgefälle* J basiert auf dem Prexel- Grundwasserschichtenplan der Stadt Linz (Mittelwasser) und dem einfachen mathematischen Ansatz $J = \Delta h / \Delta l$. Diesbezüglich wurden die Höhen, der vor und nach dem Kältenutzer gelegenen Grundwasserstandshöhenlinien, bestimmt sowie die Entfernung zwischen den Höhenlinien mittels der ArcMap-Software gemessen.

Zur Ermittlung der *maßgeblichen Grundwassermächtigkeit* H in m wurde die Differenz zwischen der Höhe der entsprechenden Grundwasserstandshöhenlinie nach Prexel und der Unterkante des Grundwasserleiters (Beilage 7 der Studie 2004), die beispielhaft in Abbildung 6 dargestellt ist, gebildet.

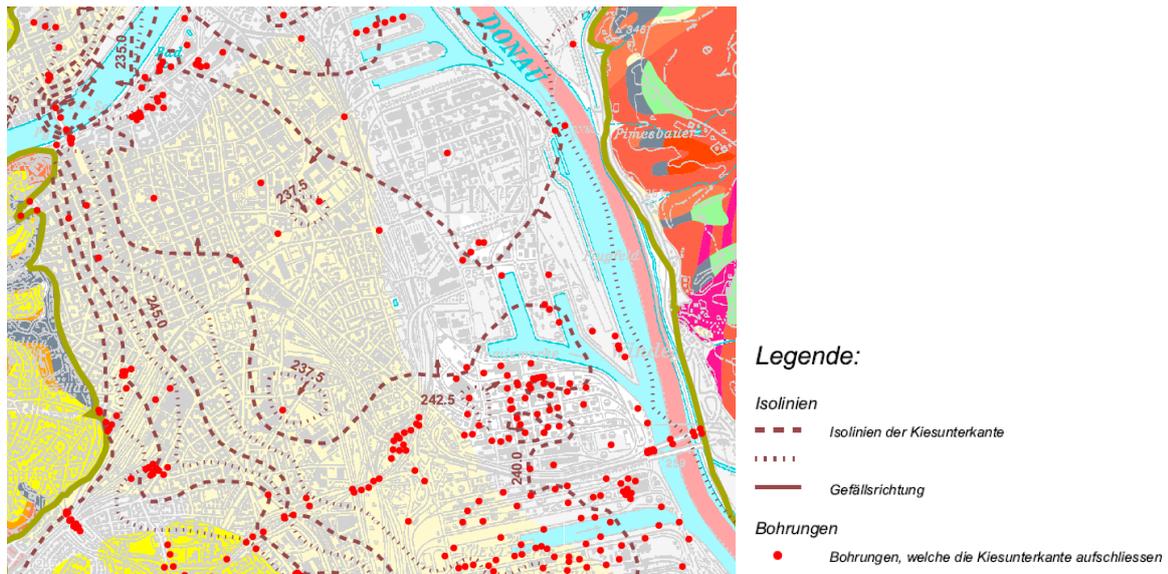


Abbildung 6: Unterkante des Grundwasserleiters

Der *Flurabstand A* in m ist als Abstand zwischen Grundwasserspiegel und Oberkante Gelände definiert und ergibt sich aus der Summe der Mächtigkeit des Grundwasserleiters (Beilage 6, Studie 2004, siehe Abbildung 7) und der Mächtigkeit der Bedeckung des Grundwasserleiters (Beilage 5, Studie 2004, siehe Abbildung 8) abzüglich der maßgeblichen Grundwassermächtigkeit H.

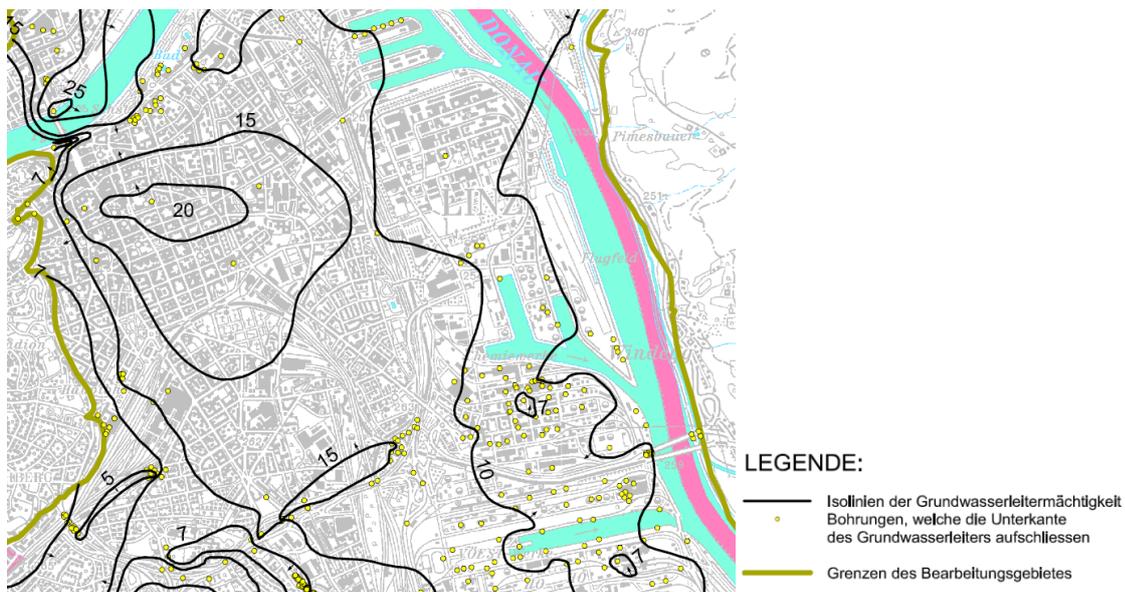


Abbildung 7: Mächtigkeit des Grundwasserleiters

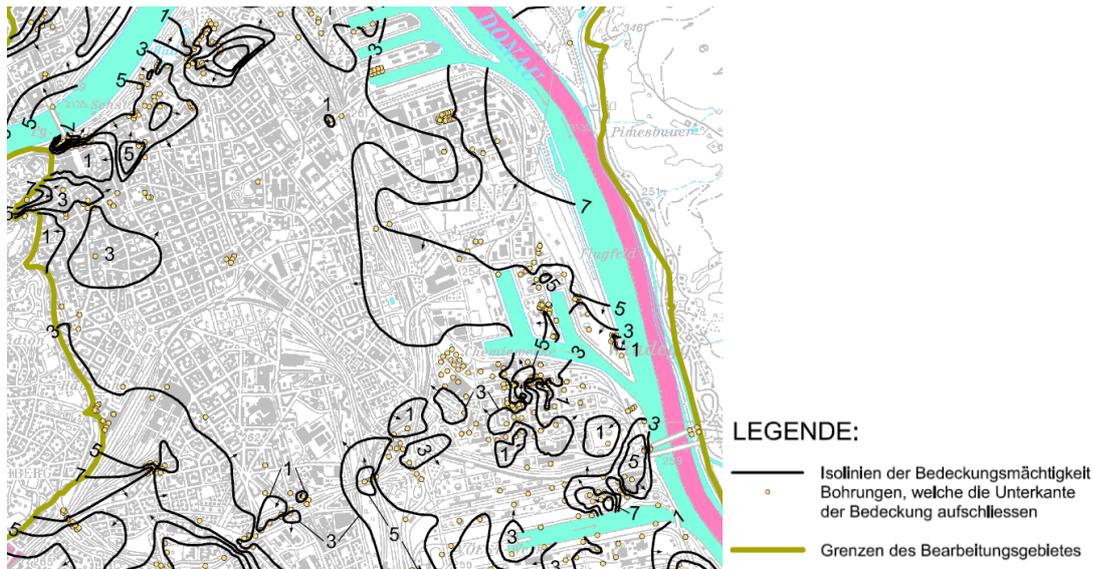


Abbildung 8: Mächtigkeit der Bedeckung des Grundwasserleiters

Die durchschnittliche Rückgabetemperatur T_A und die mittlere jährliche Versickerungsmenge Q in l/s wurden den Wasserbuch-Evidenzen der einzelnen Kältenutzer entnommen. War keine maximal zulässige Versickerungstemperatur angegeben wurde in Abstimmung mit dem Amt der Oö. Landesregierung 18 °C angenommen.

Für die Wärmeleitfähigkeit der Deckschicht λ_D und den Ausbreitungswinkel α wurden die Standardwerte entsprechend der ÖWAV RB 207, 2009 Berechnungshilfe mit $\lambda_D = 0,5\text{ W/ m/ K}$ und $\alpha = 6\text{ °}$ angesetzt.

3.5 Nutzwertanalyse

Zur Beurteilung und zum Vergleich der zu entwickelnden Fernkälteszenarien wurde eine Nutzwertanalyse durchgeführt.

Die Nutzwertanalyse ist eine quantitative, nicht monetäre Analysemethode der Entscheidungstheorie und wird auch als Punktwertverfahren, Punktebewertungsverfahren oder Scoring-Modell bezeichnet.

Stehen die zu bewertenden Szenarien bzw. Varianten fest, gilt es verschiedene Bewertungskriterien zu entwickeln. Die Bewertungskriterien werden entsprechend einer subjektiven Wahrnehmung gewichtet. Die Summe der Gewichtungen ist z. B. auf 100 % festzulegen. Danach erfolgt die Entwicklung einer Bewertungsskala, die in dieser Studie zwischen eins - sehr negativ und fünf - sehr positiv beträgt (1 – sehr negativ; 2 – negativ; 3 – neutral; 4 – positiv; 5 – sehr positiv).

Sind die Bewertungskriterien und Bewertungsskala vorhanden, erfolgt die Bewertung der verschiedenen Szenarien. Der Bewertungsfaktor und der Gewichtungsfaktor werden miteinander multipliziert und die Einzelergebnisse aufsummiert.

Die Variante mit der höchsten Bewertungszahl ist im Sinne der Nutzwertanalyse die Vorzugsvariante.

4 Ergebnisse

4.1 Ist-Stand - Beeinflussung des Grundwasserstandes durch Kältenutzung

In Abbildung 9 sind die hinsichtlich des Grundwasserstandes ausgewerteten Brunnen und Pegel im Stadtgebiet Linz dargestellt (Ausnahme: Lachstatt, BI 32.1, da nicht im Bearbeitungsgebiet).

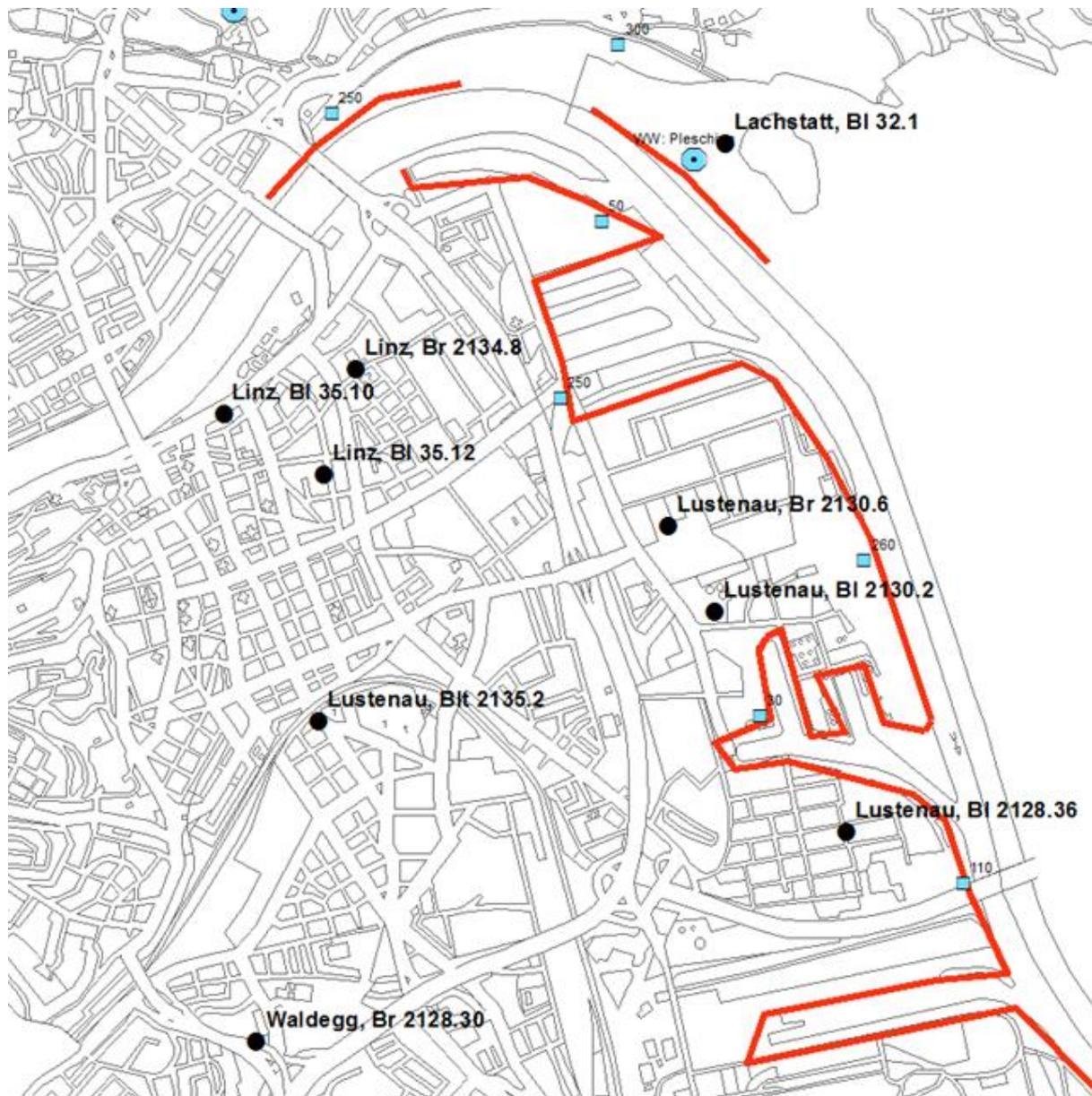


Abbildung 9: Bearbeitungsgebiet Linz – Pegel und Brunnen

Betrachtet man die Messdaten der letzten 30 Jahre im Stadtgebiet Linz zeigen diese langfristig gesehen einen deutlich erkennbaren sinkenden Trend. Insbesondere bei einer detaillierteren Betrachtung der letzten 12 Jahre.

Zu demselben Ergebnis gelangt die Geotechnik Tauchmann GmbH, 2012 im Zusammenhang mit der Nutzungserweiterung der Fresenius Kabi Austria GmbH, die in dem entsprechenden Hydrogeologischen Gutachten verschiedene Messdaten des Hydrografischen Dienstes ausgewertet hat.

Im Folgenden werden die im Stadtgebiet Linz gemessenen Grundwasserstände der letzten 30 bzw. 12 Jahre dargestellt.

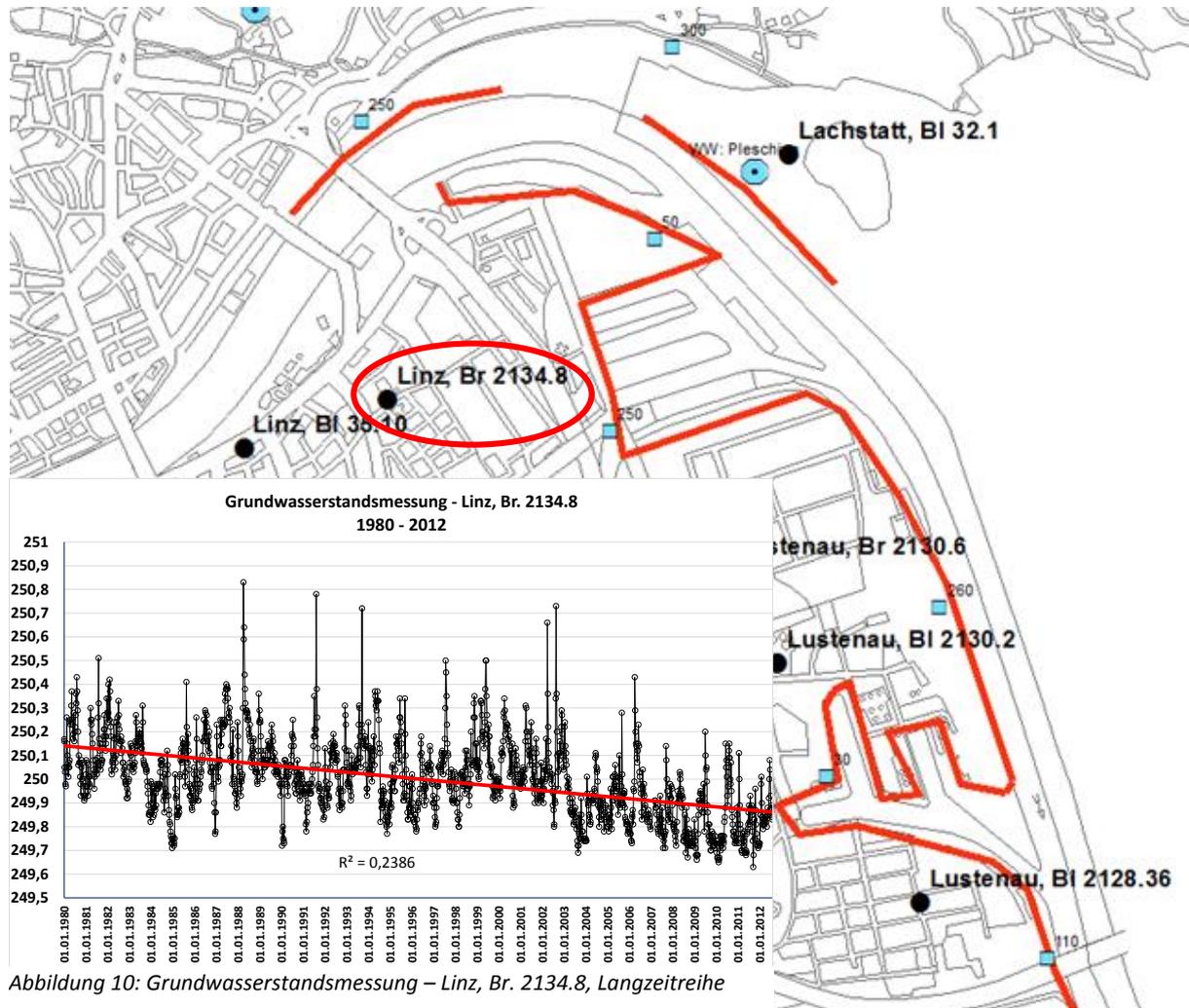


Abbildung 10: Grundwasserstandsmessung – Linz, Br. 2134.8, Langzeitreihe

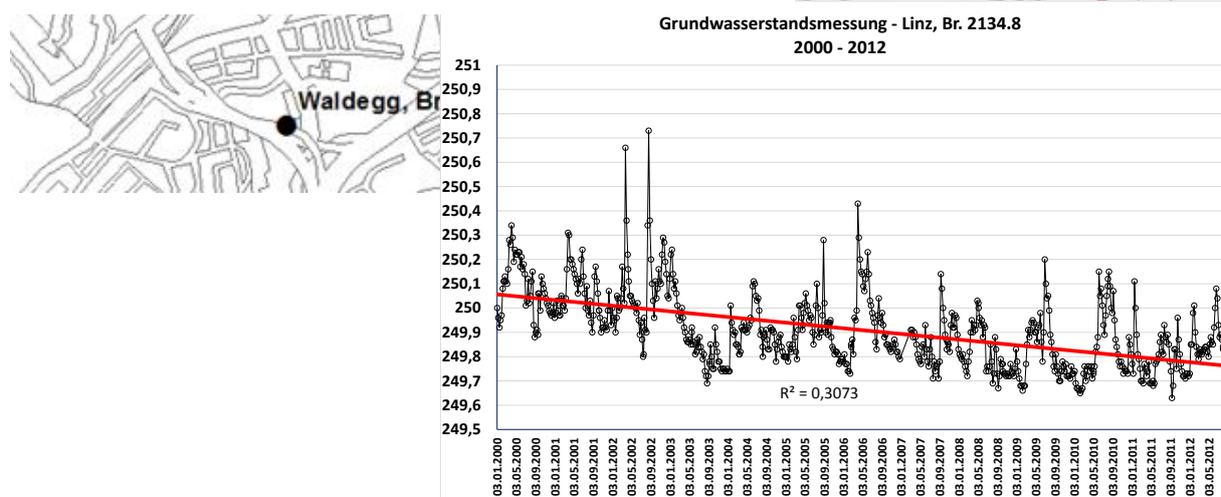


Abbildung 11: Grundwasserstandsmessung – Linz, Br. 2134.8, Kurzzeitreihe

Der oben dargestellte Brunnen zeigt sowohl über den Zeitraum von 30 Jahren (Abbildung 10) als auch in den letzten 12 Jahren (Abbildung 11) ein Absinken des Grundwasserstandes um im Mittel ca. 30 cm (über die Trendlinie abgegriffen).

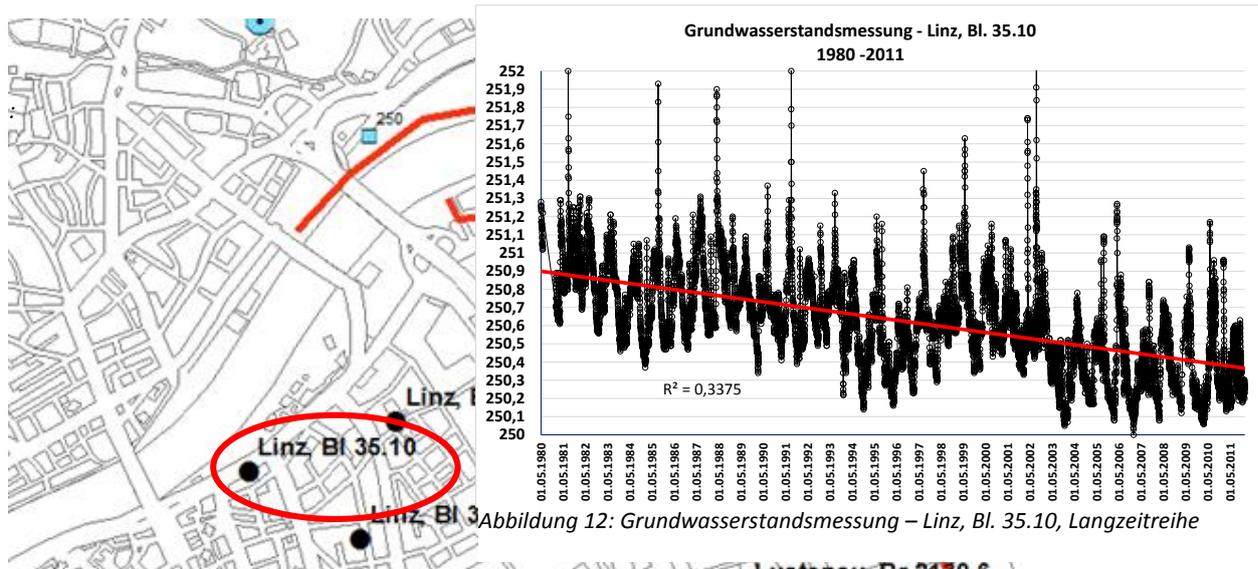


Abbildung 12: Grundwasserstandsmessung – Linz, Bl. 35.10, Langzeitreihe

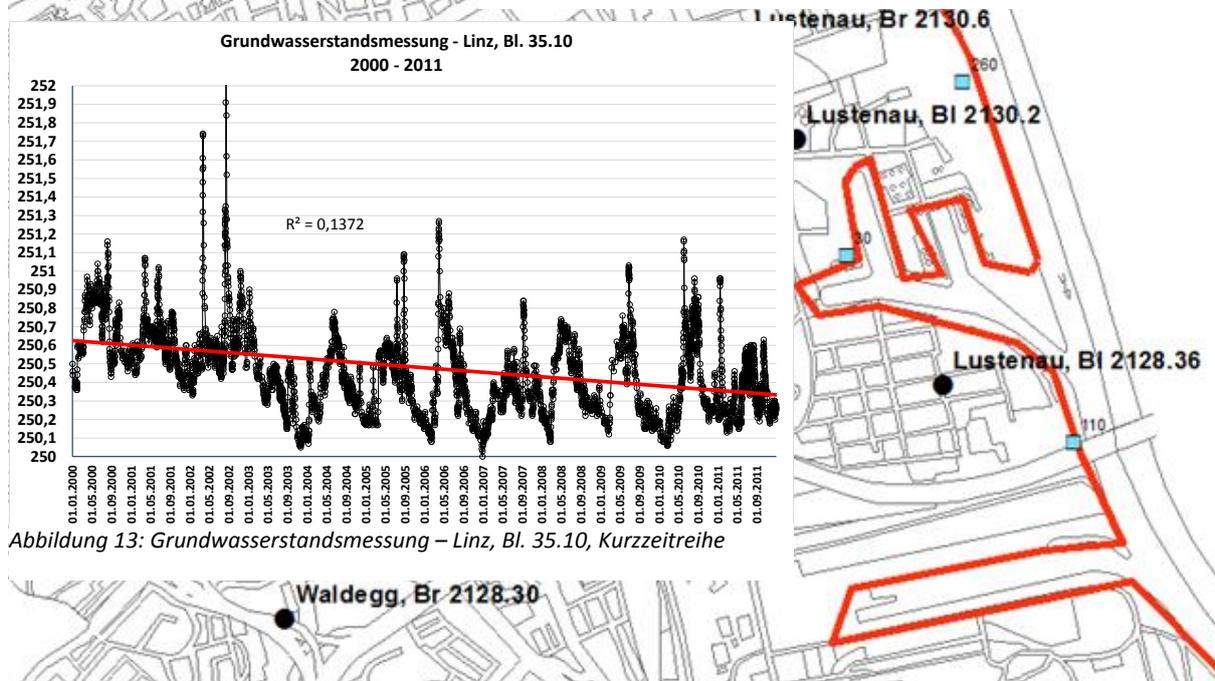


Abbildung 13: Grundwasserstandsmessung – Linz, Bl. 35.10, Kurzzeitreihe

In Abbildung 12 ist der Grundwasserstand von Brunnen 35.10 der letzten 30 Jahre dargestellt. Die mittlere Absenkung beträgt ca. 50 cm. Bezogen auf die letzten 12 Jahre (Abbildung 13) beträgt die mittlere Absenkung ca. 28 cm.

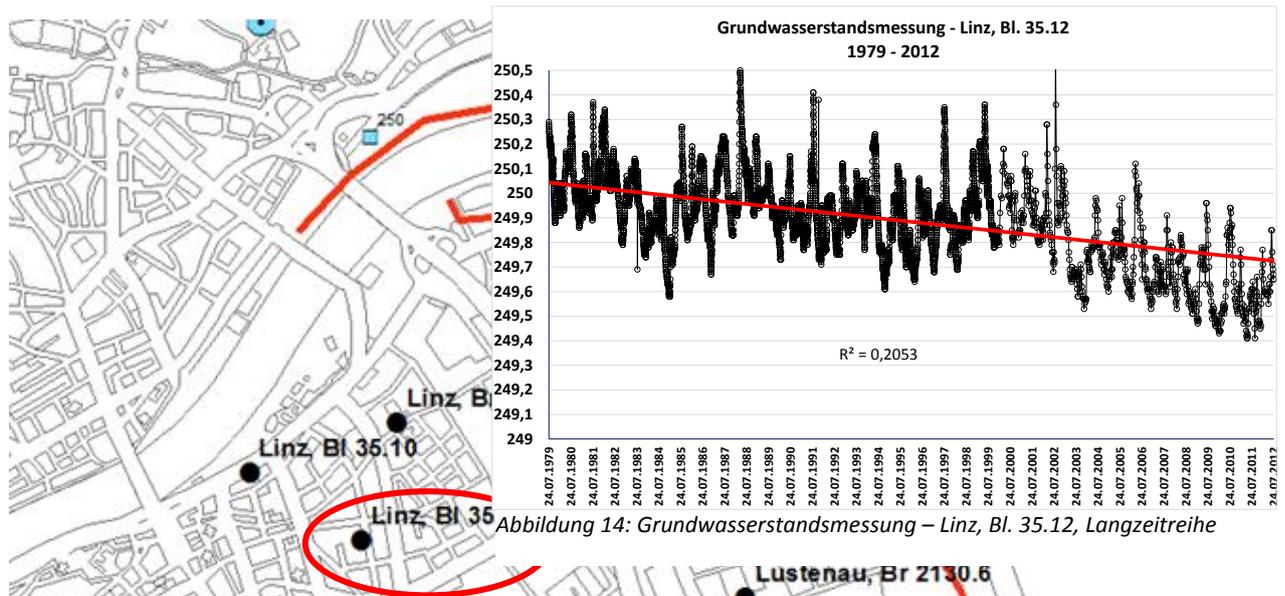


Abbildung 14: Grundwasserstandsmessung – Linz, Bl. 35.12, Langzeitreihe

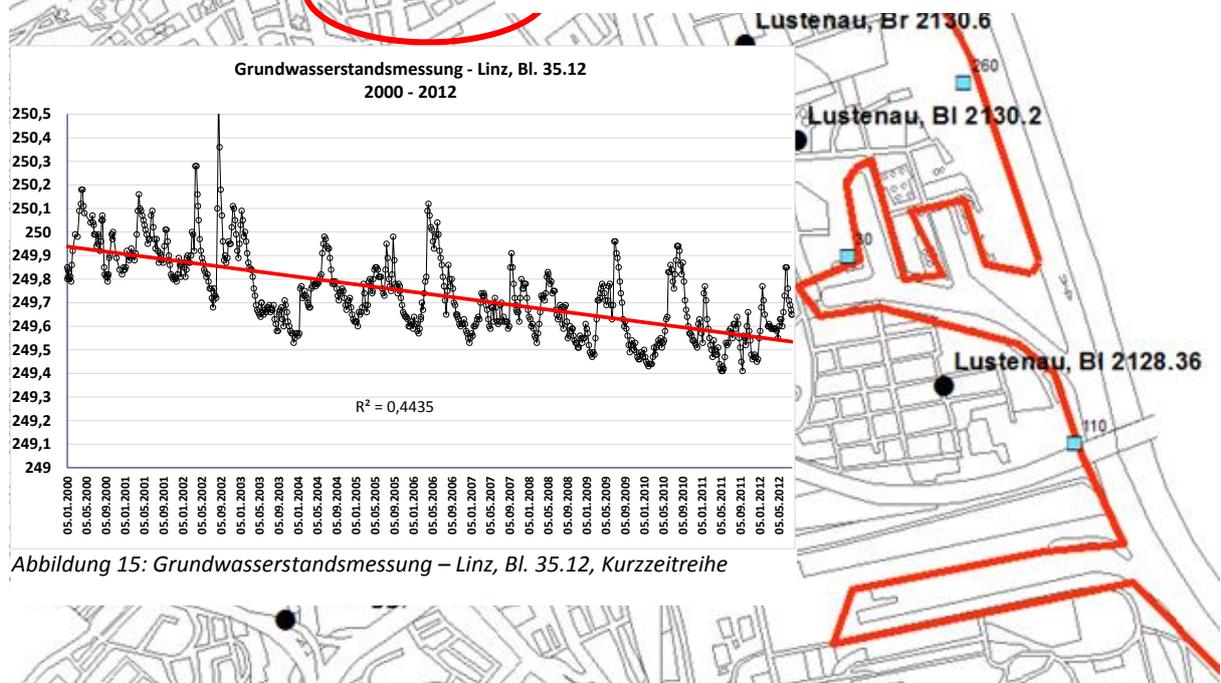


Abbildung 15: Grundwasserstandsmessung – Linz, Bl. 35.12, Kurzzeitreihe

Abbildung 14 und Abbildung 15 zeigen die jeweiligen Grundwassermessreihen von Brunnen 35.12. Der Grundwasserstand ist in den letzten 30 Jahren im Mittel um ca. 32 cm und in den letzten 12 Jahren im Mittel um ca. 41 cm abgesunken.

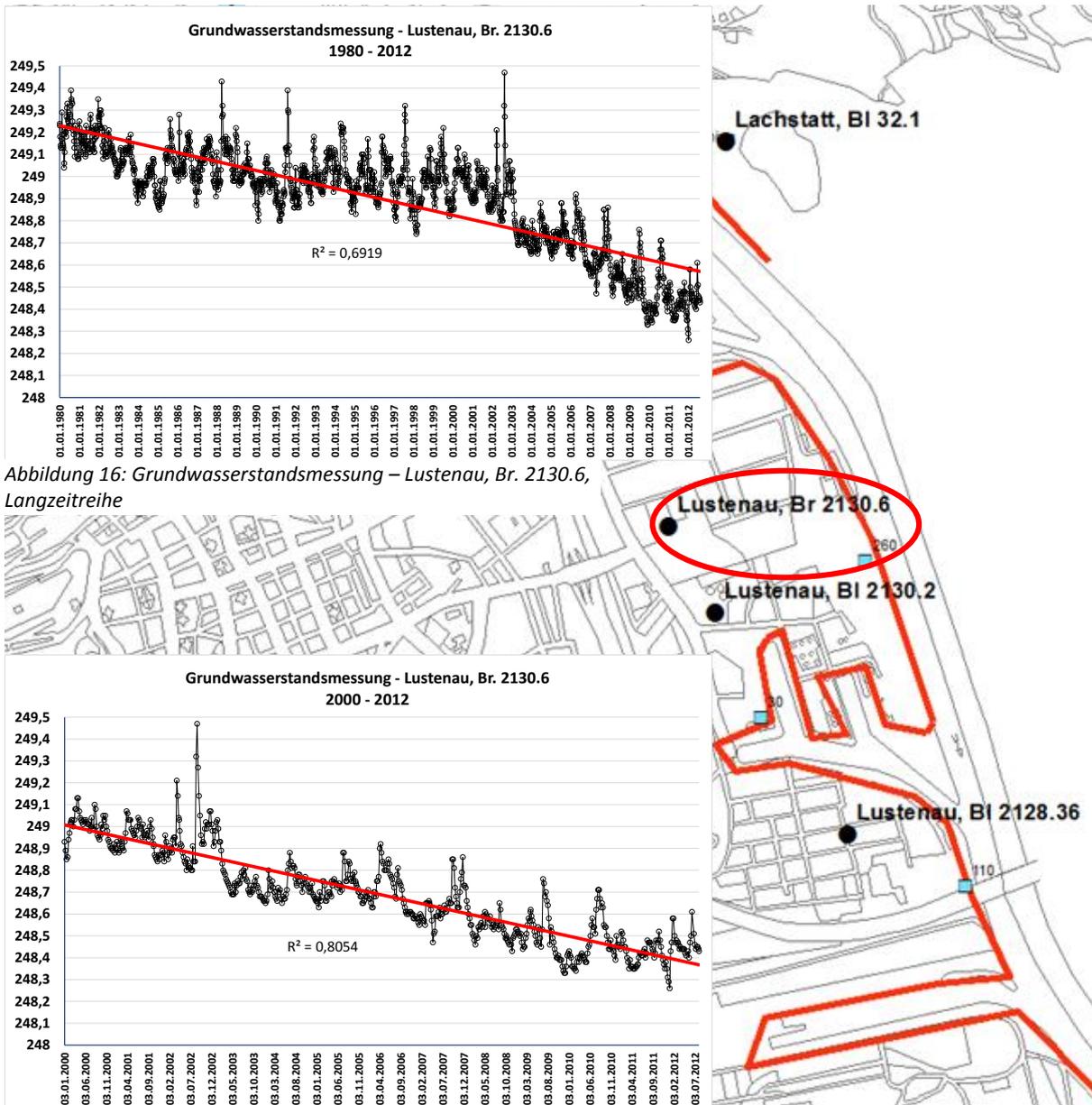


Abbildung 16: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, Br. 2130.6, Langzeitreihe

Abbildung 17: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, Br. 2130.6, Kurzzeitreihe

Die mittlere Absenkung von Br. 2130.6 in den letzten 30 Jahren beträgt ca. 66 cm und in den letzten 12 Jahren ca. 62 cm (Abbildung 16 und Abbildung 17).

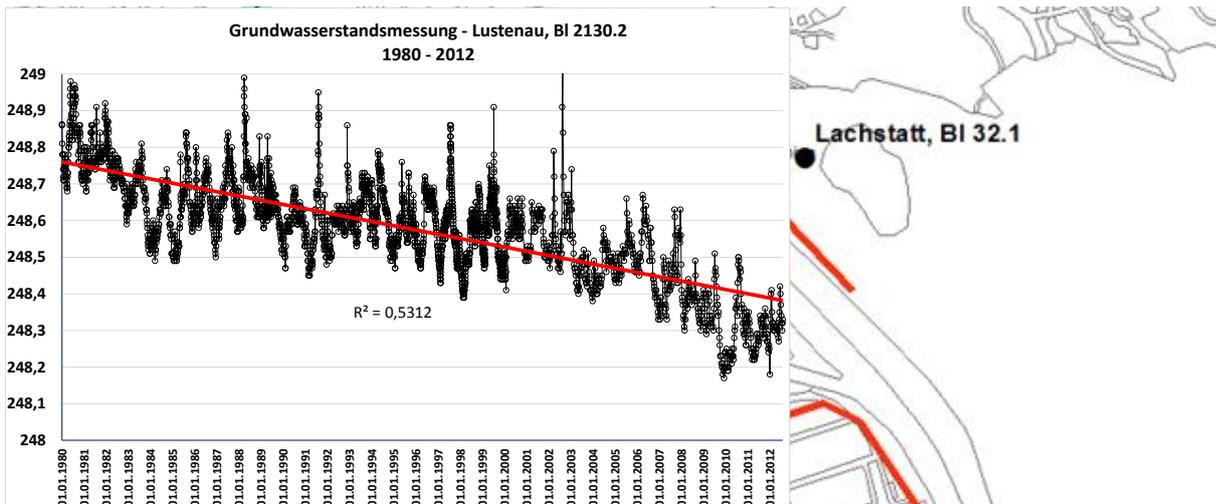


Abbildung 18: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, BI. 2130.2, Langzeitreihe

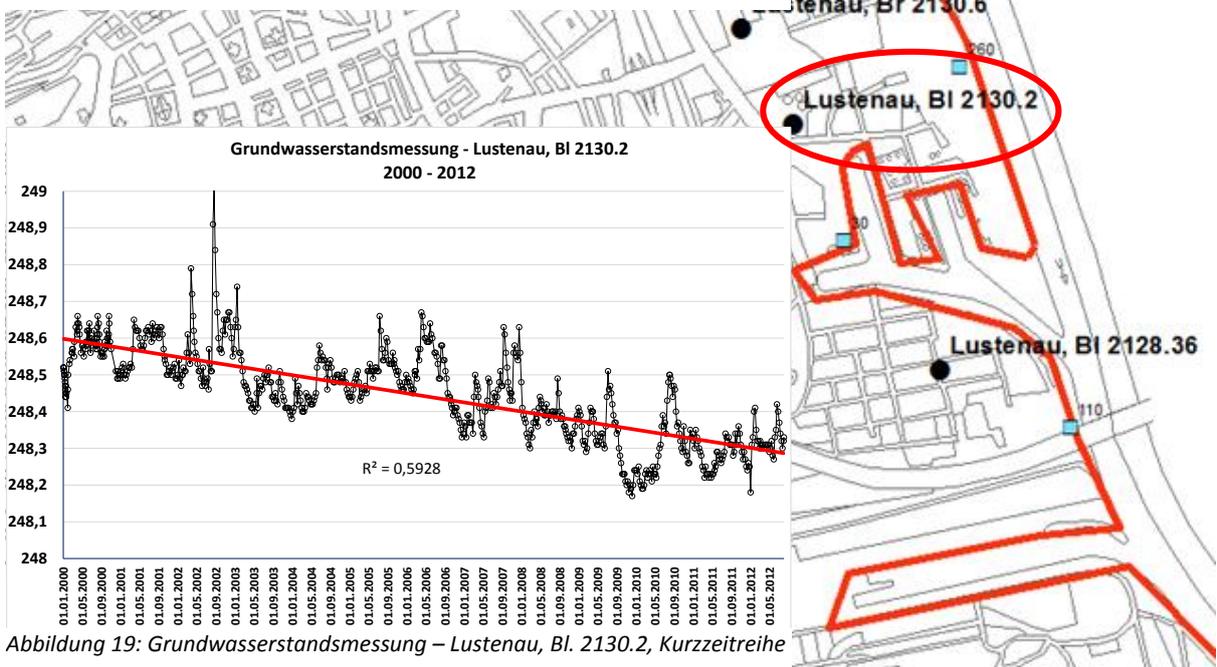


Abbildung 19: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, BI. 2130.2, Kurzzeitreihe

Für die Grundwassermessstelle 2130.2 beträgt die mittlere Absenkung der letzten 30 Jahre ca. 38 cm und die der letzten 12 Jahre ca. 32 cm (Abbildung 18 und Abbildung 19).

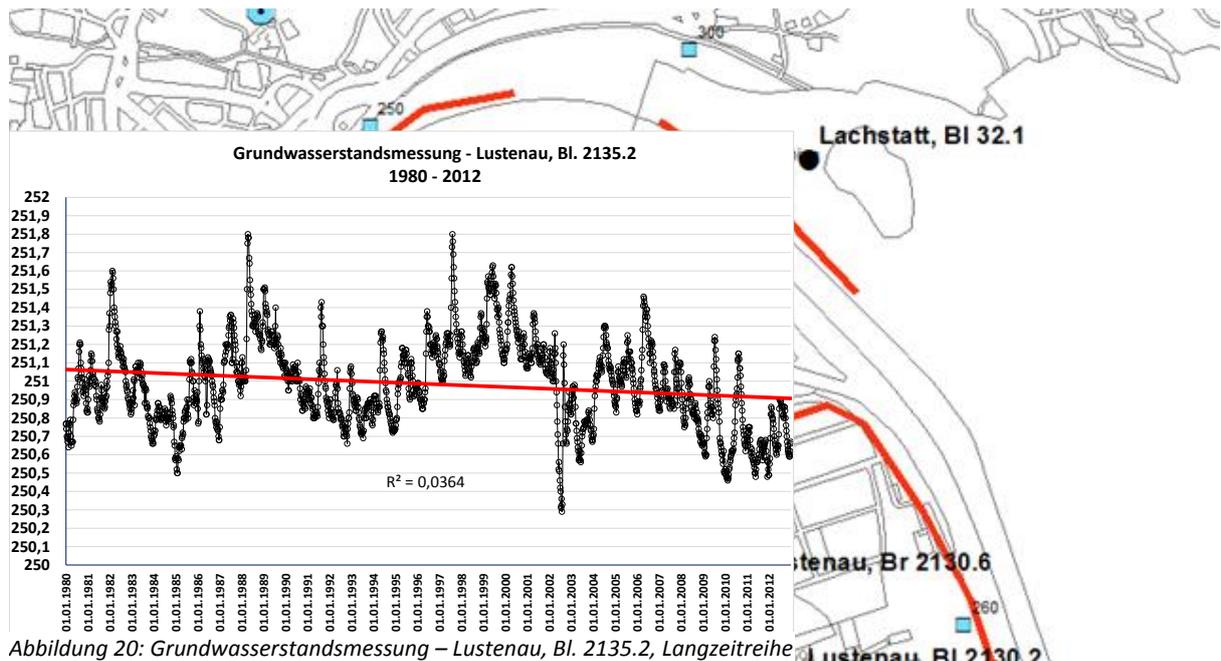


Abbildung 20: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, BI. 2135.2, Langzeitreihe

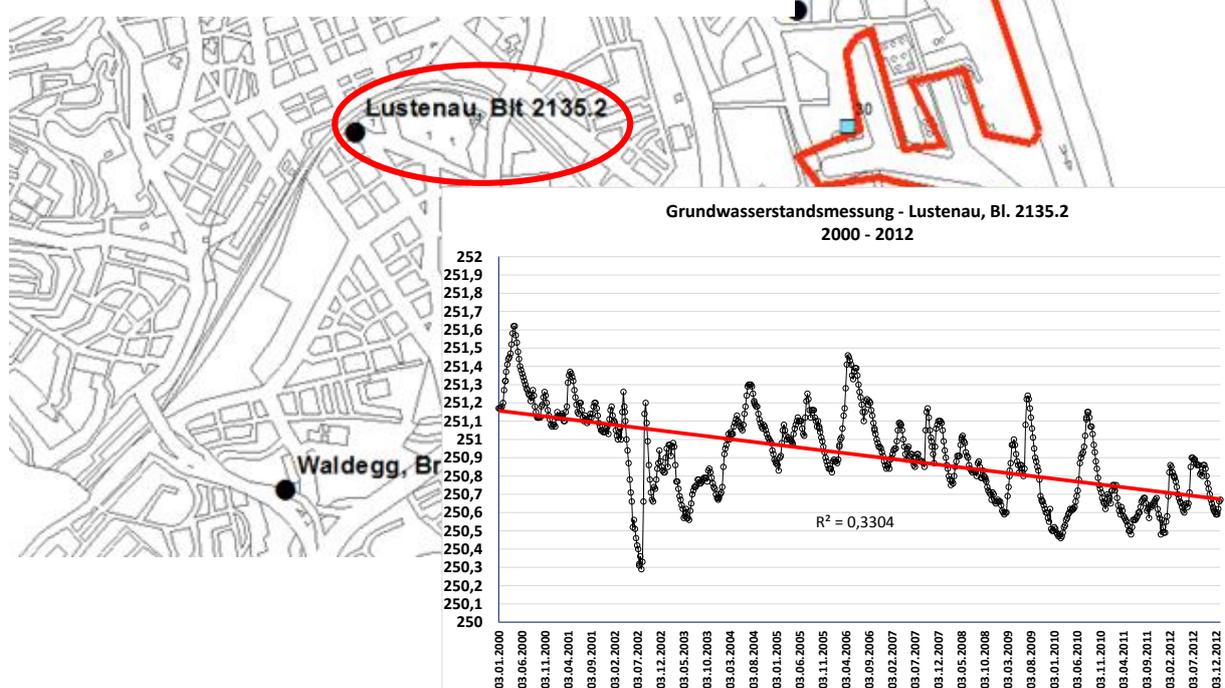


Abbildung 21: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, BI. 2135.2, Kurzzeitreihe

Die mittlere Absenkung für die Grundwassermesstelle 2135.2 hinsichtlich der letzten 30 Jahre liegt bei ca. 80 cm und hinsichtlich der letzten 12 Jahre bei ca. 49 cm (Abbildung 20 und Abbildung 21).

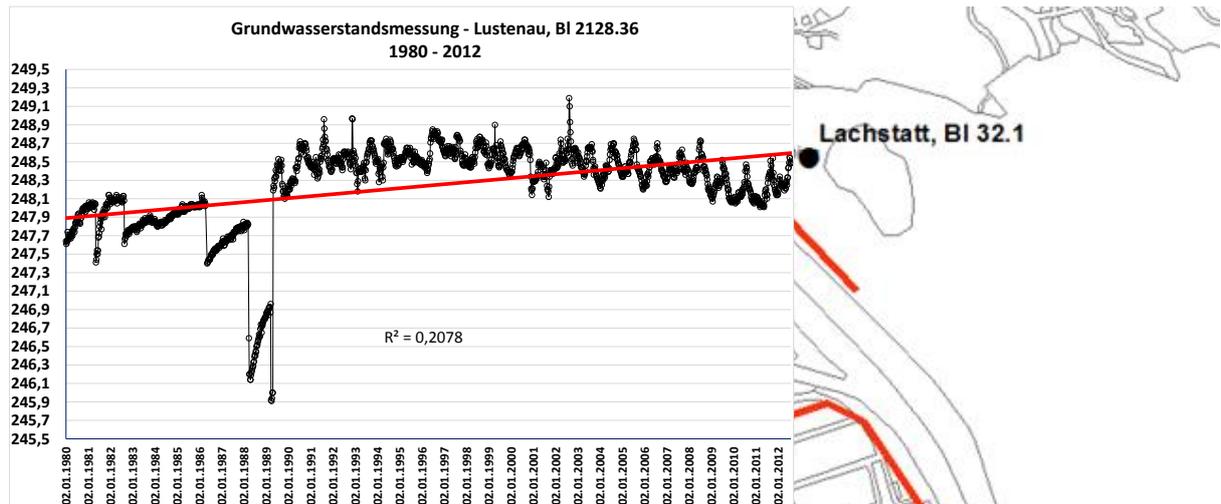


Abbildung 22: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, BI. 2128.36, Langzeitreihe

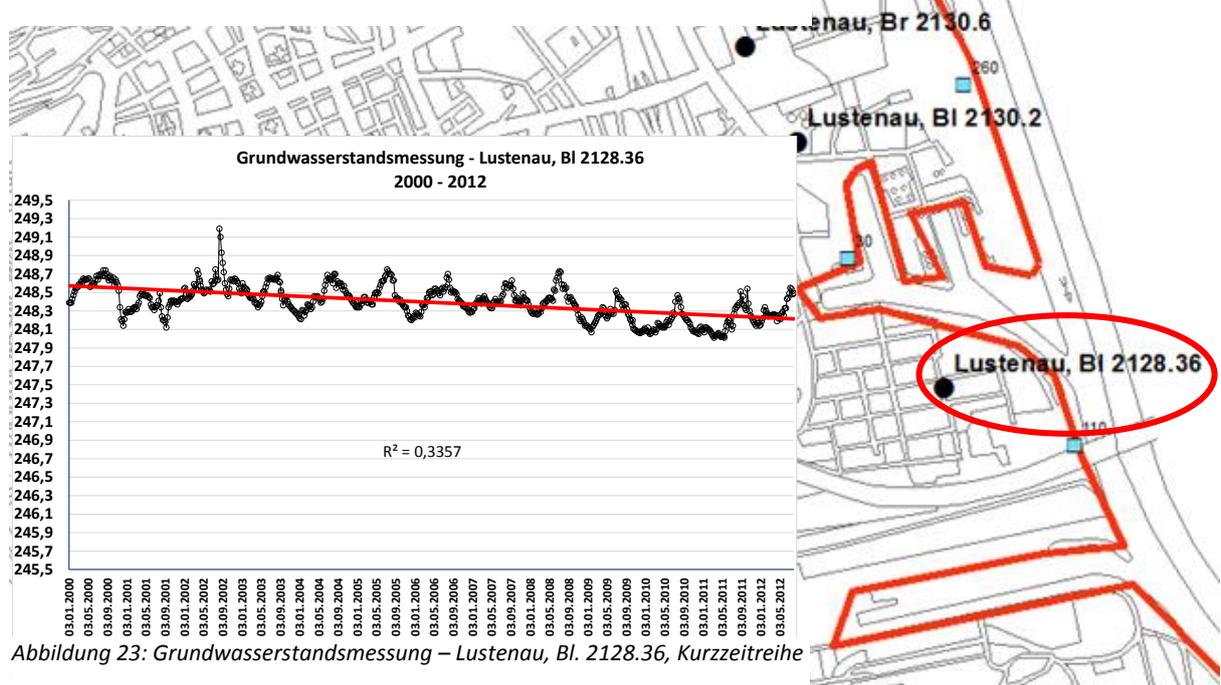


Abbildung 23: Grundwasserstandsmessung – Lustenau, BI. 2128.36, Kurzzeitreihe

Abbildung 22 zeigt den Verlauf des Grundwasserspiegels der letzten 30 Jahre für die Grundwassermessstelle 2128.36. Ein eindeutiger Trend ist hier nicht auszumachen. Mitte/ Ende der 80iger Jahre scheint es stärkere Absenkungen gegeben zu haben, möglicherweise durch industriell betriebene Brunnen. Eine Stabilisierung des Grundwasserstandes ist ab den 90iger Jahren zu erkennen.

Betrachtet man die letzten 12 Jahre dieser Messstelle (Abbildung 23) ist ein tendenzielles Absinken des Grundwasserstandes zu beobachten. Im Mittel beträgt diese ca. 32 cm.

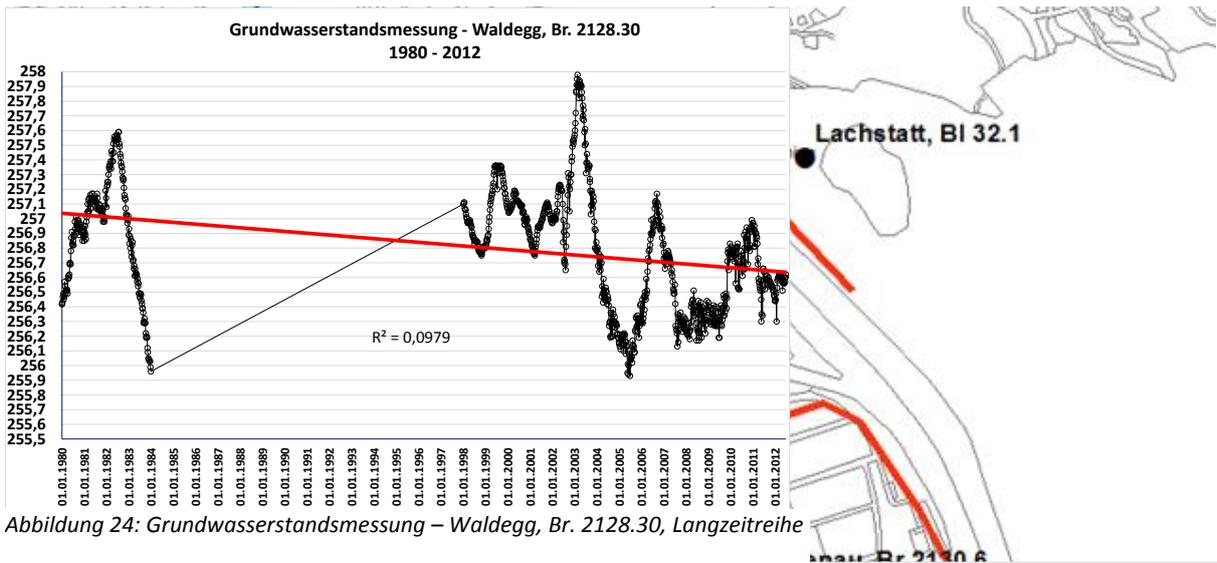


Abbildung 24: Grundwasserstandsmessung – Waldegg, Br. 2128.30, Langzeitreihe

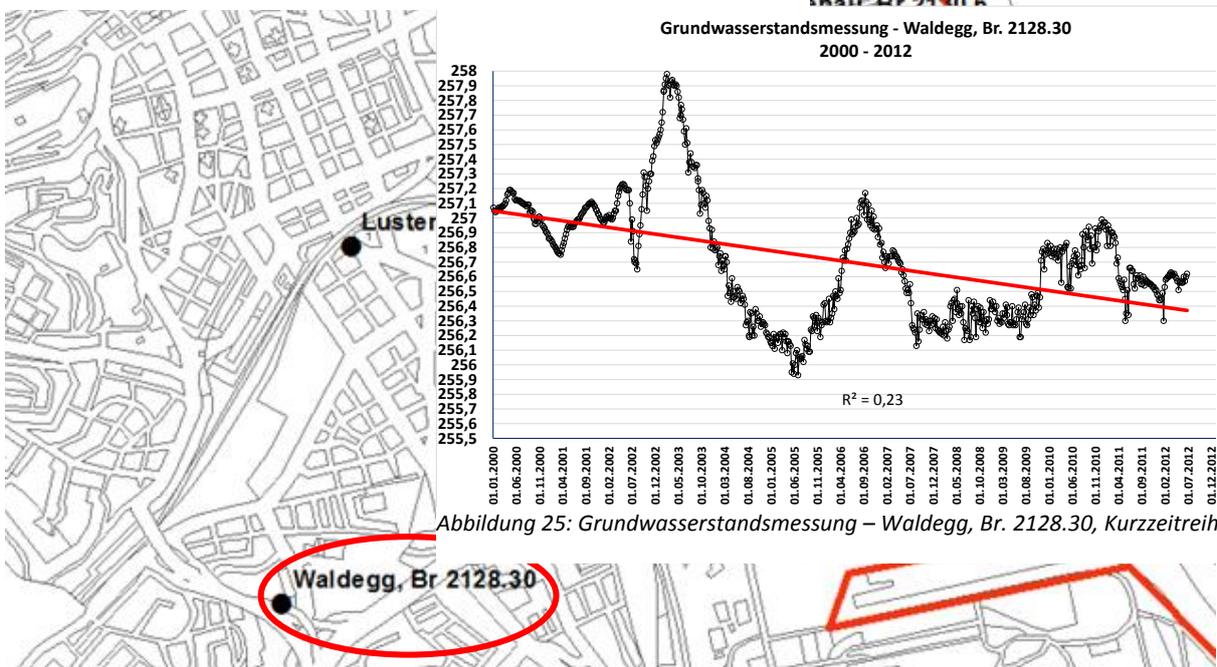


Abbildung 25: Grundwasserstandsmessung – Waldegg, Br. 2128.30, Kurzzeitreihe

Der Brunnen 2128.3 liegt im Bereich des Landeskrankenhauses Wagner-Jauregg und weist starke Schwankungen hinsichtlich des Grundwasserstandes sowohl bezogen auf die letzten 30 Jahre (Abbildung 24) als auch auf die letzten 12 Jahre (Abbildung 25) auf. Außerdem liegen für den Zeitraum 1984 bis 1998 keine Daten vor.

Würde man die mittlere Absenkung über die Trendlinie abgreifen, ergäbe sich über 30 Jahre eine Absenkung von ca. 40 cm und über die letzten 12 Jahre gesehen eine Absenkung von ca. 67 cm.

Die Nutzer, die Grundwasser zur Kälteerzeugung entnehmen und in die Donau ableiten, haben Einfluss auf das langfristige Absinken der Grundwasserstände. Allerdings lässt sich nicht abschätzen, wie hoch der Grad des Einflusses ist, da es im Bearbeitungsgebiet auch weitere in der Studie nicht erfasste Nutzer gibt.

Um genauere Aussagen treffen zu können, müsste die Grundwassernutzung hinsichtlich aller auftretenden Nutzungsarten, wie z. B. Brauchwasser, Trinkwasser und Wärmepumpennutzungen untersucht werden. Des Weiteren wäre zu validieren, ob sich die Niederschläge in den letzten Jahren stark verändert haben. Außerdem sind ggf. sinkende Randzuflüsse zu beachten und/ oder eine verringerte Infiltration aus der Donau.

4.2 Ist-Stand - aktuelle Grundwassernutzung zur Kältengewinnung

4.2.1 Kältenutzer

In Abbildung 26 ist das Bearbeitungsgebiet der Studie und die im Bearbeitungsgebiet befindlichen Kälteanlagen dargestellt. Das Bearbeitungsgebiet verläuft im rechtsufrigen Bereich der Donau bis Höhe Wagner-Jauregg und dem Hafen im Bereich der Voest-Werke. Die Entnahmen sind als grüne Quadrate, die Versickerungen als schwarze Dreiecke und die Ableitungen mit einem Pfeil grafisch dargestellt. Als blaue Quadrate sind die Pumpstationen der Verbund – Austrian Hydro Power AG (AHP) dargestellt, die Grundwasser kontinuierlich in die Donau heben.

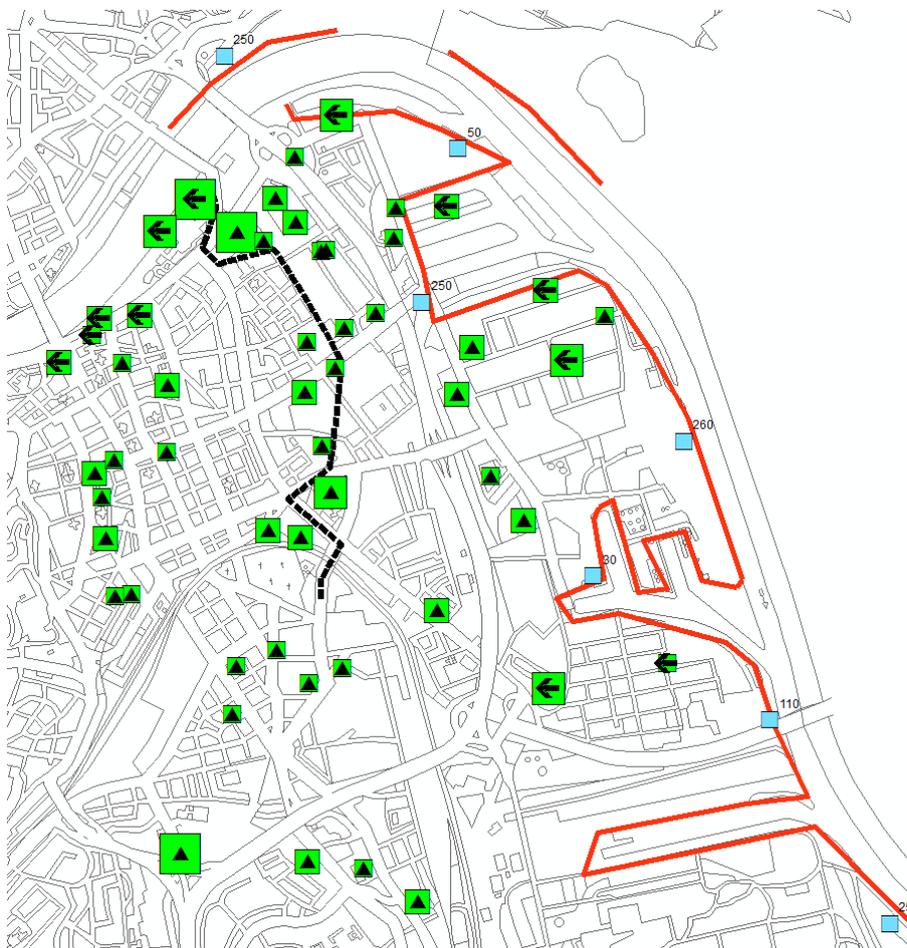


Abbildung 26: Kältenutzer Stadtgebiet Linz

Notwendig sind die Wasserhaltungsanlagen der AHP aufgrund des Donaurückstaus durch das Kraftwerk Abwinden-Asten und die diesbezüglich notwendigen Dichtungs- und Drainagesysteme (in Abbildung 26 rot eingezeichnet), die den Grundwasserleiter von der Donau trennen. Des Weiteren ist im Stadtgebiet Linz eine Straßenbahnstrecke geplant, die zum Teil unterirdisch gebaut werden soll. Die Trasse der geplanten Straßenbahn ist als schwarze, gestrichelte Linie in o. g. Abbildung hervor gehoben.

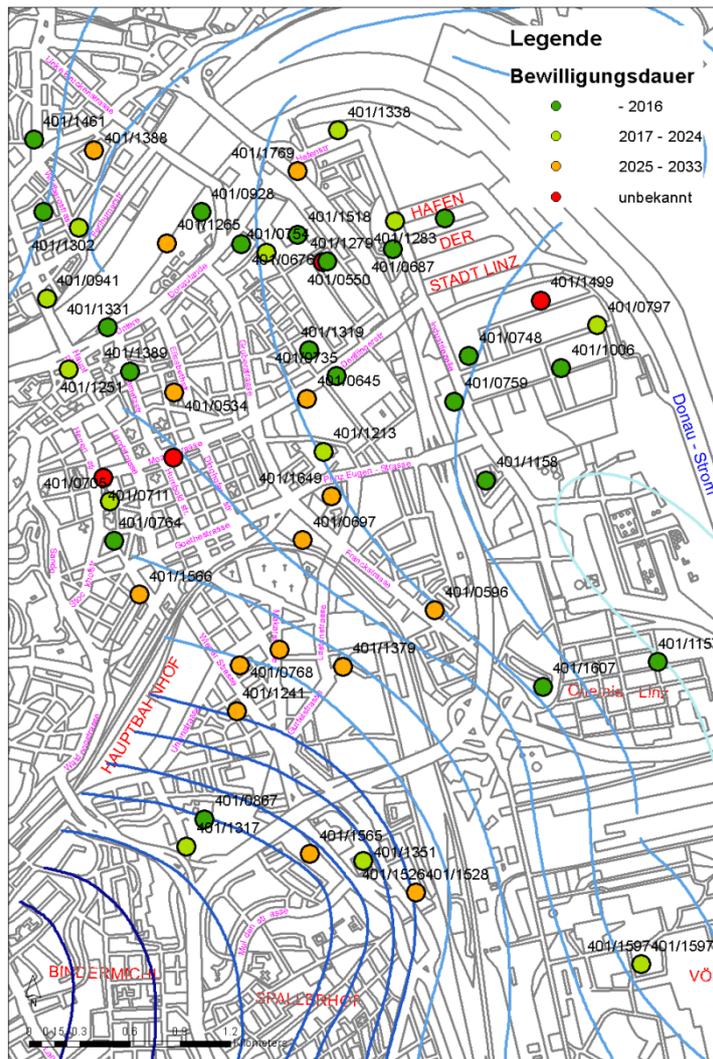


Abbildung 27: Aktuelle Bewilligungsdauern der Kältenutzungsanlagen im Stadtgebiet Linz

Abbildung 27 zeigt eine Kategorisierung der Nutzer nach Dauer ihrer aktuellen wasserrechtlichen Bewilligung. Wodurch erkennbar wird, dass für den Großteil der Anlagen in den nächsten 10 Jahren um Wiederverleihung angesucht werden muss, d. h. ein grundlegendes Potential für einen Anschluss an öffentliche Anlagen besteht.

Insgesamt wurden im Bearbeitungsgebiet 54 Nutzungen lokalisiert, die Grundwasser für die Kälteerzeugung entnehmen und das erwärmte Grundwasser nachfolgend versickern bzw. in die Donau ableiten.

Die durchschnittliche Jahreskonsensmenge der Kühlwassernutzer liegt bei ca. 585 l/s und der genehmigte Spitzenwert über alle 54 Nutzer bei ca. 1230 l/s.

Davon ins Grundwasser zurück versickert, werden durchschnittlich ca. 315 l/s und in der Spitze ca. 680 l/s. Bezogen auf den Durchschnittswert entspricht dies ungefähr zweidrittel der Entnahmemengen. Abgeleitet werden durchschnittlich 284 l/s und in der Spitze ca. 405 l/s, ungefähr 1 Drittel der Entnahmemengen.

Einen Auszug aus der erstellten Datenbank zeigen die Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5 im Anhang.
Seite 32 von 61

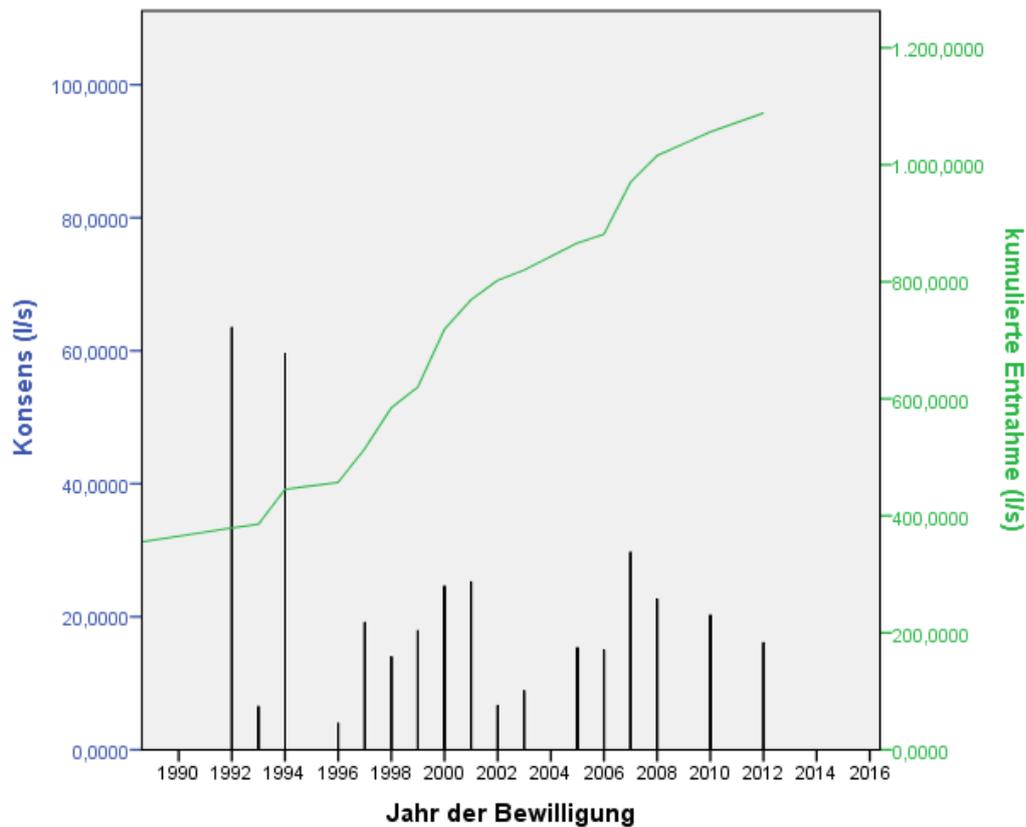


Abbildung 28: Kältenutzerentwicklung seit 1990

Abbildung 28 zeigt die Entwicklung der bewilligten Kältenutzungen auf Basis der genehmigten Versickerungen und Ausleitungen seit 1990. Zu diesem Zeitpunkt waren bereits Anlagen mit einem Gesamtkonsens von rd. 400 l/s (vorwiegend Bewilligungen aus den 70er Jahren) bewilligt. Seit 1990 ist der bewilligte Konsens für Kältenutzungen auf rd. 1050 l/s angestiegen.

4.2.2 Temperaturfahnen

In Abbildung 29 sind alle Temperaturfahnen (siehe Kapitel 3.4) der Kältenutzer im Stadtgebiet Linz dargestellt. Die Fließrichtung wurde anhand der Grundwasserstandshöhenlinien ermittelt. Die Berechnung erfolgte für alle Anlagen unter dem Aspekt der Einzelanlage, das heißt eine gegenseitige Beeinflussung wurde bei der Berechnung nicht betrachtet.

Bei Kältenutzern, die mehrere Brunnen für die Versickerung betreiben, wurde die Versickerungsmenge gleichmäßig auf die Anzahl der Versickerungsbrunnen aufgeteilt, aber nur eine Wärmefahne entsprechend der grundsätzlichen Herangehensweise dargestellt. Das betrifft die Nutzer Nestle Österreich Holding (Postzahl 401/ 0697), Haribo Lakritzen Kühlwasser (Postzahl 401/ 0759), BBRZ Raimundstraße (Postzahl 401/ 0768), Hartchrom Haslinger (Postzahl 401/ 0797) und gespag Landeskrankenhaus Wagner-Jauregg (Postzahl 401/ 1317).

Die Eingangsdaten sowie die Ergebnisse der Berechnungen wurden in einer Excel-Tabelle erfasst, die die Grundlage für die grafische Darstellung war. Die im ArcMap als Polygon dargestellten Temperaturfahnen wurden über ein Skript in der Software PYTHON 2.7 (Programmiersprache) errechnet und als shape-Datei abgelegt.

Grafisch verlaufen einige Temperaturfahnen über die vorhandenen Dichtwände hinweg, was tatsächlich nicht der Fall und dem Verfahren zur Visualisierung zuzuordnen ist. Alle Temperaturfahnen enden realistischer Weise an der Dichtwand.

Die farbliche Strukturierung in Abbildung 29 zeigt Temperaturgradienten von jeweils 1 K und soll die Abkühlung über den Fließweg deutlich machen.

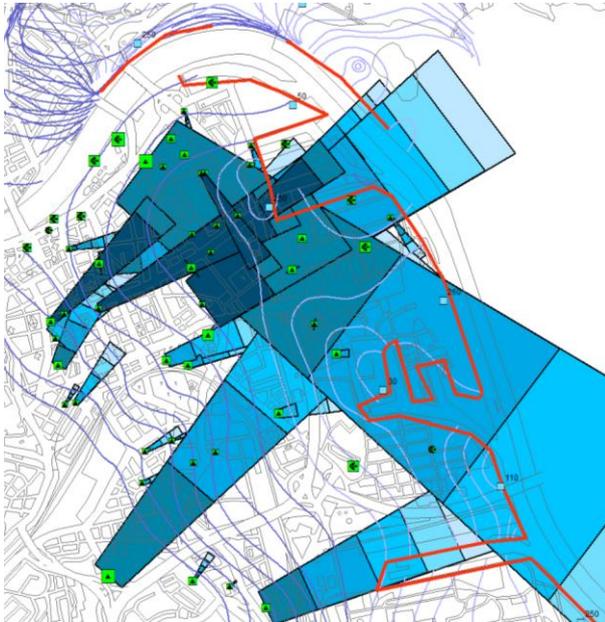


Abbildung 29: Temperaturfahnen – Ausgangsvariante

Die erste Berechnung und trapezförmige Darstellung der Wärmefahnen ermöglichte einen ersten Überblick über Ausbreitung und Fließrichtung der Wärmefahnen. Im zweiten Berechnungsschritt wurde die Fließrichtung der Temperaturgradienten in Anlehnung an den Verlauf des vorhandenen Grundwasserhöhenliniensichtenplans (Prexel, Linz, Mittelwasser) angepasst. Abbildung 30 zeigt die entsprechende grafische Darstellung.

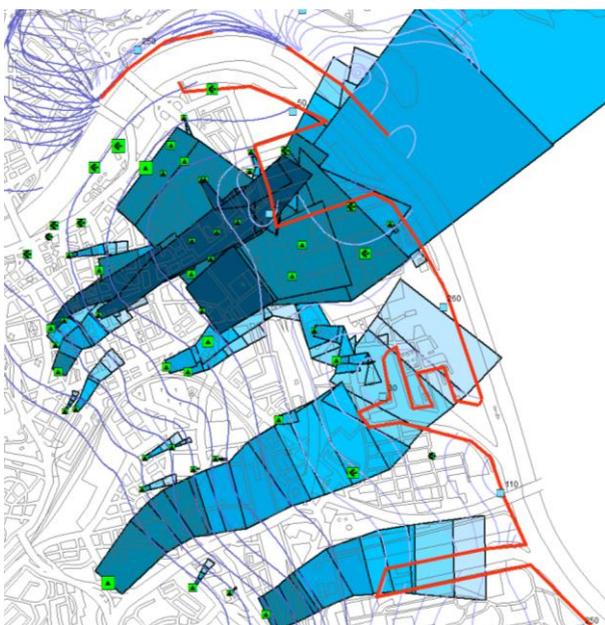


Abbildung 30: Temperaturfahnen – angepasst an Fließrichtung

Im dritten und letzten Schritt wurden der k_f -Wert und das Grundwasserspiegelgefälle über den gesamten Fließweg gemittelt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 31 dargestellt.

Im Vergleich zum zweiten Berechnungsschritt (Abbildung 30) haben sich Länge und Breite der Temperaturfahnen teilweise deutlich geändert.

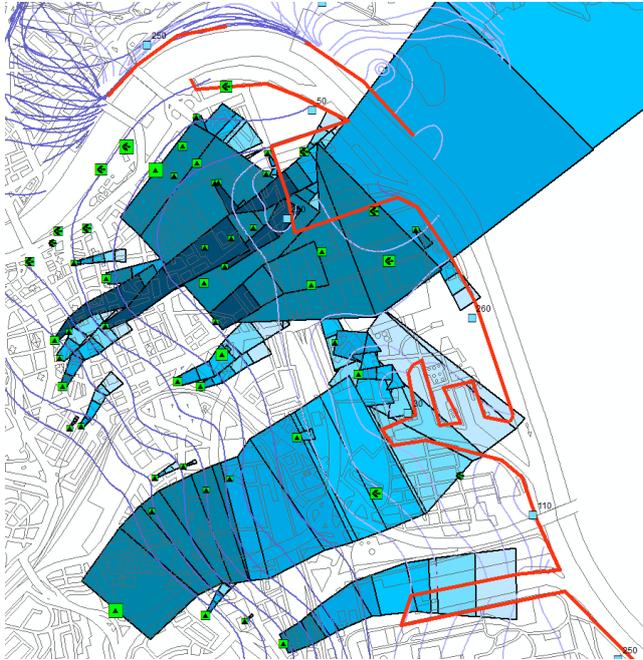


Abbildung 31: Temperaturfahnen – Mittelwerte

Grundsätzlich sind bei allen Darstellungsvarianten dieselben Tendenzen zu erkennen. Sowohl im Stadtgebiet nördlich des Hauptbahnhofes, als auch auf Höhe des Handelshafens sind Temperaturfahnen mit starken Überschneidungen und hohen Versickerungstemperaturen zu beobachten. Hier ist jeweils von starken gegenseitigen thermischen Beeinflussungen auszugehen. Des Weiteren wird deutlich, dass die Temperaturfahne des Landeskrankenhauses Wagner-Jauregg diverse Einzelnutzer in Fließrichtung thermisch beeinflusst und bis in die Nähe der Dichtwände reicht. Die dargestellte Temperaturfahne entspricht einem Versickerungsbrunnen. Insgesamt werden zwei Versickerungsbrunnen betrieben (entspricht einer zweiten Temperaturfahne dieser Größenordnung).

Außerdem ist zu erkennen, dass die Pumpstationen der AHP erheblichen Einfluss auf die Richtung der Temperaturausbreitung haben.

Abbildung 32 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt der interpolierten Maximalwerte der Grundwassertemperaturmessungen aus den Jahren 2003-2005 (Studie 2006 der DonauConsult Zottl & Erber GmbH) und ähnliche Temperaturbeeinflussungen wie in Abbildung 29, Abbildung 30 bzw. Abbildung 31. Insbesondere fallen die bereits erwähnten Stadtbereiche (nördlich des Hauptbahnhofes, Bereich Handelshafen, Wagner-Jauregg) durch stark erhöhte Temperaturen auf.

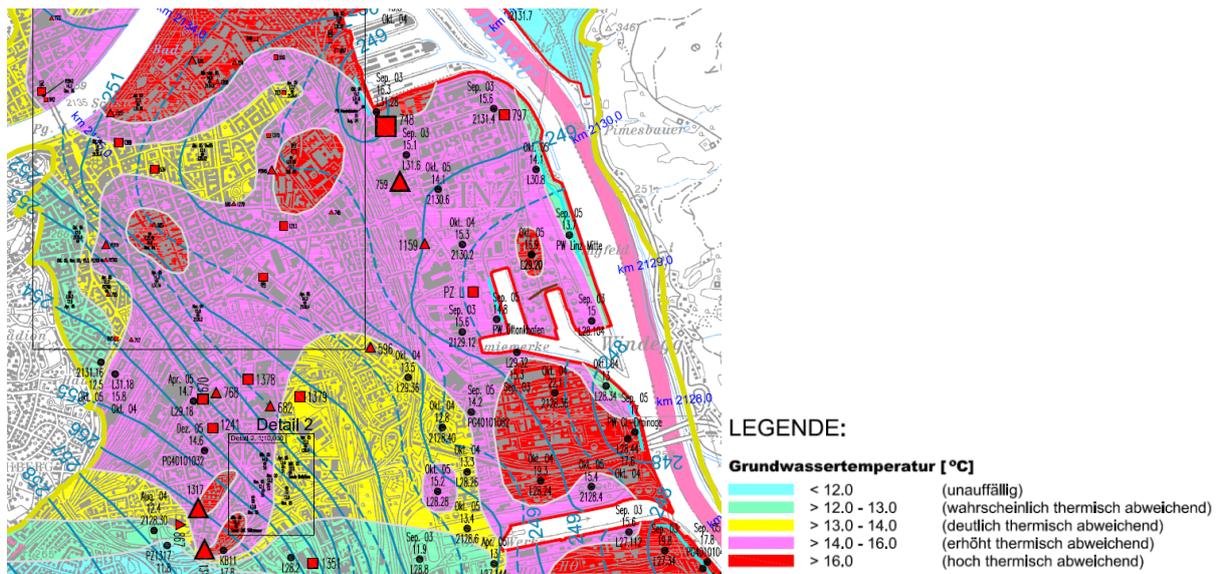


Abbildung 32: Temperaturmessungen 2003 – 2005; interpolierte Max-Werte

Daraus lässt sich ableiten, dass die Ermittlung der Temperaturfahnen nach ÖWAV RB 207, 2009, trotz möglicher Ungenauigkeiten bei den Eingangsparametern, eine sinnvolle Methode ist, um sich einen Überblick über den Einfluss von einzelnen Kältenutzungen auf das Grundwasser zu schaffen. Die Länge und Ausdehnung einer solch ermittelten Temperaturfahne sollte allerdings nur als Anhaltspunkt gewertet werden, da nicht erfassbare Inhomogenitäten über den Fließweg der Temperaturanomalien, einen starken Einfluss auf das Endergebnis haben, wie der Vergleich zwischen Abbildung 30 und Abbildung 31 deutlich macht.

Im Zuge der Ermittlung der Fernkälteszenarien wurden ebenfalls Temperaturfahnen über die o. g. Methode berechnet und für die Bewertung der Szenarien heran gezogen.

4.2.3 Grundwasserentnahmen 2012

Alle 54 Grundwassernutzer im Stadtgebiet Linz wurden schriftlich durch die TU Graz angeschrieben und die tatsächlichen Entnahme-, Versickerungs- bzw. Ableitungsmengen für das Kalenderjahr 2012 abgefragt.

Der Rücklauf bezogen auf die Nutzungen betrug 70 % (38 von 54). In Bezug auf die genehmigten Jahreskonsensmengen aller 54 Grundwassernutzungen betrug der Rücklauf 64 % und hinsichtlich der tatsächlichen Jahresnutzungsmenge bezogen auf die Gesamtkonsensmenge des Rücklaufes 39 %.

Für 8 Nutzungen wurde hinsichtlich der Nutzung 2012 keine Entnahme bzw. Versickerung/ Ableitung gemeldet. Diesbezüglich wurden verschiedene Gründe angegeben. Zum Beispiel Umstellung auf Luftkühlung, Stilllegung/ Abriss oder Inbetriebnahme der Anlage im Kalenderjahr 2013.



Abbildung 33: Grundwassernutzung 2012

In Abbildung 33 sind die Temperaturfahnen der erfassten Kältenutzer dargestellt. Im Vergleich zu den vorhergehenden Abbildungen, bei denen die genehmigten Jahreskonsensmengen für die Berechnung verwendet worden sind, sind hier deutlich kleinere Temperaturfahnen erkennbar. Trotzdem überschneiden sich Temperaturfahnen, vor allem nördlich des Hauptbahnhofes, und es sind gegenseitige thermische Beeinflussungen zu erwarten. Zu bedenken ist ebenfalls, dass meist Jahresmengen zurück gemeldet wurden und die Darstellung in Abbildung 33 keinem Maximalfall (z. B. Hochsommer) entspricht. Zudem sind wie bereits erwähnt, einige Anlagen erst 2013 in Betrieb bzw. wieder in Betrieb genommen worden (Sprecher Automation, BBRZ Raimundstraße, Schachermayer, BH Beteiligungs GmbH). Es ist demzufolge davon auszugehen, dass der thermische Einfluss der Kältenutzer auf das Grundwasser deutlich höher ist, als Abbildung 33 vermuten lässt.

Anmerkung

Bei der Endpräsentation in Linz am 25.11.2013 wurde auf einen Abwehrbrunnen zur Sanierung der Voest hingewiesen, dessen Betrieb für die nächsten 30 Jahre geplant ist und Temperaturfahnen von Kältenutzern in Richtung und Ausbreitung beeinflussen könnte.

5 Fernkälteversorgungsszenarien

5.1 Übersicht

In Hinblick auf den ermittelten Temperatureinfluss der Grundwassernutzungen für Kühlwasserzwecke auf das Grundwasser und hinsichtlich der sinkenden Grundwasserstände im Stadtgebiet Linz wurden verschiedene zentrale Fernkälteversorgungsstrategien betrachtet. Primäres Ziel der Fernkälteversorgungsszenarien war es, eine Verbesserung der Grundwasserproblematik herbei zu führen und Versorgungssicherheit für die vorhandenen Kältenutzer zu gewährleisten.

Insgesamt wurden 7 Szenarien entwickelt, von denen 4 zentrale Szenarien darstellen. Das bedeutet, dass alle untersuchten Einzelnutzungen im Bearbeitungsgebiet über ein zentrales Fernkälteversorgungssystem erschlossen werden. Ausnahme ist der Nutzer Borealis (Postzahl 401/1607), der von allen anderen Nutzungen zu weit entfernt ist und deshalb nicht effektiv zentral erschlossen werden kann. Die Anlage der Air Liquide (Postzahl 401/1157) wurde 2011 stillgelegt und 2012 abgerissen. 3 weitere Szenarien sind als semi-zentral zu bezeichnen, da nicht alle Einzelnutzer bei diesen Varianten zentral mit Kälte versorgt werden, sondern einige als Einzelanlage verbleiben.

Ein Versorgungsszenario besteht in der Regel aus mehreren Netztrassen und kann mehrere Fernkältezentralen (Kälteerzeugungsanlagen) aufweisen. Außerdem wurde zum besseren Vergleich der verschiedenen Varianten der Kennwert „Trasseneffizienz“ eingeführt. Dieser ist ein Maß für die Versorgungsdichte eines Fernkältenetzes bzw. –szenarios bezogen auf die genehmigten, mittleren Jahreskonsensmengen sowie der jeweiligen Netzlänge und wird in der Einheit $[m^3/m]$ angegeben. Die Trasseneffizienz variiert über alle Varianten zwischen 850 und 1100 m^3/m . Die Gesamtnetzlängen liegen zwischen 12,9 und 19,3 km.

Die Anzahl der benötigten Fernkältezentralen in den einzelnen Szenarien wurde rein bilanziell hinsichtlich der in den Wasserbuch-Evidenzen genehmigten Jahresdurchschnittsmengen der Kältenutzer ermittelt. Es erfolgte keine Betrachtung von Wärmefrachten bzw. Kälteleistungen, da der tatsächliche Leistungsbedarf der Kältenutzer mit den uns zur Verfügung stehenden Unterlagen nicht ermittelbar war. Ein Ansetzen der theoretisch maximal möglichen Temperaturspreizung für jeden Einzelnutzer zur Berechnung der Kälteleistung würde zudem zu deutlich erhöhten Gesamtleistungen führen, vor allem wenn man bedenkt, dass bei der Ableitung in die Donau deutlich höhere Temperaturspreizungen möglich sind, als bei der Versickerung ins Grundwasser.

Außerdem decken die angesetzten Fernkältezentralen nicht den theoretischen Spitzenlastfall über alle Nutzer ab, sondern den durchschnittlichen Bedarf. Hier ist zum einen davon auszugehen, dass sich die Lastabnahme bei zentral versorgten Kältenutzern etwas vergleichmäßigen sollte und zum anderen ggf. zusätzliche Kompressionskältemaschinen für den Spitzenbedarf vorzusehen sind.

In Abbildung 34 sind die Bereiche im Stadtgebiet Linz farbig hervorgehoben, die sich grundsätzlich für verschiedene Fernkältenetze eignen (blau, rot, gelb).

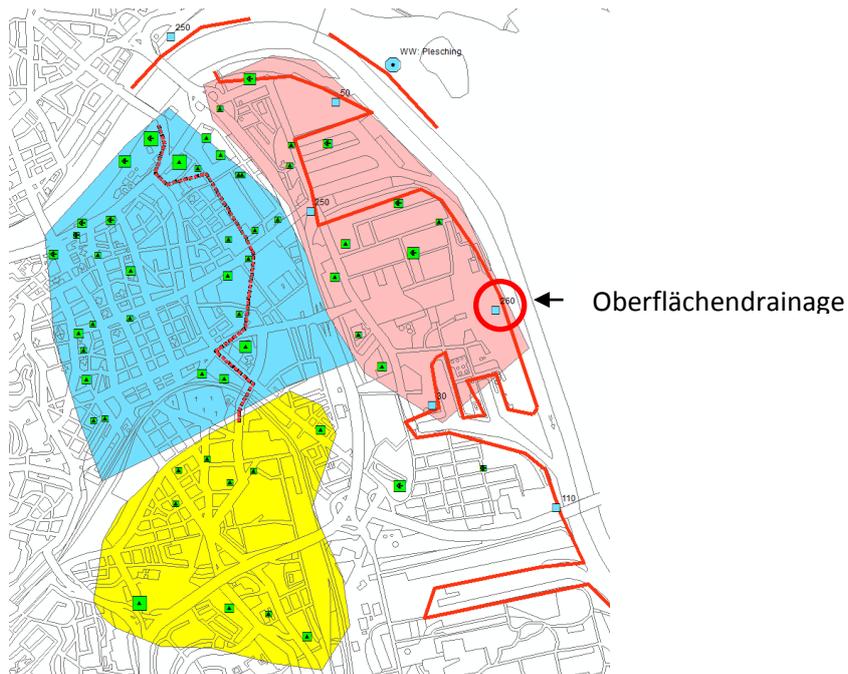


Abbildung 34: Übersicht – Bereiche Fernkälteszenarien

Eine Übersicht der Szenarien, ergänzt um die möglichen Arten der Kälteerzeugung sowie den durchschnittlichen und maximalen Konsensmengen, ist in Tabelle 1 dargestellt.

Anmerkung

Im Zuge der Endpräsentation in Linz am 25.11.2013 wurde seitens der AHP mitgeteilt, dass das in Abbildung 34 markierte Pumpwerk (Drainage Linz Mitte) ein Oberflächendrainagepumpwerk ist und kein Grundwasser fördert.

Tabelle 1: Übersicht Fernkälteszenarien

Szenarien	Trasse	Beschreibung	Länge [m]	Qm [l/s]	Qmax [l/s]	Trasseeffizienz [m³/m]		Fernkältezentralen - Erzeugung
						einzel	gesamt	
<i>zentral</i>								
Szenario 1	Trasse A	nördliches Donauufer + Zentrum	8137	321,0	644,7	1244		Grundwasserentnahme + Versickerung + Ableitung; Nutzung Strassenbahntrasse
	Trasse B	Donauufer, Hafengebiet	4751	142,9	222,6	949		Nutzung Pumpstation; Wärmenutzung (Fernwärme)
	Trasse C	Jauregg	4068	58,9	149,2	456	972	Grundwasserentnahme + Versickerung
Szenario 2	Trasse D	nördliches Donauufer + Zentrum + Teil des Hafengebietes	11708	343,9	687,6	926		Grundwasserentnahme + Ableitung; Nutzung von 2 Pumpstationen; teilweise Nutzung Strassenbahntrasse; Wärmenutzung (Fernwärme)
	Trasse E	Donauufer, Hafengebiet, verkürzt	3478	120,1	179,7	1089		Nutzung Pumpstation
	Trasse C	Jauregg	4068	58,9	149,2	456	856	Grundwasserentnahme + Versickerung
Szenario 3	Trasse G	nördliches Ufer + Zentrum + Donauufer Hafengebiet	13128	464,0	867,3	1114		Grundwasserentnahme + Ableitung; Nutzung von 2 Pumpstationen; Wärmenutzung (Fernwärme), Nutzung Strassenbahntrasse
	Trasse C	Jauregg	4068	58,9	149,2	456	959	Grundwasserentnahme + Versickerung
Szenario 4	Trasse A	nördliches Donauufer + Zentrum	8137	321,0	644,7	1244		Grundwasserentnahme + Versickerung; Nutzung Strassenbahntrasse
	Trasse B	Donauufer, Hafengebiet	4751	142,9	222,6	949		Nutzung Pumpstation; Wärmenutzung (Fernwärme)
	Trasse C	Jauregg	4068	58,9	149,2	456	972	Grundwasserentnahme + Versickerung
<i>semi-zentral</i>								
Szenario 5	Trasse A	nördliches Donauufer + Zentrum	8137	321,0	644,7	1244		Grundwasserentnahme + Versickerung + Ableitung; Nutzung Strassenbahntrasse
	Trasse B	Donauufer, Hafengebiet	4751	142,9	222,6	949	1135	Nutzung Pumpstation; Wärmenutzung (Fernwärme)
Szenario 6	Trasse G	nördliches Ufer + Zentrum + Donauufer Hafengebiet	13128	464,0	867,3	1114	1114	Grundwasserentnahme + Ableitung; Nutzung von 2 Pumpstationen; Wärmenutzung (Fernwärme), Nutzung Strassenbahntrasse
Szenario 7	Trasse D	nördliches Donauufer + Zentrum + Teil des Hafengebietes	11708	343,9	687,6	926		Grundwasserentnahme + Ableitung; Nutzung von 2 Pumpstationen; teilweise Nutzung Strassenbahntrasse; Wärmenutzung (Fernwärme)
	Trasse E	Donauufer, Hafengebiet, verkürzt	3478	120,1	179,7	1089	963	Nutzung Pumpstation

5.2 Darstellung und Charakterisierung der Szenarien

5.2.1 Szenario 1

Szenario 1 ist in Abbildung 35 grafisch dargestellt und besteht aus 3 Netzen (Trasse A, B und C). Insgesamt sind 4 Fernkältezentralen, die jeweils als Punkt dargestellt sind, zur Versorgung notwendig.

Trasse A ist der in Abbildung 35 blau unterlegte Netzbereich. Für die Versorgung werden 2 Fernkältezentralen benötigt, die die Kälte jeweils aus Grundwasser erzeugen. Die bestehende Fernkältezentrale Linz (die nördlichere der beiden Anlagen) leitet das erwärmte Grundwasser in die Donau ab. Die zweite vorgesehene Kältezentrale versickert das erwärmte Grundwasser vor Ort. Die Netzlänge beträgt ca. 8140 m und die Trasseneffizienz liegt bei 1240 m³/m.

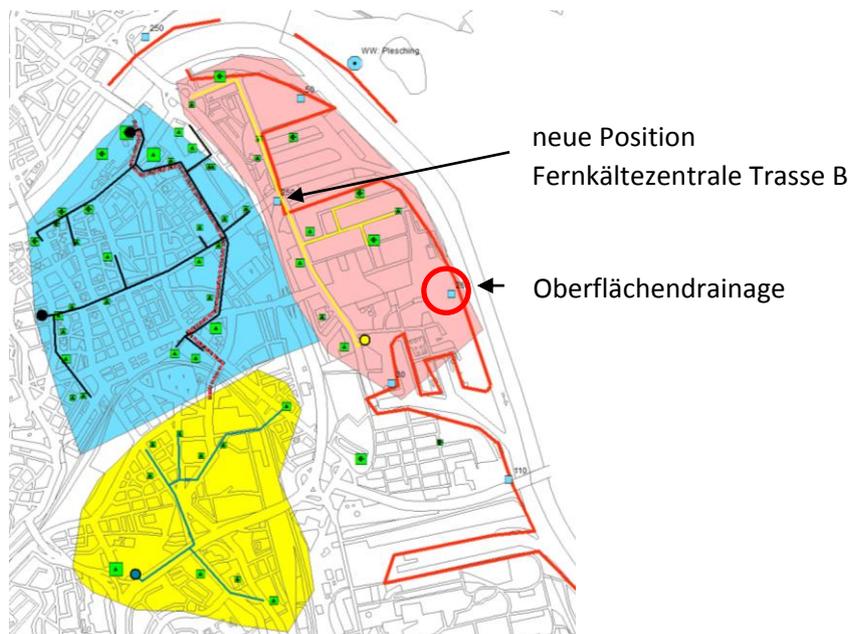


Abbildung 35: Szenario 1

Trasse B befindet sich im rot markierten Bereich (Abbildung 35), weist eine Netzlänge von etwa 4750 m auf und eine Trasseneffizienz von 949 m³/m. Die Kälteerzeugung erfolgt ebenfalls über eine Grundwassernutzung. Allerdings wird hier ein vorhandenes und kontinuierlich betriebenes Wasserhaltungspumpwerk der AHP genutzt. Das erwärmte Grundwasser wird in die Donau abgeleitet.

Wie in Kapitel 5.1 beschrieben ist das Drainagepumpwerk Linz Mitte nicht für die Kälteerzeugung geeignet, so dass die in Trasse B positionierte Fernkältezentrale nach Norden zu verschieben ist. Dort besteht die Möglichkeit die Drainage Handelshafen zu nutzen. Eine Änderung hinsichtlich der Bewertung dieses Szenarios ergibt sich daraus nicht.

Zu prüfen ist ggf., ob die Nutzung von Wärme für die Kälteerzeugung möglich ist, da sich in der Nebingerstraße ein Heizkraftwerk befindet. Betreiber ist die Linz AG.

Trasse C befindet sich im gelb markierten Bereich. Die Fernkältezentrale ist auf Höhe des Landeskrankenhauses Wagner-Jauregg situiert und entnimmt Grundwasser für die Erzeugung der Kälte, das erwärmt zurück versickert wird. Die Netzlänge beträgt etwa 4070 m, die Trasseneffizienz 456 m³/m.

Die Gesamtnetzlänge dieses Szenarios beträgt ca. 17 km, die Gesamtrasseneffizienz liegt bei 972 m³/m. Die geplante Straßenbahntrasse wird zum Großteil als Leitungstrasse verwendet (Trasse A), da in diesem Bereich ein hohes Einsarpotential hinsichtlich der Tiefbaukosten des Leitungsnetzes vorhanden ist.

In Abbildung 36 sind die Temperaturfahnen der 2 Fernkältezentralen dargestellt, die das erwärmte Grundwasser zurück versickern (Trasse A und Trasse C). Die Berechnung erfolgte nach der in Kapitel 3.4 beschriebenen Methodik und unter Ansatz der durchschnittlichen, jährlichen Konsensmengen der jeweils erschlossenen und zentral erfassten Kältenutzer. Die Versickerungstemperatur ist jeweils auf 18 °C festgelegt.

Erkennbar ist, dass aufgrund der lokal deutlich erhöhten Versickerungsmengen starke thermische Beeinflussungen des gesamten Grundwasserleiters im Stadtgebiet Linz zu erwarten sind. Das Grundwasser im Bereich der Fernkältezentrale der Trasse C sowie der Fernkältezentrale der Linz AG wird thermisch beeinflusst sein und die Kälteerzeugung weniger effektiv als angenommen.

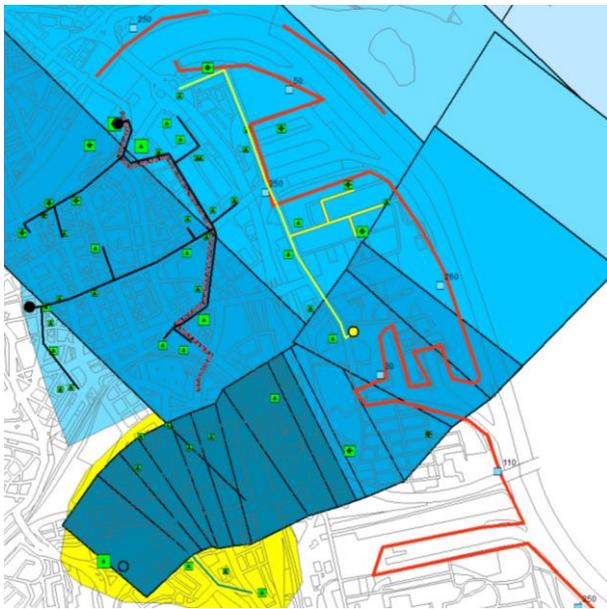


Abbildung 36: Szenario 1 - Temperaturfahnen

5.2.2 Szenario 2

Szenario 2 ist in Abbildung 37 dargestellt, besteht aus 3 Netzen (Trasse D, Trasse E und Trasse C) und die Kälteerzeugung erfolgt über 4 Zentralen.

Trasse D entspricht dem blau markierten Bereich und weist eine etwas andere Trassenführung als die Trasse A der Variante 1 auf. Die Trassenlänge beträgt ca. 11.700 m, die Trasseneffizienz 926 m³/m.

Für die Kälteversorgung sind wiederum 2 zentrale Erzeugeranlagen notwendig. Die nördliche Erzeugeranlage stellt die vorhandene Fernkältezentrale der Linz AG dar. Da wie bereits festgestellt, das Drainagepumpwerk der AHP (Mitte Linz) nicht für die Kälteerzeugung geeignet ist, ist alternativ eine direkte Grundwassernutzung mit Versickerung notwendig. Inwieweit eine alleinige Versorgung über eine Kopplung des Heizkraftwerkes Nebingerstraße mit einer Absorptionskälteanlage möglich wäre, lässt sich mit derzeitigem Kenntnisstand nicht abschätzen.

Die Trasse E ist rot hinterlegt und entspricht einer verkürzten Trasse B. Die Kälteerzeugung ist an eine Pumpstation der AHP gekoppelt und das erwärmte Kühlwasser wird in die Donau abgeleitet. Die Netzlänge beträgt ca. 3480 m und die Trasseneffizienz 1089 m³/m.

Das dritte Netz ist die Trasse C, die in der Variante 1 schon näher erläutert wurde.

Die Gesamtnetzlänge beträgt somit ca. 19,3 km, die Gesamttrasseneffizienz liegt bei 856 m³/m. Die geplante Straßenbahntrasse wird nur teilweise als Leitungstrasse verwendet.

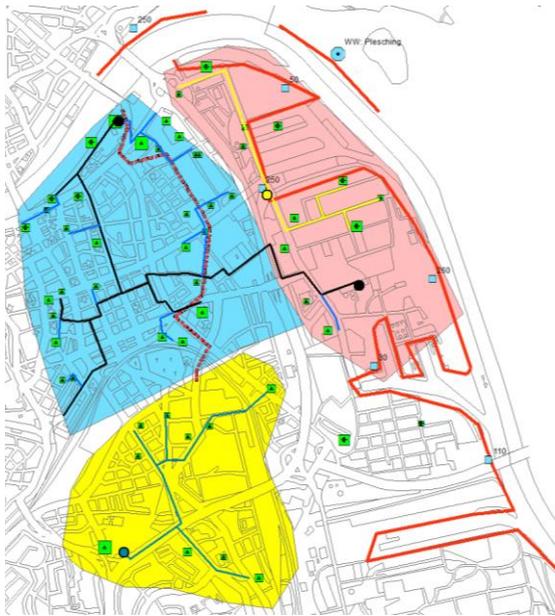


Abbildung 37: Szenario 2

Die Fernkältezentrale der Trasse C versickert als einziges erwärmtes Grundwasser, wodurch nur in diesem Bereich eine thermische Beeinflussung des Grundwasserleiters erfolgt. Alle anderen Zentralen leiten das erwärmte Grundwasser in die Donau ab. Abbildung 38 zeigt die entsprechende Temperaturfahne. Erkennbar ist hier, dass die Fernkältezentrale der Trasse D thermisch durch die Fernkältezentrale der Trasse C beeinflusst werden würde.



Abbildung 38: Szenario 2 – Temperaturfahnen

Bei einer Kälteerzeugung im Bereich der Trasse D über eine Grundwassernutzung mit Versickerung würde ebenfalls eine größere Temperaturfahne den Grundwasserleiter thermisch beeinflussen. Da die Anlage recht nah im Bereich der Dichtwände angeordnet wäre ist die thermische Beeinflussung nur lokal zu erwarten, ohne größere negative Effekte auf andere Nutzungen.

5.2.3 Szenario 3

Szenario 3 besteht aus 2 Netzen (Trasse G und Trasse C) und 4 Fernkälteszenarien.

Trasse G ist ein Zusammenschluss der bereits erläuterten Trassen A und B, weist eine Netzlänge von 13,1 km auf sowie eine Trasseneffizienz von 1114 m³/m.

Die Kälteerzeugung erfolgt über die vorhandene Fernkältezentrale der Linz AG und eine weitere Zentrale, die ein Pumpwerk der AHP als Vorlage nutzt. Hinsichtlich der dritten Anlage sind dieselben Einschränkungen wie in Szenario 2 zu treffen (Kälteerzeugung aus Grundwasser mit Versickerung ...).

Trasse C entspricht der in Variante 1 erläuterten Trasse.

Insgesamt weist Szenario 3 eine Netzlänge von 17,2 km auf sowie eine Trasseneffizienz von 959 m³/m und ist in Abbildung 39 abgebildet.

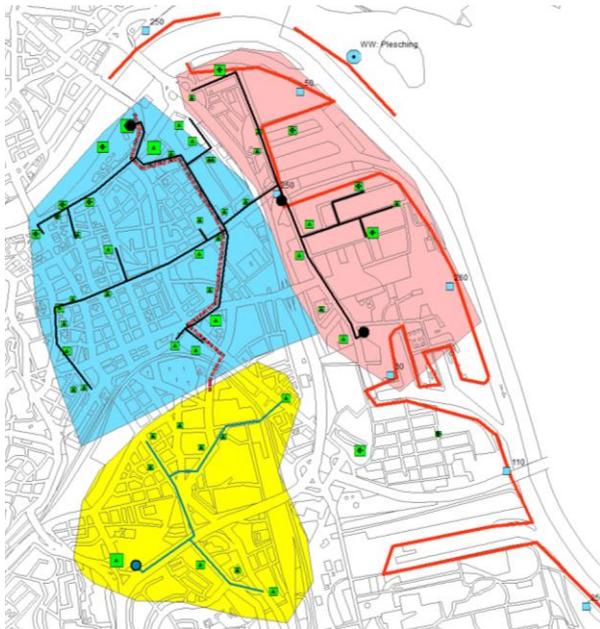


Abbildung 39: Szenario 3

Wie im Szenario 2 erläutert, versickert die Fernkältezentrale der Trasse C als einzige Anlage erwärmtes Kühlwasser ins Grundwasser, mit den bereits erwähnten möglichen Folgen (siehe Abbildung 40). Die 3 anderen Fernkältezentralen leiten das erwärmte Grundwasser in die Donau ab.

Bei einer Kälteerzeugung mit Grundwassernutzung und Versickerung im Bereich der Trasse G treten dieselben Effekte auf, wie bereits bei Szenario 2 erläutert (thermischer Einfluss auf den Grundwasserleiter, aber lokal begrenzt, da nahe den Dichtwänden).

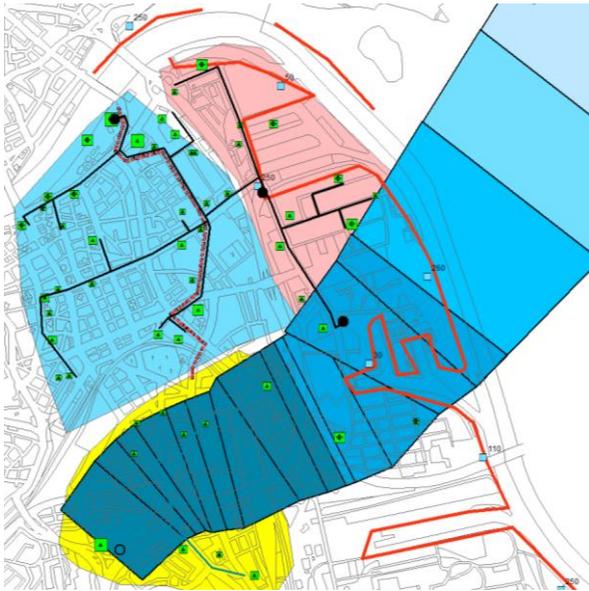


Abbildung 40: Szenario 3 - Temperaturfahnen

5.2.4 Szenario 4

Als letztes zentrales Szenario ist Szenario 4 zu betrachten und in Abbildung 41 dargestellt. Es entspricht grundsätzlich dem Szenario 1. Der Unterschied ist, dass die vorhandene Fernkältezentrale der Linz AG nicht in die Donau ableitet, sondern ebenfalls das erwärmte Grundwasser in den Grundwasserleiter zurück versickert.

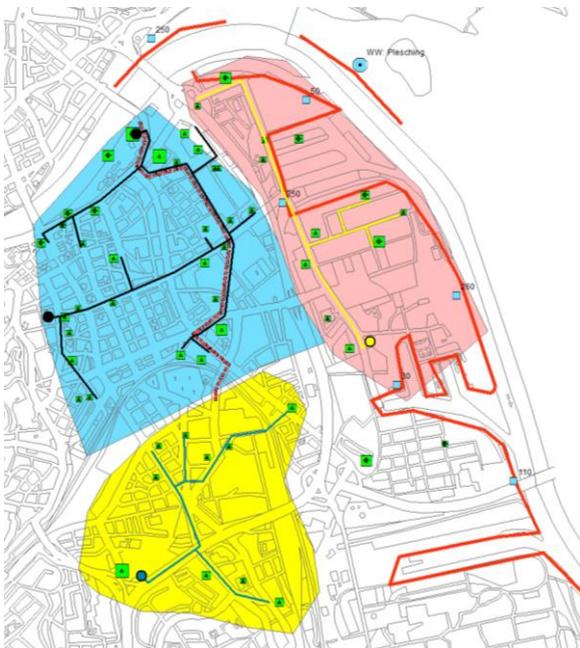


Abbildung 41: Szenario 4

Neben den Temperaturfahnen der Fernkältezentralen der Trasse A und der Trasse C wird demzufolge die Temperaturfahne der Fernkältezentrale der Linz AG das Grundwasser ebenfalls thermisch beeinflussen, wie in Abbildung 42 deutlich zu erkennen.

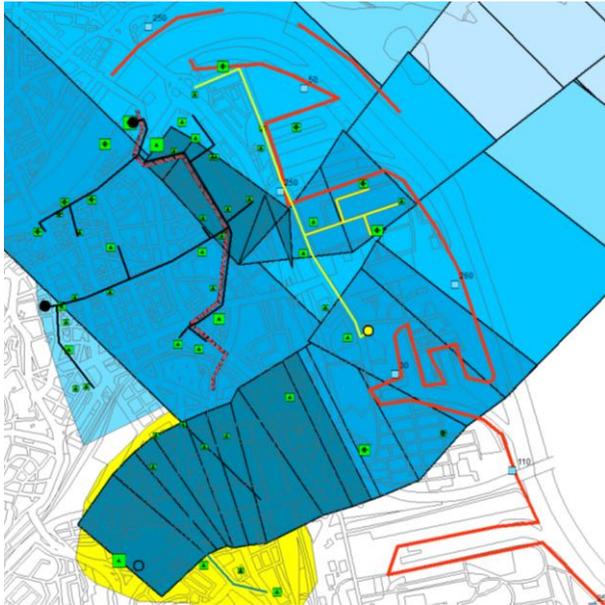


Abbildung 42: Szenario 4 - Temperaturfahnen

5.2.5 Szenario 5

Als erstes semi-zentrale Szenario ist Szenario 5 zu betrachten, welches aus 2 Netzen (Trasse A und Trasse B) besteht. Es werden 3 Fernkältezentralen benötigt und alle Kältenutzer, die in den zentralen Szenarien über die Trasse C erschlossen wurden, verbleiben als Einzelanlage (siehe Abbildung 43).

Die Gesamtnetzlänge beträgt ca. 12,9 km und die Trasseneffizienz 1135 m³/m. Die Kälteerzeugung erfolgt, wie bei Szenario 1 beschrieben. Die geplante Straßenbahntrasse wird soweit wie möglich als Leitungstrasse verwendet.

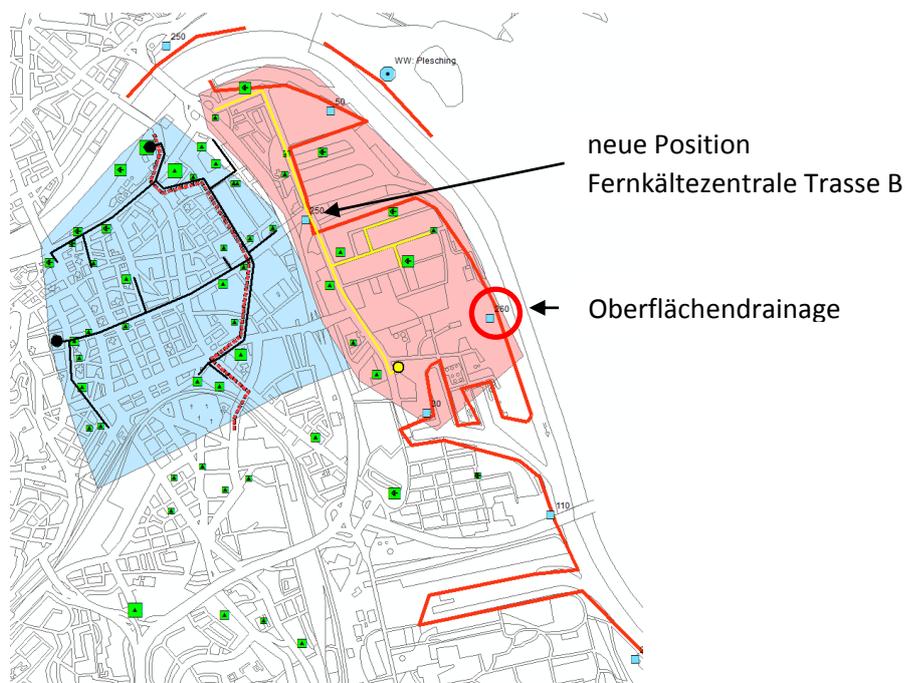


Abbildung 43: Szenario 5

Abbildung 44 zeigt die sich ausbildenden Temperaturfahnen. Zum einen die Temperaturfahne der zentralen Erzeugeranlage der Trasse A, die den Grundwasserleiter thermisch stark beeinflusst und

somit auch die beiden anderen Kältezentralen. Zum anderen die Temperaturfahnen der Einzelnutzungen im Bereich Wagner-Jauregg.



Abbildung 44: Szenario 5 - Temperaturfahnen

5.2.6 Szenario 6

Szenario 6 besteht aus einem Netz (Trasse G) und 3 Fernkältezentralen, analog Szenario 3. Die Kältenutzungen im Bereich Wagner-Jauregg werden weiterhin als Einzelanlagen betrieben.

Die Netzlänge beträgt ca. 13,1 km und die Trasseneffizienz 1114 m³/m. Die geplante Straßenbahntrasse wird soweit wie möglich als Leitungstrasse genutzt. Die grafische Darstellung dieser Variante ist der Abbildung 45 zu entnehmen.

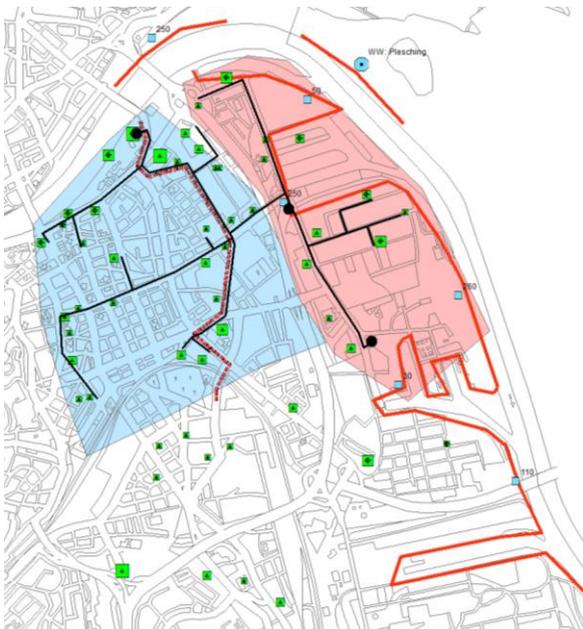


Abbildung 45: Szenario 6

In Abbildung 46 sind die Temperaturfahnen aufgezeigt, wobei bei diesem Szenario nur die verbleibenden Einzelanlagen einen thermischen Einfluss auf das Grundwasser ausüben, insbesondere die des Krankenhauskomplexes Wagner-Jauregg.

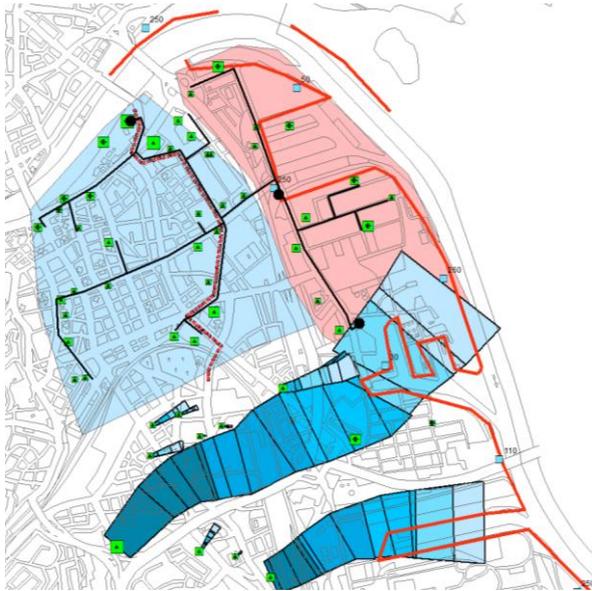


Abbildung 46: Szenario 6 - Temperaturfahnen

5.2.7 Szenario 7

Als letztes Szenario ist die Variante 7 (Abbildung 47) zu betrachten, die aus 2 Netzen (Trasse D und Trasse E) und 3 Fernkältezentralen besteht (analog dem Szenario 2). Die Nutzer im Bereich Wagner-Jauregg verbleiben wiederum als Einzelanlagen.

Die Gesamtnetzlänge beträgt ca. 15,2 km und die Trasseneffizienz 963 m³/m. Die geplante Straßenbahntrasse wird nur teilweise als Leitungstrasse verwendet.

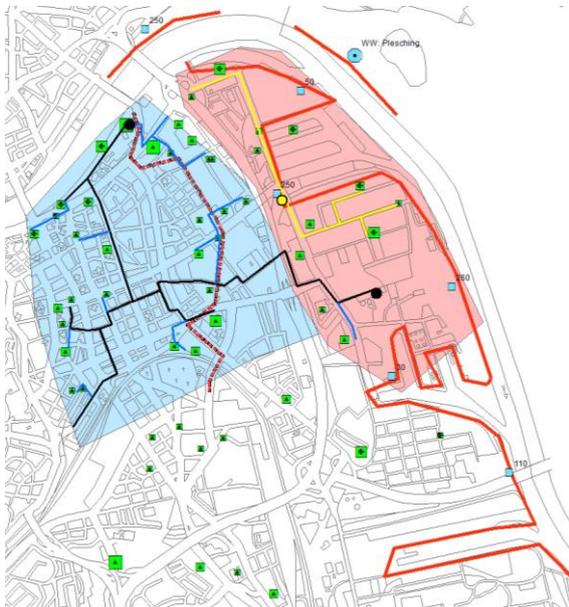


Abbildung 47: Szenario 7

Hinsichtlich der thermischen Beeinflussung des Grundwassers sind die Einzelanlagen der nicht zentral erschlossenen Kältenutzer zu nennen. Ein thermischer Einfluss durch Fernkältezentralen tritt nicht auf (Abbildung 48).

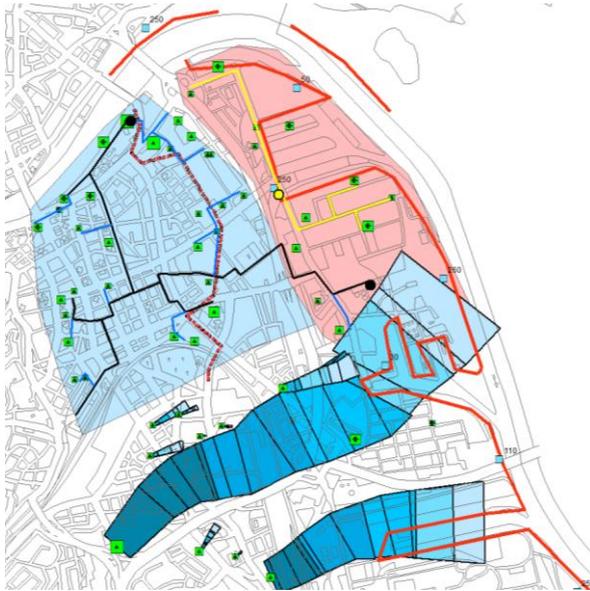


Abbildung 48: Szenario 7 – Temperaturfahnen

5.2.8 Fernkältezentrale im Bereich der geplanten Straßenbahntrasse

In Anlehnung an das Projekt der Münchner (Nutzung von Drainagewässern für die Kälteerzeugung bei baulichem Einschnitt in den Grundwasserleiter), wurde eine zentrale Fernkältezentrale in den Bereich der geplanten Straßenbahntrasse platziert und die sich ausbildende Temperaturfahne ermittelt (Abbildung 49). Grundlage war das Szenario 1.

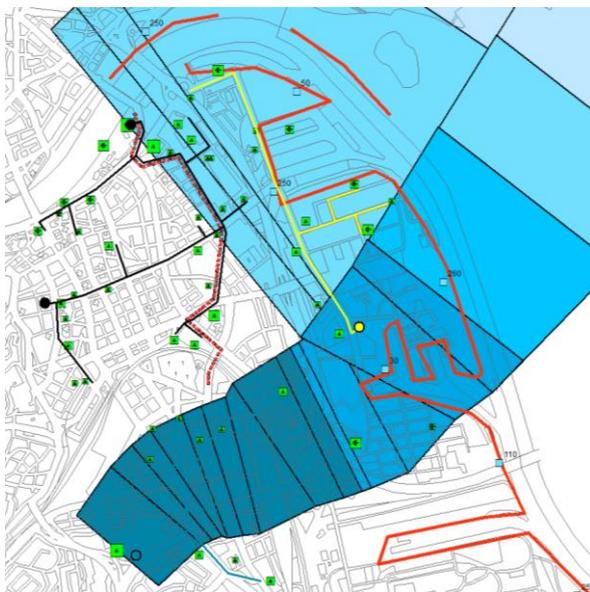


Abbildung 49: Fernkältezentrale im Bereich der geplanten Straßenbahntrasse

Erkennbar ist, dass ein starker Temperatureinfluss in Richtung Dichtwand/ Hafenbereiche auftritt und demzufolge die Kältezentralen der Linz AG und der Trasse B stark thermisch beeinflusst werden.

Aus diesem Grund ist eine Fernkältezentrale an dieser Stelle keine sinnvolle Alternative. Zudem ist nicht bekannt, inwieweit der geplante Bau der Straßenbahn in den Grundwasserleiter eingreift und Grundwasserhaltungen dauerhaft notwendig macht.

6 Bewertung der Szenarien

6.1 Allgemein

Für die Bewertung der Fernkälteszenarien wurde die in Kapitel 3.5 erläuterte Nutzwertanalyse heran gezogen.

Zur Strukturierung und der Übersicht halber wurden die Bewertungskriterien in 4 Hauptgruppen unterteilt.

In der Hauptgruppe *Wasserwirtschaft/ Umwelt* befinden sich die Bewertungskriterien Einfluss auf den Grundwasserstand, Einfluss auf die Grundwassertemperatur, Verringerung auf die CO₂-Emissionen und Energiebedarf.

In *Wasserrechte/ fremde Rechte* fallen die Kriterien Konfliktpotential mit vorhandenen Grundwassernutzern und Einfluss auf andere Grundwassernutzungen.

Unter *Beitrag zur Sicherung des Wirtschaftsstandortes* wurden die Bewertungskriterien sichere Versorgung vorhandener Kältenutzer, Stabilisierung und Verbesserung der Kühlleistung sowie Erweiterung von Kältenutzungen/ zusätzliche Kältenutzer angeordnet.

Die letzte Hauptgruppe *Umsetzbarkeit* besteht aus den beiden Kriterien Synergie mit geplanter Straßenbahntrasse und dem eingeführten Kennwert Trasseneffizienz.

Als Vorzugsvariante entsprechend der Auswertung der Nutzwertanalyse hat sich Szenario 6 herausgestellt (390 Gesamtpunkte). Szenario 7 liegt mit 370 Gesamtpunkten sehr nah am Ergebnis von Szenario 6.

Die einzelnen Bewertungskriterien werden in den nächsten Kapiteln näher erläutert und sind anschließend in Tabelle 2 zusammengefasst dargestellt.

6.2 Wasserwirtschaft/ Umwelt

Einfluss auf den Grundwasserstand

Hinsichtlich des Grundwasserstandes war aus bilanzieller Sicht zu bewerten, ob ein Szenario einen tendenziell positiven bzw. negativen Einfluss zur Folge hat. Szenarien, bei denen erwärmtes Kühlwasser in den Grundwasserleiter zurück versickert wird, sind in dieser Beziehung positiver zu bewerten, als Szenarien mit Ableitungen.

Alle Szenarien, mit Ausnahme von Szenario 4, wurden negativ bewertet (2 Punkte), da die vorhandene Fernkältezentrale der Linz AG in die Donau ableitet und den Grundwasserstand bilanziell negativ beeinflusst. In Szenario 4 versickert die Fernkältezentrale der Linz AG das Kühlwasser ins Grundwasser zurück. Die Bewertung erfolgte deshalb mit 4 Punkten (positiv).

Einfluss auf die Grundwassertemperatur

Bei diesem Kriterium ist zu beachten, inwieweit eine thermische Beeinflussung des Grundwassers durch die Fernkälteszenarien zu erwarten ist.

Für die Szenarien 1, 4 und 5 wurde das o. g. Kriterium mit sehr negativ (1 Punkt) bewertet, da durch mehrere Fernkältezentralen, bei denen das erwärmte Grundwasser zurück versickert wird, eine hohe thermische Belastung des Grundwassers erfolgt. Die Szenarien 2 und 3 sind mit zwei Punkten (negativ) zu bewerten, da zumindest eine zentrale Fernkälteanlage das Grundwasser thermisch beeinflusst.

Der geringste Einfluss auf die Grundwassertemperatur wird durch die Szenarien 6 und 7 hervorgerufen, nämlich durch die verbleibenden Einzelanlagen. Insgesamt werden sie als positiv (4 Punkte) bewertet, da die Situation in Bezug auf die Grundwassertemperatur im zentralen Stadtgebiet deutlich entspannt wird.

Verringerung der CO₂-Emissionen

Bei den CO₂-Emissionen wurde in erster Linie die Art der Kälteerzeugung betrachtet und der Aspekt der zentralen und dezentralen Versorgung.

Alle Szenarien wurden grundsätzlich als positiv bewertet (4 Punkte), da davon auszugehen ist, dass eine zentrale Kälteversorgung, bezogen auf Wirkungsgrad und Strombedarf, mehreren Einzelanlagen deutlich überlegen ist und aus diesen Gründen weniger CO₂-Emissionen verursacht werden. Szenario 3 schneidet sehr gut ab, da die Kältegewinnung hauptsächlich über die vorhandenen und bereits zu betreibenden Pumpwerke erfolgt und wurde deshalb mit 5 Punkten bewertet.

Energiebedarf

Beim Energiebedarf sind ebenfalls die Art der Kälteerzeugung und der Vergleich zwischen zentraler und dezentraler Versorgung zu betrachten.

Die Bewertung erfolgte analog dem Kriterium Verringerung der CO₂-Emissionen.

6.3 Wasserrechte/ fremde Rechte

Konfliktpotential mit vorhandenen Grundwassernutzungen

Bei diesem Bewertungskriterium ist insbesondere der Konflikt zwischen genehmigten Entnahmerechten und deren Laufzeit im Hinblick auf den Anschluss an eine zentrale Kälteversorgung zu beachten. Vor allem der durch die Nutzer bereits getätigte Investitionsaufwand für Kälteerzeugungsanlagen, Entnahme- und ggf. Versickerungsbrunnen, die bei einem Anschluss an eine zentrale Versorgungseinrichtung nicht mehr notwendig wären und möglicherweise zurück gebaut werden müssten sowie die Herstellungskosten für den Anschluss an das Fernkältenetz. Es ist in diesem Zusammenhang mit Konfliktpotential zu rechnen und es bedarf sicherlich intensiver Gespräche mit allen Beteiligten.

Alle zentralen Varianten wurden deshalb mit sehr negativ (1 Punkt) bewertet. Bei den semi-zentralen Varianten werden weiterhin Einzelnutzungen betrieben, es betrifft demzufolge nicht alle Nutzer, und diese wurden mit negativ (2 Punkten) bewertet.

Einfluss auf andere Grundwassernutzungen

Es stellt sich die Frage, inwiefern weitere Grundwassernutzer durch eine zentrale Versorgung mit Fernkälte beeinflusst werden würden. Weitere Grundwassernutzer in diesem Zusammenhang sind z. B. Betreiber von Wärmepumpen bzw. Trink- und Brauchwassernutzer.

Aufgrund hoher thermischer Beeinflussung des Grundwassers ist ein negativer bzw. sehr negativer Einfluss bei Szenario 1 - 5 zu erwarten. Als positiv sind Variante 6 und 7 zu bewerten, da die thermische Grundwasserbeeinflussung hier am geringsten ist.

6.4 Beitrag zur Sicherung des Wirtschaftsstandortes

sichere Versorgung vorhandener Kältenutzer

Unter dem Aspekt der sicheren Versorgung der vorhandenen Grundwassernutzer sind die Szenarien 1 bis 3 mit sehr positiv und die Szenarien 5, 6 und 7 mit positiv zu bewerten, da die Versorgung grundsätzlich über ein zentrales System sichergestellt wird und gegenseitige Beeinflussungen der Kältenutzer nicht mehr möglich sind. Ausnahme ist Szenario 4, bei dem das nicht mehr abgeleitete sondern versickerte, erwärmte Grundwasser der Fernkältezentrale Linz zu einer weiteren starken thermischen Beeinflussung des Grundwasserleiters im Hafengebiete führt und deshalb mit negativ (2 Punkte) bewertet wird.

Stabilisierung und Verbesserung der Kühlleistung

Hinter diesem Kriterium verbirgt sich die Frage, ob eine konstante und stabile Versorgung der vorhandenen Kältenutzer mit den notwendigen Kälteleistungen und ggf. unter Verbesserung des zur Verfügung stehenden Leistungspotentials möglich ist.

Da davon auszugehen ist, dass zentrale Versorgungssysteme gegenüber einzelnen, dezentralen Anlagen effektiver betrieben werden können und in Abhängigkeit der Bemessungsparameter höhere Leistungsreserven bereitgestellt werden können, wurden alle Szenarien mit positiv bis sehr positiv bewertet. Ausnahme ist wiederum Szenario 4 aufgrund der starken thermischen Belastung des Grundwassers und der daraus resultierenden Reduzierung der Effektivität der betroffenen Fernkältezentralen.

Erweiterung von Kältenutzungen/ zusätzliche Kältenutzer

Neben der stabilen Versorgung der vorhandenen Kältenutzer ist ebenfalls zu prüfen, ob ein zusätzlicher Kältebedarf abgedeckt werden kann bzw. zusätzliche Nutzer gewonnen und versorgt werden können.

Die Szenarien 1, 3 und 5 sind diesbezüglich als positiv (4 Punkte) zu bewerten, da zwar teilweise große Temperaturerhöhungen in Richtung Hafen entstehen, aber die Pumpwerke im Hafengebiete, die zur Kälteerzeugung genutzt werden sollen, mit höheren Temperaturen in die Donau ableiten können. Variante 2 wird als neutral (3 Punkte) eingeschätzt, da zur sicheren Versorgung der Kältenutzer im Bereich der Trasse D bereits 2 Pumpwerke im Hafengebiete (neben der vorhandenen Fernkältezentrale Linz) benötigt werden, die bilanziell ausgelastet sind (ohne Betrachtung einer möglichen Kälteerzeugung durch Wärme). Die Varianten 6 und 7 weisen das größte Anschlusspotential, in Bezug auf zusätzliche Nutzer auf und sind deshalb mit sehr positiv (5 Punkte) bewertet.

6.5 Umsetzbarkeit

Synergie mit geplanter Straßenbahntrasse

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit Rohrleitungen in unterirdischen Tunnelbauwerken mit zu verlegen (in Abstimmung mit dem zuständigen Betreiber). Der positive Effekt für den Rohrnetzbetreiber ist das Einsparpotential hinsichtlich der Tiefbaukosten für die zu verlegenden Rohrleitungen.

Alle Varianten sind in dieser Hinsicht als positiv zu bewerten, da die Straßenbahntrasse als Leitungstrasse genutzt werden kann. Die Szenarien 1 sowie 3 - 6 nutzen einen größeren Teil der geplanten Straßenbahntrasse als Leitungstrasse und wurden mit sehr positiv bewertet.

Trasseneffizienz

Hinsichtlich der Trasseneffizienz wurden alle Szenarien untereinander verglichen und entsprechend den Größenordnungen zueinander gewertet.

Variante 2 weist die geringste Trasseneffizienz ($856 \text{ m}^3/\text{m}$) im Vergleich zu den anderen Varianten auf und wurde deshalb mit 3 Punkten bewertet. Die Trasseneffizienz der Varianten 5 und 6 besitzen die höchsten Werte (1135 und $1114 \text{ m}^3/\text{m}$) und wurden mit 5 Punkten bewertet, die Szenarien 1,3,4 und 7 mit 4 Punkten. Die jeweilige Trasseneffizienz liegt zwischen 959 und $972 \text{ m}^3/\text{m}$.

Tabelle 2: Nutzwertanalyse

Bewertungskriterium	Gewichtung	zentrale Fernkälteversorgung						semi-zentrale Fernkälteversorgung							
		Szenario 1		Szenario 2		Szenario 3		Szenario 4		Szenario 5		Szenario 6		Szenario 7	
		ungew.	gew.	ungew.	gew.	ungew.	gew.	ungew.	gew.	ungew.	gew.	ungew.	gew.	ungew.	gew.
Wasserwirtschaft/ Umwelt		Anteil: 30 %													
Einfluss auf den Grundwasserstand	10 %	2	20	2	20	2	20	4	40	2	20	2	20	2	20
Einfluss auf die Grundwassertemperatur	10 %	1	10	2	20	2	20	1	10	1	10	4	40	4	40
Verringerung der CO ₂ -Emissionen	5 %	4	20	4	20	5	25	4	20	4	20	4	20	4	20
Energiebedarf	5 %	4	20	4	20	5	25	4	20	4	20	4	20	4	20
Wasserrechte/ Fremde Rechte		Anteil: 15 %													
Konfliktpotential mit vorhandenen Grundwassernutzern	10 %	1	10	1	10	1	10	1	10	2	20	2	20	2	20
Einfluss auf andere Grundwassernutzungen	5 %	1	5	2	10	2	10	1	5	2	10	4	20	4	20
Beitrag zur Sicherung des Wirtschaftsstandortes		Anteil: 35 %													
sichere Versorgung vorhandener Kältenutzer	15 %	5	75	5	75	5	75	2	30	4	60	4	60	4	60
Stabilisierung und Verbesserung der Kühlleistung	10 %	5	50	5	50	5	50	2	20	4	40	4	40	4	40
Erweiterung von Kältenutzungen/ zusätzliche Kältenutzer	10 %	4	40	3	30	4	40	2	20	4	40	5	50	5	50
Umsetzbarkeit		Anteil: 20 %													
Synergie mit geplanter Straßenbahntrasse	10 %	5	50	4	40	5	50	5	50	5	50	5	50	4	40
Trasseneffizienz	10 %	4	40	3	30	4	40	4	40	5	50	5	50	4	40
Summe	100 %	340	325	365	265	340	390	370	340	390	370	340	390	370	340

7 Zusammenfassung

Im Bearbeitungsgebiet der Stadt Linz wurden 54 Nutzer, die Grundwasser zur Kälteerzeugung verwenden, erfasst und eine entsprechende Datenbank mit allen wesentlichen Informationen diesbezüglich erstellt. Die Datenbank beinhaltet detaillierte Informationen hinsichtlich Entnahme, Versickerung und Ableitung. Die mittlere Entnahmemenge liegt bei ca. 585 l/s, in der Spitze bei 1,2 m³/s. Davon werden ca. zwei Drittel versickert und ein Drittel abgeleitet.

Bezogen auf den Grundwasserstand wurden mehrere Brunnen und Pegel im Stadtgebiet Linz ausgewertet. Es wurden Grundwasserstandsmessdaten der letzten 30 Jahre erfasst. Grundsätzlich ist bei allen Pegeln und Brunnen ein absinkender Trend des Grundwasserstandes zu beobachten, insbesondere in den letzten 12 Jahren. Allerdings lässt sich abschließend nicht klären, ob dies allein an den ableitenden Kältenutzern liegt oder weitere Faktoren eine Rolle spielen.

Alle Kältenutzer wurden seitens der TU Graz angeschrieben und die tatsächlichen Entnahme-, Versickerungs- und Ableitungsmengen erfragt. Der Rücklauf betrug 70 % und die tatsächliche Entnahme 39 % des genehmigten Konsenses bezogen auf den Rücklauf.

Für jeden Kältenutzer wurde mithilfe des Verfahrens zur Abschätzung von Temperaturanomalien nach Ingerle, 1988 (ergänzt durch Rauch, 1992 bzw. ÖWAV RB 207, 2009) Wärmefahnen berechnet und grafisch dargestellt (.shp Format). Mittels einer Python Script wurde die Änderung der kf-Werte, der Flurabstände sowie der Verlauf der Grundwasserschichtenlinien entlang der Wärmeausbreitungsstrecke in die Fahnenberechnung einbezogen und die grafische Abbildung ermöglicht. Im Vergleich mit dem Temperaturmessprogramm aus den Jahren 2003 bis 2005 (Studie 2006, DonauConsult Zottl & Erber ZT GmbH) lassen sich ähnliche Bilder erkennen.

Nach Herausarbeitung der Grundwasserbeeinflussung durch Kältenutzungen wurden 7 Fernkälteszenarien entwickelt, die die Grundwasserproblematik entschärfen. Über eine Nutzwertanalyse erfolgten der Vergleich und die Bewertung der erstellten Szenarien.

Als Vorzugsvariante hat sich das Szenario 6 herausgestellt. Dieses Szenario besteht aus einem Fernkältenetz und drei Fernkältezentralen. Die vorhandene Fernkältezentrale der Linz AG, eine Fernkältezentrale im Bereich einer nutzbaren Pumpstation der AHP und eine dritte Anlage, die Kälte aus Grundwasser mit anschließender Versickerung erzeugt. Ggf. ist die Nutzung von Abwärme über eine Absorptionskälteanlage zur Kälteerzeugung möglich. Die geplante Straßenbahntrasse wird als Leitungstrasse genutzt. Im Bereich des Landeskrankenhauses Wagner-Jauregg werden weiterhin Einzelnutzungen betrieben.

8 Ausblick

Diese Studie hat sich mit den wasserwirtschaftlichen Grundlagen in Bezug auf den durch Kühlwassernutzungen thermisch beeinflussten Grundwasserleiter der Stadt Linz beschäftigt und versucht, mögliche Potentiale hinsichtlich einer zentralen Versorgung mit Kälte aufzuzeigen und zur Diskussion anzuregen.

Allein aus einer wasserwirtschaftlichen Betrachtung heraus, lässt sich allerdings kein Projekt bzw. Vorhaben realistisch und mit gutem Gewissen umsetzen. Deshalb sollten anschließend sowohl energetische als auch wirtschaftliche Betrachtungen folgen.

Aus energetischer Sicht sind beispielsweise Leistungsbilanzen hinsichtlich des tatsächlichen Kältebedarfs der betrachteten Kältenutzer sinnvoll, die eine genauere Abschätzung der benötigten Erzeugungsanlagen und Rohrnetzdimensionen zulassen würden. Des Weiteren ist eine Erhebung über zusätzlich anschließbare Nutzer in den definierten Netzbereichen hilfreich, um eine möglichst hohe Effektivität und Auslastung der Fernkälteversorgung zu erreichen. Potentielle Nutzer können z. B. Bürogebäude, Museen, Theater, Universitäten oder auch Unternehmen, die größere Serverräume betreiben, sein.

Zu klären wäre auch, ob weitere Potentiale für Absorptionskälteanlagen vorhanden sind. Zum einen stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, ob das von der Linz AG betriebene Heizkraftwerk in dieser Hinsicht genutzt werden kann und zum anderen, ob weitere industrielle Anlagen in Linz betrieben werden, die ein hohes Maß an Abwärme produzieren (z. B. die Voest-Werke oder der Chemie Park Linz?) und für eine Kälteerzeugung nutzbar wären.

Eine Alternative zur Kälteerzeugung aus Grundwasser ist möglicherweise die Kälteerzeugung aus Oberflächengewässern, speziell der Donau, die in dieser Studie nicht näher betrachtet werden konnte. Grundsätzlicher Vorteil wäre die Verfügbarkeit hinsichtlich der Wassermenge und die Möglichkeit mit Temperaturen bis zu 30 °C einzuleiten. Nachteil ist die saisonale Aufwärmung der Donau. Entsprechend der Temperatúrauswertungen in der Studie von DonauConsult Zottl & Erber ZT GmbH 2006 wurden im Juli 2004 bzw. Juli 2005 Temperaturen bis 20 °C gemessen (Donaupegel Linz, km 2135,17). Zur selben Zeit ist mit dem höchsten Kältebedarf zu rechnen.

Schlussendlich sollte eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgen, die sich aus kaufmännischer Sicht dem Thema annähert.

Da nicht davon auszugehen ist, dass der Kältebedarf in Zukunft abnehmen wird, sondern eher der umgekehrte Fall anzunehmen und von einem steigenden Kältebedarf auszugehen ist, sollte das Thema Fernkälte in Linz weiter forciert werden.

Literaturverzeichnis

Arnold, Michael (2006): Einsatz von Fernkälte aus Grundwasserüberleitungen für ein Rechenzentrum in München, Abschlussbericht, München: Stadtwerke München GmbH

AEV Kühlsysteme und Dampferzeuger, i. d. F. vom 27. Mai 2003: Bundeskanzleramt, Rechtsinformationssystem (RIS), URL: <http://www.ris.bka.gv.at>

Baumgarth, S., Hörner, B., Reeker, J. (2011): Handbuch der Klimatechnik, Band 1: Grundlagen, 5., neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin/ Offenbach: VDE Verlag GmbH

Bez, Armin (2012): Kälte durch Wärme erzeugen, Möglichkeiten der mit Kraft-Wärme-Kopplung beheizten Absorptionskältemaschine im Vergleich zur Kompressionskältemaschine unter wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten, Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Bachelor-Arbeit

Braunegger, Petra (in Arbeit): Grundwassernutzung für Fernkälte, Graz, Technische Universität, Masterarbeit

Geotechnik Tauchmann GmbH (2012): Geologische/ Hydrogeologische Standortbeschreibung – Grundwassernutzung zu Kühlzwecken, BV Fresenius Kabi – Linz, Linz, Gutachten

Henning, H.-M., Urbaneck, T., Morgenstern, A., Núñez, T., Wiemken, E., Thümmeler, E., Uhlig, U. (2009): Kühlen und Klimatisieren mit Wärme, BINE-Informationspaket, Berlin: Solarpraxis AG (Hrsg. FIZ Karlsruhe)

Land Oberösterreich, DonauConsult Zottl & Erber ZT GmbH (2004): Grundwasserbewirtschaftung Linz, Hydrologische und thermische Ist-Situation, Linz: Amt der Oö. Landesregierung, Wasserwirtschaft, Grund- und Trinkwasserwirtschaft

Land Oberösterreich, DonauConsult Zottl & Erber ZT GmbH (2006): Grundwasserbewirtschaftung Linz, Grundwassertemperatur – Messprogramm 2003 - 2005, Linz: Amt der Oö. Landesregierung, Wasserwirtschaft, Grund- und Trinkwasserwirtschaft

Langeheinecke, K., Jany, P., Thieleke, G. (2011): Thermodynamik für Ingenieure, Ein Lehr- und Arbeitsbuch für das Studium, 8., überarbeitete und erweiterte Auflage, Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag/ Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Plura, Stefan (2008): Entwicklung einer zweistufigen Absorptionskältemaschine zur effizienten Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, München, Technische Universität, Dissertation

Preisler, A., Haslinger, G., Kast, H.-J., Penthor, A., Kempel, G. (2008): City Cooling – Intelligente Fernkälteversorgung Wien, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 38/ 2010, Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Recknagel, Sprenger, Schramek (2013): Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, einschließlich Warmwasser- und Kältetechnik, München: Oldenbourg Industrieverlag GmbH (Hrsg. Prof. Dr.-Ing. Ernst-Rudolf Schramek, Technische Universität Dortmund)

Urbanek, T., Uhlig, U., Platzer, B., Schirmer, U., Göschel, T., Zimmermann, D. (2006): Machbarkeitsuntersuchung zur Stärkung der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung durch den Einsatz von Kältespeichern in großen Versorgungssystemen, Chemnitz: Stadtwerke Chemnitz AG und Technische Universität Chemnitz, Technische Thermodynamik

Verordnung zur Verbesserung der Wassergüte der Donau und ihrer Zubringer, i. d. F. vom 14. April 1977: Bundeskanzleramt, Rechtsinformationssystem (RIS), URL: <http://www.ris.bka.gv.at>

Wasserrechtsgesetz 1959, i. d. F. vom 25. Juli 2013: Bundeskanzleramt, Rechtsinformationssystem (RIS), URL: <http://www.ris.bka.gv.at>

ÖVGW W 80 (1984): Ableitung von Kühlwasser unter Berücksichtigung der Trinkwasserverordnung, Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach, Wien

ÖWAV RB 207 (2009): Thermische Nutzung des Grundwassers und des Untergrundes – Heizen und Kühlen, 2., vollständig überarbeitete Auflage, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien

Anhang

Tabelle 3: Kältenutzer - Entnahme

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U		
1	Entnahme																					
2	ID	POSTZAHL_2	ANLAGENNAME	BERECHTIGTER	ANLAGENTYP	ANLAGENANZ	HOCHWERT	RECHTSW.	LS	M3_H	M3_D	M3_A	DAUER	BEW.	BESCH_1	BESCH_1_DAT	BESCH_1_AR	BESCH_2	BESCH_2_DAT	BESCH_2_ART		
3	1	401/0232	401/0885	Kammer der gewerblichen Wirtschaft	Wasserversorgungsanlage	Bunnen	3	353107	71322	4,57	395	680000	62.01.12/1991	23.02.1991	Bewilligung	Wa-2054/3-1	26.06.1972	Bewilligung				
4	2	401/0239	401/1265	LINZ SERVICE GMBH	Wasserversorgungsanlage	Bunnen	3	353192	71835	57,87	5000	31.12.2028	Wa-20216/1/3	15.02.1999	Bewilligung	Wa-2054/3-1	26.06.1972	Bewilligung				
5	3	401/0277	401/0676	Austria Tabakwerke	Wasserversorgungsanlage	Bunnen	1	333388	71729	151,11	544	31.12.2014	Wa-20292/1/0	20.10.2000	Bewilligung	Wa-2054/3-1	26.06.1972	Bewilligung				
6	4	401/0277	401/0676	Osterreichische Donaulager Industrieteile 35a	Wasserversorgungsanlage	Bunnen	1	333389	72949	15,30	600	31.12.2012	Wa-203084/32-2000	08.07.1981	Bewilligung	Wa-475/5-15	11.07.1983	Überprüfung				
7	5	401/0394	-	Land & Co	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	351860	71020	8,5	30	unbefristet	Wa-515/8-1981	04.12.1992	Bewilligung	Wa-20175/1	09.06.1998	Überprüfung				
8	6	401/0484	-	Oberbank Untere Donaulände	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	2	352707	71288	27,00	1708	309600	31.12.2022	Wa-20175/1/1992	27.08.1982	Bewilligung	Wa-1889/2-1	21.02.1995	Bewilligung			
9	7	401/0534	-	Kammer der Elisabethinen	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352396	72122	5,00	432	200000	31.12.2022	Wa-1144/2-1984	22.09.1984	Bewilligung	Wa-3172/4-1	19.12.2012	-			
10	8	401/0550	-	Kamleitner und Kraupa GmbH	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	350990	72880	23,90	1032	111178	31.12.2023	unbefristet	Wa-1862/3-1964	24.09.1988	Bewilligung	Wa-2767/4-1	19.10.1971	Überprüfung		
11	9	401/0596	-	Speicher Automation	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	3	350990	72880	33,00	2000	255000	31.12.2028	Wa-3591/3-1988	07.08.1996	-	-	-				
12	10	401/0646	401/0645	Osterreichische Donaulager Industrieteile 36b	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	3	351335	72831	0,93	3353	80	31.12.2011	31.12.2029	Wa-20071/3/2	01.12.1997	Bewilligung	-	-			
13	11	401/0687	-	Nearie Osterreich Holding	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	2	351423	72851	14,47	1230	145600	31.12.2022	Wa-2012/202/102/53	20.09.2012	Mitbestimmung	-	-				
14	12	401/0705	-	Kongregation der Bernharden Schwestern Linz	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	351423	72851	14,47	1230	145600	31.12.2022	Wa-2012/202/102/53	20.09.2012	Mitbestimmung	-	-				
15	13	401/0735	-	Republik Osterreich BBSUN Oeffertingerstraße	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	351953	70947	10,00	489	135780	31.12.2022	Wa-2012/202/102/53	20.09.2012	Mitbestimmung	-	-				
16	14	401/0735	-	Wapodorn Industrieteile Katom	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	351953	70947	10,00	489	135780	31.12.2022	Wa-2012/202/102/53	20.09.2012	Mitbestimmung	-	-				
17	15	401/0753	401/0754	Wapodorn Industrieteile Katom	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352146	72833	35,00	605	61142405	31.12.2023	Wa-201638/1/2	21.04.1974	Bewilligung	Wa-289/2-15	19.05.1978	Überprüfung			
18	16	401/0753	401/0754	Wapodorn Industrieteile Katom	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352146	72833	35,00	605	61142405	31.12.2023	Wa-201638/1/2	21.04.1974	Bewilligung	Wa-289/2-15	19.05.1978	Überprüfung			
19	17	401/0759	401/0759	Wapodorn Industrieteile Katom	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352146	72833	35,00	605	61142405	31.12.2023	Wa-201638/1/2	21.04.1974	Bewilligung	Wa-289/2-15	19.05.1978	Überprüfung			
20	18	401/0759	401/0759	Wapodorn Industrieteile Katom	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352146	72833	35,00	605	61142405	31.12.2023	Wa-201638/1/2	21.04.1974	Bewilligung	Wa-289/2-15	19.05.1978	Überprüfung			
21	19	401/0759	401/0759	Wapodorn Industrieteile Katom	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352146	72833	35,00	605	61142405	31.12.2023	Wa-201638/1/2	21.04.1974	Bewilligung	Wa-289/2-15	19.05.1978	Überprüfung			
22	20	401/0759	401/0759	Wapodorn Industrieteile Katom	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352146	72833	35,00	605	61142405	31.12.2023	Wa-201638/1/2	21.04.1974	Bewilligung	Wa-289/2-15	19.05.1978	Überprüfung			
23	21	401/0759	401/0759	Wapodorn Industrieteile Katom	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352146	72833	35,00	605	61142405	31.12.2023	Wa-201638/1/2	21.04.1974	Bewilligung	Wa-289/2-15	19.05.1978	Überprüfung			
24	22	401/0759	401/0759	Wapodorn Industrieteile Katom	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352146	72833	35,00	605	61142405	31.12.2023	Wa-201638/1/2	21.04.1974	Bewilligung	Wa-289/2-15	19.05.1978	Überprüfung			
25	23	401/0759	401/0759	Wapodorn Industrieteile Katom	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352146	72833	35,00	605	61142405	31.12.2023	Wa-201638/1/2	21.04.1974	Bewilligung	Wa-289/2-15	19.05.1978	Überprüfung			
26	24	401/0960	401/682	BLM Nationalbank Goulinstraße	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	2	352669	73847	7,00	660	144000	31.12.2022	Wa-20382/1/5	27.06.2000	Bewilligung	Wa-20382/1	02.04.2002	Überprüfung			
27	25	401/0960	401/682	Siemens ELIN VATECH Kältezentrale	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	353779	71406	0,28	1	24	31.01.2029	501/N8380/3	06.05.2002	Bewilligung	-	-				
28	26	401/1157	-	Fresenius Kabi	Abwasseranlage	Bunnen	2	352441	73633	83,89	902	5146	31.12.2012	Wa-201269/1/2	06.10.1992	Bewilligung	-	-				
29	27	401/1157	-	DHP Immobilien	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	350679	74206	5,10	18	320	31.12.2016	Wa-202329/4	17.06.1994	Bewilligung	-	-				
30	28	401/1205	-	Bumauk Tower	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	351770	73186	6,09	21,92	526	31.12.2011	Wa-20290/5	08.07.1996	Bewilligung	5001/GW990	21.10.2002	Überprüfung			
31	29	401/1205	-	gespaq Kinderklinik Kinderklinik	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	351453	71310	30,00	1296	142560	31.12.2011	Wa-20378/6	11.03.1997	Bewilligung	Wa-2009-201	07.09.2009	Bewilligung			
32	30	401/1241	-	Oberbank Wien	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	350884	72117	7,00	25	31.12.2017	Wa-20378/6	21.04.1994	Bewilligung	-	-					
33	31	401/1241	-	Oberbank Wien	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	350884	72117	7,00	25	31.12.2017	Wa-20378/6	21.04.1994	Bewilligung	-	-					
34	32	401/1241	-	Oberbank Wien	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	350884	72117	7,00	25	31.12.2017	Wa-20378/6	21.04.1994	Bewilligung	-	-					
35	33	401/1278	401/1279	OÖ GKK Grubestraße	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352432	70701	17,00	62,1	550	30.04.2026	Wa-201845/19	09.01.1998	Bewilligung	-	-				
36	34	401/1283	-	voestalpine Stahl Service Center	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	333884	72440	4,55	13	4539,00	31.12.2014	501/WA9719/K	22.04.1999	Bewilligung	-	-				
37	35	401/1317	-	gespaq Landestankenthaus Wagner-Jauregg	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	4	349973	72481	8,00	691,2	708	31.12.2021	Wa-200287/52-2000	14.07.2000	Bewilligung	Wa-200287/1	05.03.2001	Bewilligung			
38	36	401/1319	-	Republik Osterreich Bundespolizei	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352550	72130	2,50	200	1233000	31.12.2021	Wa-200407/54-2001	31.08.2000	Bewilligung	Wa-200407/1	15.12.2005	Überprüfung			
39	37	401/1331	-	Lentos	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	353870	70933	23,00	1450	410000	31.12.2017	Wa-204007/54-2001	27.11.2000	Bewilligung	Wa-204007/1	15.12.2005	Überprüfung			
40	38	401/1338	-	Linz AG Technologiecenter Winterrhafen	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	2	353870	72833	50,00	180	1620	31.12.2017	Wa-204007/54-2001	27.11.2000	Bewilligung	Wa-204007/1	15.12.2005	Überprüfung			
41	39	401/1351	-	Wirtschaftskammer WiFi Linz	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	349484	72455	1,60	4,6	230	31.12.2021	-	-	-	-	-				
42	40	401/1378	-	Baureform/Lenaupark	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	350755	71956	8,40	250	28000	31.12.2028	Wa-204062/25-2002	06.06.2002	Bewilligung	Wa-204062/1	04.03.2004	Fristverlängerung			
43	41	401/1379	-	Schragl, Presimayer, Schurhofer	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	350552	72332	4,90	317,5	18900	31.12.2029	501/WA0101/38K	08.05.2002	Bewilligung	Wa-204066/1	22.08.2003	Überprüfung			
44	42	401/1389	-	VB Leasing Ledereggasse 8	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352423	71965	10,24	500	40000	31.12.2012	Wa-204066/20-2002	25.03.2002	Bewilligung	Wa-204066/1	17.12.2004	Überprüfung			
45	43	401/1457	-	LG Adalbert Strifer Institut	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352388	70889	2,24	28	17500	31.12.2018	501/WA0300/1F	15.06.2003	Bewilligung	-	-				
46	44	401/1494	401/0711	Bernharden Brüder	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	351786	70905	14,50	370	195050	31.12.2025	-	06.07.2005	-	-	-				
47	45	401/1497	-	Hotel Kommandantgesellschaft	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352716	72227	5,55	300	80000	31.12.2020	Wa-204404/25-2005	26.07.2005	Bewilligung	-	-				
48	46	401/1518	-	RE KELL Kunststoffwerk	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	352689	73511	22,20	1190	67000	31.12.2030	Wa-204404/25-2005	26.07.2005	Bewilligung	-	-				
49	47	401/1526	-	Energie AG OÖ Wegscheid Unspanwerk	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	353543	72883	18,30	1600	190000	31.12.2035	Wa-200348/47-2003	15.12.2005	Bewilligung	Wa-200348/1	03.07.2007	Überprüfung			
50	48	401/1526	-	Energie AG OÖ Wegscheid Unspanwerk	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	353543	72883	18,30	1600	190000	31.12.2035	Wa-200348/47-2003	15.12.2005	Bewilligung	Wa-200348/1	03.07.2007	Überprüfung			
51	49	401/1526	-	Energie AG OÖ Wegscheid Unspanwerk	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	353543	72883	18,30	1600	190000	31.12.2035	Wa-200348/47-2003	15.12.2005	Bewilligung	Wa-200348/1	03.07.2007	Überprüfung			
52	50	401/1526	-	Energie AG OÖ Wegscheid Unspanwerk	Thermische Nutzungsanlage	Bunnen	1	353543	72883	18,30	1600</											

