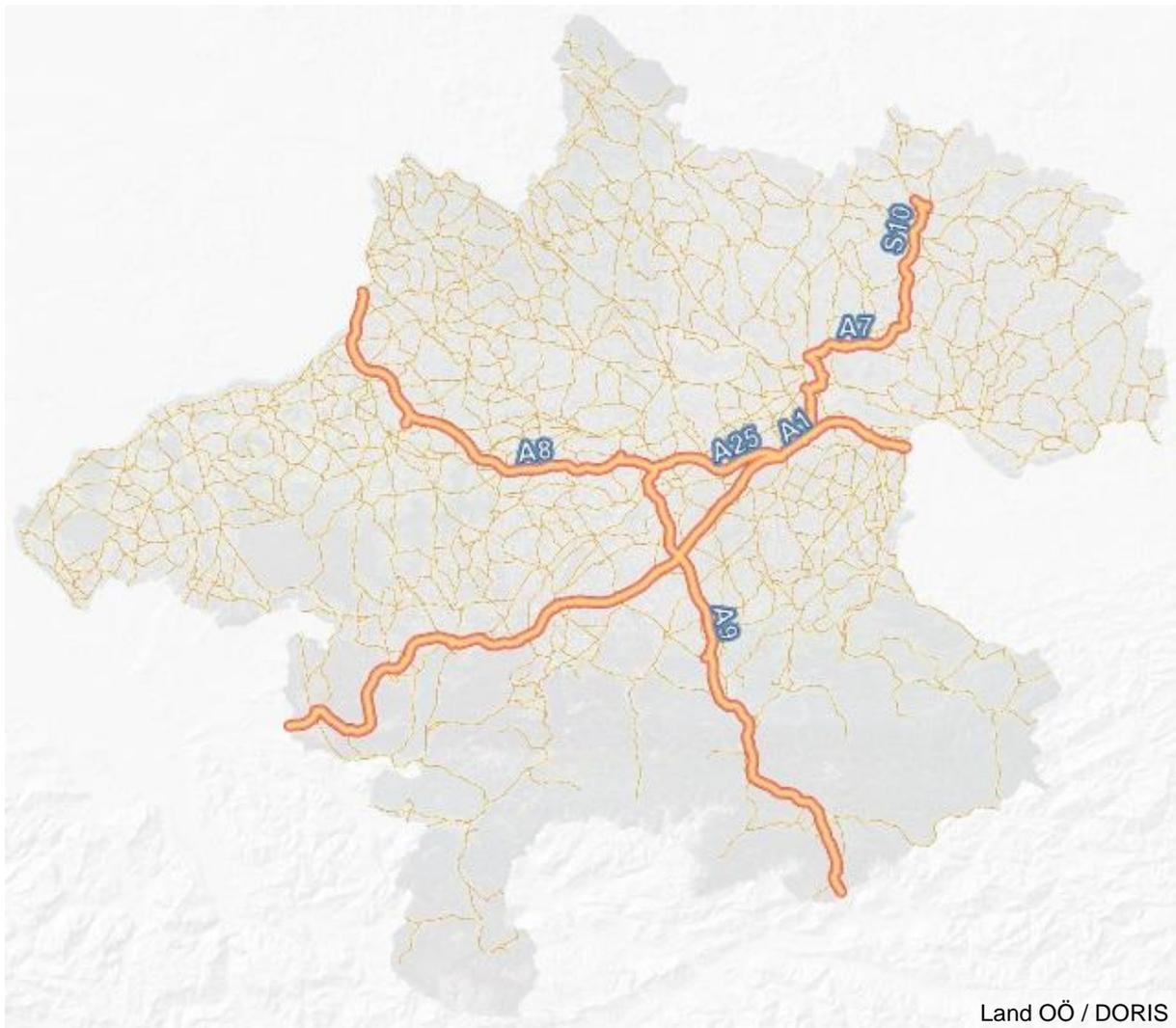


Die „Intelligenz“ zukünftiger Straßen



Land OÖ / DORIS

Die Entwicklung der Straßen bis zur 5. Generation

Die gesellschaftlichen und technologischen Entwicklungen besonders in den vergangenen 150 Jahren waren enorm. Fixer Bestandteil einer global vernetzten Welt ist unsere Straßeninfrastruktur, die Menschen und Güter miteinander verbindet. Die Straße selbst hat sich dem Wandel bis jetzt weitestgehend entzogen. Sie diente als beständige Grundlage für komfortablen und raschen Transport, musste stabil und dauerhaft sein. Nun gibt es nach intensiven Forschungsjahren erste Pilotversuche zur zukünftigen „intelligenten Straße“. Vom Saumpfad bis zu ersten Umsetzungsprojekten der Straße der Zukunft vergingen rund 3.000 Jahre.

Straßen der 1. Generation

Die Geschichte der Straßen in Europa begann mit den ersten Saumpfaden etwa 1.000 vor Christus. Die Wege hatten eine Breite von mind. 3m in Höhe des Packgutes, das auf Lasttieren meist über Gebirgspässe geführt wurde. Beispiele sind etwa der Sölkpass in den Schladminger Tauern oder das Hochjoch in den Öztaler Alpen. Viele Saumpfade wurden in späteren Jahrhunderten zu normalen Straßen ausgebaut.



Straßen der 2. Generation

Der systematische Straßenbau der Römer begann ab ca. 300 v. Chr. Die Eroberungszüge der Römer und die damit verbundene Ausweitung des



Wikimedia Commons / Radoslaw Botev

römischen Reiches machte es zunächst aus militärischen Gründen notwendig, quer durch den Kontinent Wege zu errichten und auch zu befestigen. Die typische Römerstraße ist mit Steinen aus Basalt oder Lava gepflastert und hat definierte Breiten und Kurvenradien. Als die Bedeutung für das Heer

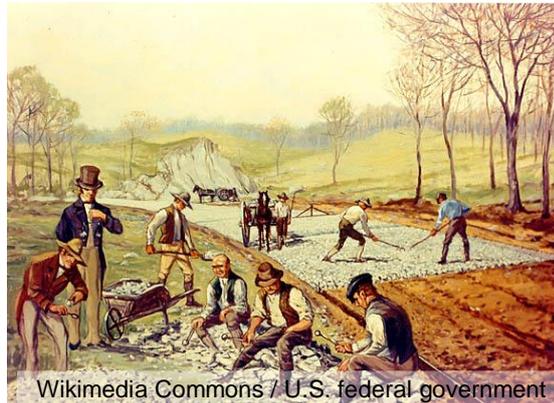
abnahm, rückte der Reisekomfort in den Mittelpunkt: neben den gepflasterten Straßen wurden auch Kiesstraßen gepflegt, die stoßärmeres Befahren ermöglichten.

Im Mittelalter war die Weiterentwicklung von Straßen eher bedeutungslos, denn die Landesherrn hatten kaum Interesse daran sich mit entfernteren Regionen zu vernetzen.

Straßen der 3. Generation

Erst ab Mitte des 18. Jahrhunderts erfuhren die Straßen in einem politisch

stabileren Europa mit der Packlage eine neue Bauweise: ein Steinbett, darüber kleinere Steine und schließlich die Kiesschicht, eingefasst mit Tiefbordsteinen. Auch die Makadam-Bauweise aus Großbritannien setzte auf einen dreischichtigen Schotteraufbau. Überlandstraßen hatten aufgrund der aufkommenden Eisenbahn geringe Bedeutung, da sie in diesen Zeiten für den raschen und komfortablen Transport von Menschen und Gütern weit besser geeignet war.



Wikimedia Commons / U.S. federal government

Straßen der 4. Generation

Erst durch die Erfindung des Automobils stieg der Anspruch an das Straßennetz. Der steigende Motorisierungsgrad verhalf im 20. Jahrhundert Asphalt- und Betondecken zum Durchbruch, zumal es nun auch die dafür nötigen Straßenbaumaschinen gab. Seit dem hat sich der Straßenaufbau vom Prinzip her nicht geändert: mehrere Schichten von gebrochenen Steinen werden durch ein Bindemittel (früher Teer, heute Bitumen) zusammengehalten. Die oberste Schicht wird besonders verdichtet und geglättet.



Fotolia / Stockr

Straßen der 5. Generation

Um die Zukunftsfähigkeit von Straßen sicherzustellen, wird zunehmend daran geforscht, sie mit neuen Features auszustatten, um den geänderten Bedürfnissen der Gesellschaft gerecht zu werden. Die Straßen der Zukunft sind nicht nur sichere Verkehrswege, sondern auch ressourcen- und energiesparend, digital vernetzt und informativ.



Roosegaard / www.studioroosegaard.net

Herausforderungen an zukünftige Straßen

Aufgrund der Altersstruktur unseres Straßennetzes ist bereits gegenwärtig ein zunehmender Erhaltungsbedarf festzustellen, dessen Kosten überproportional zum Straßenzustand steigen. D.h. kleinere Schäden sind verhältnismäßig günstig auszubessern. Werden Instandhaltungsmaßnahmen aber verschoben, ist mit enormen Kosten zur Wiederherstellung des Ausgangszustandes zu rechnen. Im Zuge der Erhaltung und vor allem bei Straßenneubauten sollten geänderte zukünftige Anforderungen und neue Entwicklungen berücksichtigt werden.

Globale Trends beeinflussen auch zukünftige Straßen:

- **Demographischer Wandel:** Der steigende Anteil älterer Personen, die am Straßenverkehr teilnehmen, zieht geänderte Mobilitätsbedürfnisse mit sich, an denen sich auch die Straßeninfrastruktur orientieren muss.
- **Klimawandel und Nachhaltige Entwicklung:** Zum einen müssen zukünftige Straßen klimatische Veränderungen aushalten (z.B. Wetterextremereignisse mit hohen Temperaturen oder Starkniederschlägen), zum anderen können Straßen selbst Energie erzeugen, Emissionen verringern und durch ihre Bauweise und Baumaterialien Ressourcen schonen.
- **Technologischer Wandel:** Neue technologische Möglichkeiten, die digitalen Entwicklungen und Fortschritte im Materialwesen verändern die Mobilität und damit die Anforderungen an die Verkehrswege (z.B. autonome Fahrzeuge). Im Rahmen einer vernetzten Betrachtung sollten die Straßen der Zukunft in das geänderte Umfeld integriert werden.
- **Globalisierung und Urbanisierung:** Verkehrswege sind neben der Digitalisierung zentrale Elemente einer physischen weltumspannenden Vernetzung, die die steigenden Verkehrsbelastungen durch Individual- und Güterverkehr zu bewältigen haben. Zukünftig werden internationale Planungen, globale Standards und intelligente Verkehrssysteme zur Lenkung der Verkehrsströme an Bedeutung gewinnen, auch in Bezug auf die Pendler/innenströme im Stadt-Umland-Gefüge.

(vgl. BM für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Deutschland), 2012: Straße im 21. Jahrhundert. Innovativer Straßenbau in Deutschland.- Druckerei des BMVBS, S. 2-3)

Gegenwärtige Entwicklungen und Zukunftserwartungen

Die Forschungen und technologischen Entwicklungen im Bereich des Straßenbaus sind vielfältig. Sie reichen von neuen Baumaterialien über die Energieerzeugung bis hin zur digitalen Vernetzung der Straßeninfrastruktur mit den Verkehrsmitteln.

Nachfolgend werden derzeitige Forschungsschwerpunkte und Pilotprojekte in verschiedenen Bereichen aufgezeigt:

- Neue Oberflächenmaterialien
- Funktionale Straßenmarkierungen
- Energieerzeugende und –übertragende Straßen
- Intelligente (vernetzte) Straßen

Neue Oberflächenmaterialien

Eisfrei

Forschungen zeigen, dass Asphalt mit einer Beimischung von Edelstahlspänen und Kohlenstoffpartikeln durch Anlegen einer Stromspannung leitfähig wird. Für den Menschen gefahrlos wird so Wärme erzeugt, die Straßen eisfrei hält. Erste Tests für Start- und Landebahnen auf Flughäfen und Brückenbereiche sind in Planung. Eine weitere Möglichkeit Straßen eisfrei zu halten, ist der direkte Einbau reaktiver Anti-Frost-Materialien im Oberbau.

Selbstreparierend

Für den Betonstraßenbau hat die Zugabe von speziellen Bakterien im Labor bereits positive Ergebnisse erbracht. Durch das Eindringen von Wasser entstehen Risse im herkömmlichen Beton bzw. beginnen Stahlbefestigungen zu rosten. Im Bio-Beton, der mit dem Europäischen Erfinderpreis 2015 ausgezeichnet wurde, führt das Wasser zum „Erwachen“ der Bakterien, die ebenfalls beigefügtes Futter zu fressen beginnen und dabei Kalkstein-Calcium-Carbonat ausscheiden, das die Risse ausfüllt.



Pixabay / dre2uomaha0

Ressourcenschonend

Neue technologische Entwicklungen und Materialien machen das ressourcenschonende Recycling direkt vor Ort beim Straßenabbruch und die Wiederverwendung beim Neubau möglich. Einen Schritt weiter wollen die Niederlande mit einer Straße aus Recyclingkunststoff gehen. Auf einem Testgebiet werden Straßenabrieb, Verhalten bei Nässe, Schnee oder auch bei Fahrzeugbränden untersucht. Vorteile sind bereits augenscheinlich der schnellere Straßenbau, damit reduzierter Baustellenverkehr, das Recyclingmaterial und die einfache Möglichkeit für die Integration von Infrastrukturleitungen.

Mit der Zugabe von Titandioxid im Straßenbelag werden Stickoxide durch Sonnenlicht in Nitrit und schließlich in nicht gesundheitsschädliche Mengen Nitrat im Regenwasser umgewandelt. Auf Versuchsstrecken konnte eine bis zu 30%ige Emissionsreduktion gemessen werden.

Funktionale Straßenmarkierungen

Dynamische Farbe

Mit temperaturempfindlichen Straßenmarkierungen kann vor hitzebedingten Veränderungen des Straßenbelages bzw. vor Kälte und Straßenglätte gewarnt werden. Auf derzeitigen Versuchsstraßen wird einerseits mit Bodenmarkierungen gearbeitet, die ein Farbspektrum von Rot bis Blau je nach Oberflächentemperatur aufweisen, andererseits aber auch mit sichtbarwerdenden Symbolen (Sonnen bzw. Eiskristalle).



Leuchtende Markierungen

Durch die sinkenden Kosten der LED-Technologie wird sich das Sichtbarmachen von Straßenmarkierungen mit Hilfe eingelassener Einzel-LEDs in die Fahrbahn besonders an unfallträchtigen Stellen, wie Abbiegespuren, zukünftig verbreiten. Auch kurvige Straßenzüge sind so schon lange vor Erreichen durch den Scheinwerferkegel deutlich erkennbar. Die benötigte Energie stammt aus Solarpaneelen am Straßenrand. Ähnliche Effekte werden mit fluoreszierenden Farben erzielt, die durch Verschmutzung ihre Leuchtkraft aber stärker einbüßen.

Energieerzeugende und -übertragende Straßen

Solarstraßen

Die Anbringung von Solarzellen auf bestehenden Infrastrukturen – auf Dächern und Fassaden – wird gegenwärtig der Nutzung auf freien Flächen bevorzugt, um die Flächenkonkurrenz zu minimieren. Als weiterer



Colas / Joachim Bertrand

konsequenter Schritt wird die Integration von speziellen Solarzellen in Straßenoberflächen gesehen, die durch das auftreffende Sonnenlicht Strom erzeugen. Im Praxistest wird aufgrund der waagrechten Montage und Bedeckung durch Blätter, Eis und Schnee ein geringerer Wirkungsgrad als bei schräg montierten Solarzellen festgestellt. Um die Kosten für den Straßenneubau zu reduzieren, wird mit aufklebbaren Solarpaneelen experimentiert, die sich den örtlichen Gegebenheiten anpassen und auch tonnenschwere LKWs aushalten sollen. Eine noch ungelöste Herausforderung stellt die Verschmutzung und Zerkratzung des Schutzglases dar, durch die die Stromleistung beeinträchtigt wird. Experimente mit organischen Substanzen zur Selbstreinigung werden durchgeführt.

Piezoelektrische Energiestraßen

In den Straßen verbaute Sensoren wandeln die durch die Fahrzeuge entstehenden Vibrationen in elektrische Energie um, die z.B. für die Straßenbeleuchtung verwendet werden kann. Das physikalische Grundprinzip des Piezoelektrischen Effektes ist technisch einfach umsetzbar, jedoch ist die Energiegewinnung aus der Bewegung und des Gewichtes eines einzelnen Fahrzeuges sehr gering. Die große Herausforderung ist die Energiebündelung, die auf ersten Versuchsflächen etwa in London oder Tokio untersucht wird.

Induktion

Bei der induktiven Energiegewinnung wird durch die Änderung eines Magnetfeldes zwischen zwei Spulen Strom erzeugt. Durch die Integration von Spulen in Fahrbahnen können ebenfalls mit einer Spule ausgestattete E-Fahrzeuge während der Fahrt geladen werden. Diese Methode scheint durch den Schutz vor Vandalismus, der einfachen Handhabung und im Hinblick auf das Reichweitenproblem der Elektromobilität zukunftssträftig. Im Gegensatz zum stationären Laden können mehrere Fahrzeuge gleichzeitig ohne zusätzlichen Zeitverlust geladen werden.

Die Fraunhofer-Institute für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung bzw. für Solare Energiesysteme haben induktives Laden während der Fahrt bis 30 km/h erfolgreich getestet. Theoretisch sollte eine dynamische Aufladung bis zu 200 km/h möglich sein. Das Verbauen von Spulen in Straßen ist sehr



aufwändig, weshalb induktives Laden gegenwärtig nur im Haltestellenbereich von Öffentlichen Verkehrsmitteln und auf Parkplätzen vorzufinden ist. (vgl. http://vector.com/portal/medien/cmc/press/Vector/EV_Inductive_Charging_EmobilityTec_201510_PressArticle_DE.pdf)

Intelligente (vernetzte) Straßen

Die Fortschritte in der Digitalisierung führen seit einigen Jahren zu ausgeklügelten Assistenzsystemen in Fahrzeugen, die die Sicherheit und Bequemlichkeit deutlich erhöhen. Die Zukunftsvision des selbstfahrenden Autos scheint greifbarer denn je und wird von namhaften Autoherstellern bis ins Jahr 2025 in der Serienproduktion prognostiziert. Der Vorreiter Tesla Motors zeigt bereits, dass autonomes Fahren möglich ist und Unfälle besonders mit tödlichem Ausgang gemessen an den zurückgelegten Kilometern reduziert werden können – leider aber noch nicht ganz vermeidbar sind.

Logische Konsequenz ist die digitale Weiterentwicklung der Straßen und Verkehrsinfrastrukturen, um nicht nur eine car2car-Kommunikation sondern auch eine car2infrastruktur-Kommunikation zu ermöglichen.



Beispielsweise werden zukünftig

- interaktive Straßenbeleuchtungen das Licht an die Gegenwart von Straßenteilnehmer/innen anpassen,
- intelligente Verkehrssysteme Geschwindigkeiten und Ampelanlagen regulieren,
- Verkehrsteilnehmer/innen über die Park-/Stausituation oder alternative Verkehrsmittel informiert und
- Zusatzinformationen wie Straßenzustand und -temperatur, Verkehrslage, Unfälle und Hindernisse auf noch nicht einsehbaren Straßenbereichen etc. übermittelt und etwa in einem „Head up-Display“ einblendet.

Die zukünftigen Möglichkeiten durch eine intelligente Vernetzung von Verkehrsteilnehmer/innen, Fahrzeugen und Infrastruktur sind vielschichtig und erst im Ausbau begriffen. In weiterer Folge können sich vollautomatisierte Fahrzeuge und deren Infrastruktur im Hintergrund abstimmen und Route oder Geschwindigkeit selbsttätig anpassen, um sicher und schnell zu vordefinierten Orten zu gelangen. Weitere Informationen zum Thema „connected driving“ sind unter http://www.ooe-zukunftsakademie.at/ConnectedDriving_Zukunftsthema_final.pdf abrufbar.

„Forever Open Road“

Im 1989 gegründeten „Forum of European National Highway Research Laboratories“ (FEHRL) sind über 30 europäische Straßenforschungsinstitute vertreten, die an der Straße der Zukunft forschen. Die anpassungsfähige, klimaresistente und automatisierte Straße ist Inhalt des EU-Projektes „Forever Open Road“, das seit 2009 läuft. Viele der bereits genannten Entwicklungen werden kombiniert und zu den Verkehrswegen der Zukunft mit folgenden Zielen weiterentwickelt:

Anpassungsfähige Straßen

- Verringerter Wartungs- und Erneuerungsbedarf
- Verbesserte Integration anderer Verkehrssysteme und -teilnehmer/innen
- Anpassbar an zukünftige Verkehrstrends und Technologien
- Verringerte Erhaltungs- und Lebenszykluskosten
- Emissionsarme und lärmreduzierende Konstruktion
- Reduzierte Anzahl an Verkehrsunfällen und Baustellengefahren

Klimaresistente Straßen

- Erhöhte Resistenz gegen Auswirkungen des Klimawandels wie Überflutungen, Hitze und Kälte
- Geringerer Fremdenergieverbrauch durch Eigenproduktion
- Emissionsverringering

Automatisierte Straßen

- Staureduktion und zuverlässigere Reisezeiten
- Kontinuierliche Überwachung des Anlagenzustands → Anlagen-Management, Wartungsoptimierung
- Erhöhte Verkehrssicherheit und Integration anderer Verkehrssysteme
- Verbessertes Luftqualitätsmanagement
- Effektive Mautsysteme mit angepassten Straßenbenutzungsgebühren
- Kostengünstige Verwendung von Spin-off-Technologien

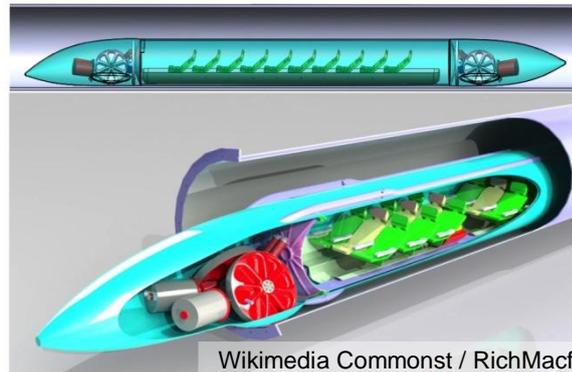
Als in der Praxis bereits bewährte Beispiele sind hier die erste beheizbare Brücke Deutschlands in Berkenthin nordöstlich von Hamburg zu nennen oder auch ein Pilotprojekt in Dänemark, bei dem sechs verschiedene lärmreduzierende Oberflächen auf ihre Alltagstauglichkeit getestet werden.

Für nähere Informationen zu den baulichen Maßnahmen der „Forever Open Road“ wie etwa auch vorgefertigte Fahrbahnmodule mit Abwasserkanälen und elektrischen Leitungen empfehlen wir das englischsprachige Paper „The Forever Open Road – Defining the next generation road“ unter <http://perso.lcpc.fr/hautiere.nicolas/pdf/2011/hautiere-piarc11.pdf>.

Hyperloop

Nicht nur das bereits erwähnte Unternehmen Tesla Motors geht auf den visionären Quer- und Vordenker Elon Musk zurück, sondern auch das Konzept des Hyperloops – einer völlig neuen Fortbewegungsart ohne herkömmliche Straßen, die auf dem Prinzip der Luftpost in Vakuumröhren basiert.

Fast gänzlich ohne Reibungswiderstand sollen bis zu 28 Passagiere in Transportkapseln durch ein Röhrensystem mit über 1200 km/h geschossen werden.



So unrealistisch das klingt, so konkreter werden gegenwärtig die Umsetzungspläne. Eigens gegründete Unternehmen und unzählige Forscher/innen arbeiten weltweit an Teststrecken und Pilotprojekten.

Die technische Umsetzbarkeit des Vorhabens ist grundsätzlich möglich, Fragen der Sicherheit, der Einbindung der Röhren in die bestehende Infrastruktur und der Wirtschaftlichkeit sind noch zu klären. Besonders interessant für Österreich ist die geplante Versuchsstrecke zwischen Bratislava und Wien – prognostizierte Reisezeit: 5 Minuten.

Perspektiven für Oberösterreich

Das oberösterreichische Landesstraßennetz hat eine Gesamtlänge von rund 6.000 km mit 3.000 Brücken. Die Oö. Landesstraßenverwaltung hat das Ziel die sichere und komfortable Mobilität für den Transport von Personen und Gütern auf den Landesstraßen zu gewährleisten. Instandsetzungsmaßnahmen werden unter Heranziehung objektiver Kriterien über ein Pavement Management System beurteilt. Auf der Grundlage von erhobenen Straßendaten bzw. -informationen (Aufbaudaten, Zustandsdaten, Verkehrsdaten, etc.) wird unter Einbeziehung einer speziellen Software für jeden untersuchten Abschnitt eine Erhaltungsstrategie vorgeschlagen, die unter den gegebenen finanziellen Mitteln umgesetzt werden kann. Straßenneubauten werden unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Aspekte abgewickelt. (vgl. <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/155.html>)

Eine der größten zukünftigen Herausforderungen wird neben dem durchgängigen Mobilitätserhalt und der Ressourcenschonung die Integration des „Internets der Dinge“ auf und in den Straßen sein. Die zunehmende digitale Vernetzung, der enorme Energie- und Rohstoffhunger, der klimatische und demographische Wandel sind prägende Trends zukünftiger Jahrzehnte, die zunehmend auch die bewährte Grundlage unserer Mobilität in den Fokus rücken. Die „intelligente Straße“ wird lärm- und emissionsreduzierend sein, weniger Primärrohstoffe verbrauchen, Risse und Schlaglöcher selbst verschließen, Energie erzeugen, die Sicherheit erhöhen und die vernetzte und autonome Mobilität unterstützen.

Was nach Zukunft klingt, ist in Forschungsprojekten und Pilotversuchen bereits Gegenwart. Etwa in den Niederlanden, wo mit der Integration von LED-Leuchtmittel und fluoreszierender Farbe eine sichere und energiesparende Straße getestet wird oder in unserem Nachbarbundesland Bayern, wo die Autobahn A9 zwischen München und Nürnberg zum „Digitalen Testfeld“ wird. Sie soll den Anforderungen einer digitalen Gesellschaft gerecht werden – durch den Einsatz von umfangreicher Verkehrstelematik und einer Teststrecke für autonomes Fahren.

Auch in Oberösterreich sollten die neuen Entwicklungen weiter verfolgt und die Möglichkeit von Teststrecken bzw. Pilotprojekten geprüft werden. Die Mitkalkulation von neuen technologischen und digitalen Möglichkeiten bei Straßensanierungen und -neubauten wird empfohlen. Im EU-Förderprogramm „Horizon 2020“ werden Projekte für intelligenten, umweltfreundlichen und integrierten Verkehr schwerpunktmäßig gefördert, was es zusätzlich unterstützt in die „intelligente Straße“ der Zukunft zu investieren.

Seitens der Oö. Zukunftsakademie sind weitere Aktivitäten gemeinsam mit Partnern aus Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft geplant. Neue Technologien und mögliche Entwicklungsschritte werden im Dialog mit Experten/innen diskutiert und aufbereitet.

Verwendete Quellen, Stand September 2016:

3M die Erfinder, 2013: Wenn Straßen intelligent werden

<http://die-erfinder.3mdeutschland.de/technologien-und-produkte/wenn-strassen-intelligent-werden>

Amt der Oö. Landesregierung, 2016: Straßenerhaltung, Straßennetz, Straßenprojekt, Straßenverkehr

<https://www.land-oberoesterreich.gv.at/155.htm>

BM für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Deutschland), 2012: Straße im 21. Jahrhundert. Innovativer Straßenbau in Deutschland.- Druckerei des BMVBS, 24 S.

https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Strasse/strasse-im-21-jahrhundert.pdf?__blob=publicationFile

CISCO Pressemitteilung, 2014: Hamburger Hafen implementiert Europas erste intelligente Straße

<http://globalnewsroom.cisco.com/de/de/press-releases/hamburger-hafen-implementiert-europas-erste-intell-nasdaq-csco-1198852>

Die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft, 2016: Horizon 2020 – intelligenter, umweltfreundlicher und integrierter Verkehr

<https://www.ffg.at/intelligenter-umweltfreundlicher-und-integrierter-verkehr>

Die Süddeutsche, 2016: Mit Schallgeschwindigkeit durch die Pipeline

<http://www.sueddeutsche.de/auto/magnetbahn-hyperloop-mit-schallgeschwindigkeit-durch-die-pipeline-1.3075956>

Die Welt, 2015: Die Straße der Zukunft spricht mit unseren Autos

<http://www.welt.de/wirtschaft/article146053517/Die-Strasse-der-Zukunft-spricht-mit-unseren-Autos.html>

Fraunhofer Gesellschaft, 2016: Hocheffizientes induktives Ladesystem für Elektrofahrzeuge

<http://www.fraunhofer.de/de/forschung/forschungsfelder/mobilitaet-transport/automobiltechnologie/hocheffizientes-ladesystem.html>

Golem - IT-News für Profis, 2011: Straßen zu Kraftwerken

<http://www.golem.de/1104/83064.html>

Großmann D., 2015: Induktives Laden für E-Fahrzeuge – ISO/IEC-15118-Standardisierung.- in emobility tec 04/2015, S. 26-29

[http://vector.com/portal/medien/cmc/press/Vector/
EV_Inductive_Charging_EmobilityTec_201510_PressArticle_DE.pdf](http://vector.com/portal/medien/cmc/press/Vector/EV_Inductive_Charging_EmobilityTec_201510_PressArticle_DE.pdf)

Hautière N., et al, 2015: Die Straßen der 5. Generation.- in Spektrum der Wissenschaft 07/15, S. 78-84

Ingenieur.de, 2015: Rotterdam will erste Straße aus Recycling-Kunststoff bauen

[http://www.ingenieur.de/Fachbereiche/Umwelt-Recyclingtechnik/Rotterdam-
Strasse-Recycling-Kunststoff-bauen](http://www.ingenieur.de/Fachbereiche/Umwelt-Recyclingtechnik/Rotterdam-Strasse-Recycling-Kunststoff-bauen)

Kappel, M., 2015: Angewandter Straßenbau. Straßenfertiger im Einsatz.- 2. Auflage, Vieweg + Teubner Verlag, 303 S.

Kurier, Ausgabe Freitag, 2. August 2013: Vernetzte Mobilität.- Sonderbeilage „Techno“, 8 S.

Lamb, M.J., et al: The forever open road – defining the next generation road

<http://perso.lcpc.fr/hautiere.nicolas/pdf/2011/hautiere-piarc11.pdf>

Musk E., 2013: Hyperloop alpha.- spaceX, 57 S.

http://www.spacex.com/sites/spacex/files/hyperloop_alpha-20130812.pdf

Rietz, C. 2015: Firmament im Asphalt.- auf Zeit online

[http://www.zeit.de/2015/42/strassenverkehr-niederlande-design-daan-
roosegaarde](http://www.zeit.de/2015/42/strassenverkehr-niederlande-design-daan-roosegaarde)

TU München, Lehrstuhl für Verkehrstechnik, 2015: Intelligente Straßen für Intelligente Mobilität

[https://www.vt.bgu.tum.de/fileadmin/w00bnf/www/VKA/2015/
Intelligente_Strassen_Custodis.pdf](https://www.vt.bgu.tum.de/fileadmin/w00bnf/www/VKA/2015/Intelligente_Strassen_Custodis.pdf)

ZDnet, 2012: Here´s the smart road of the future

<http://www.zdnet.com/article/heres-the-smart-road-of-the-future/>



Kontakt:

Amt der Oö. Landesregierung
Direktion Präsidium

Oö. Zukunftsakademie

4021 Linz • Kärntnerstraße 10-12

Tel.: (+43 732) 77 20-144 02

Fax: (+43 732) 77 20-21 44 20

E-Mail: zak.post@ooe.gv.at

Internet: www.ooe-zukunftsakademie.at
www.land-oberoesterreich.gv.at

Ansprechperson:

Mag. Dr. Reingard Peyrl, MSc

