



Life BrennerLEC

Brenner Lower Emissions Corridor



Executive summary

Ziel des Brenner-Low-Emissions-Korridors (BrennerLEC) war es, den Verkehr entlang der Brennerachse mit mehr Rücksicht auf die Gesundheit der lokalen Bevölkerung zu gestalten und mit den geografischen Gegebenheiten des Territoriums vereinbar zu machen, um die wertvolle durchquerte alpine Umwelt zu schützen.

Darüber hinaus sah das Projekt vor, sich einer umfassenderen Herausforderung zu stellen: Erhöhung der Verkehrssicherheit, Erhöhung der Kapazität und Optimierung der Verkehrsströme, Reduzierung ihrer Umweltbelastung und minimale Unannehmlichkeiten für die Verkehrsteilnehmer.

Entlang einer Teststrecke der Autobahn A22 wurde ein **emissionsarmer Korridor (auf Englisch Low Emission Corridor - LEC)** realisiert. Entlang dieses Korridors wurden Straßenverkehrskontrollen durchgeführt, um die Emissionen von Luftschadstoffen durch den Transitverkehr zu reduzieren, ohne den Fahrzeugverkehr einzuschränken.



Abbildung 1. Brennerautobahn in Italien

Bei frei fließendem Verkehr:

- Reduzierung der NO_2 -Konzentration am Straßenrand um ca. 10% bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeitsreduzierung von 14 km/h.
- Reduzierung von ca. 8% der CO_2 -Emissionen und 16% der NO_2 -Emissionen bei höherem Verkehrsaufkommen, das zu einer höheren Fahrkonditionierung führt.

Bei stark überlastetem Verkehr:

- Verkürzung der Reisezeiten um ca. 10% bei ähnlichem Verkehrsaufkommen und Reduzierung von Stausituationen.
- Deutliche Verbesserung der Verkehrssicherheit (Unfallrate nahe Null bei aktiven dynamischen Geschwindigkeitsbegrenzungen).

Das fünfjährige Projekt startete im September 2016 und endete im September 2021.

Insgesamt fast 5.500 Teststunden, die während des Projekts durchgeführt wurden, lieferten solide Beweise für die Vorteile der getesteten Kontrollmaßnahmen für Umwelt, Verkehrsfluss und Sicherheit.

Um einen langfristigen Nutzen über die Projektlaufzeit hinaus zu gewährleisten, wurden die BrennerLEC-Ergebnisse zur Grundlage für den emissionsarmen Brenner Digital Corridor gemacht, der die getesteten Kontrollmaßnahmen (in Verbindung mit anderen Maßnahmen) auf der gesamten Autobahn A22 umfassend nachbilden soll.

Kontrollmaßnahmen und Testbereiche

Lage: Autobahnabschnitt A22, 91 km lang, zwischen Bozen Nord und Rovereto Süd (genannt "BLEC-ENV").

Ziel: Vorbildfunktion für die Ausweitung der Maßnahmen auf den gesamten Alpenautobahnabschnitt.

Drei Maßnahmen wurden während des Projekts getestet.

1. Dynamisches Autobahnkapazi-

tätsmanagement (BLEC-ENV)

zur Reduzierung der Geschwindigkeitsbegrenzungen je nach Verkehrsfluss und zur vorübergehenden Einführung einer zusätzlichen dritten Spur in Stoßzeiten.

2. **Dynamisches Management von Geschwindigkeitsbegrenzungen (BLEC-AQ)** für leichte Fahrzeuge basierend auf den aktuellen und prognostizierten Luftqualitätsbedingungen.

3. **Dynamisches integriertes Verkehrsmanagement (BLEC-LEZ)** zur Verbesserung der Koordination und Verwaltung von Reiseinformationskanälen in städtischen Gebieten, um Verkehrsteilnehmer auf empfohlenen Routen zu führen.

Um positive Ergebnisse zu erzielen, mussten die Maßnahmen im Verhältnis zu ihrem potenziellen Nutzen stehen. **Dynamische Geschwindigkeitsbegrenzungen** sollten beispielsweise nur verwendet werden, wenn in Echtzeit vorhergesagte Verkehrs-, Wetter- und Luftqualitätsbedingungen darauf hindeuten, dass mit ihrer Anwendung erhebliche Auswirkungen erzielt werden können.

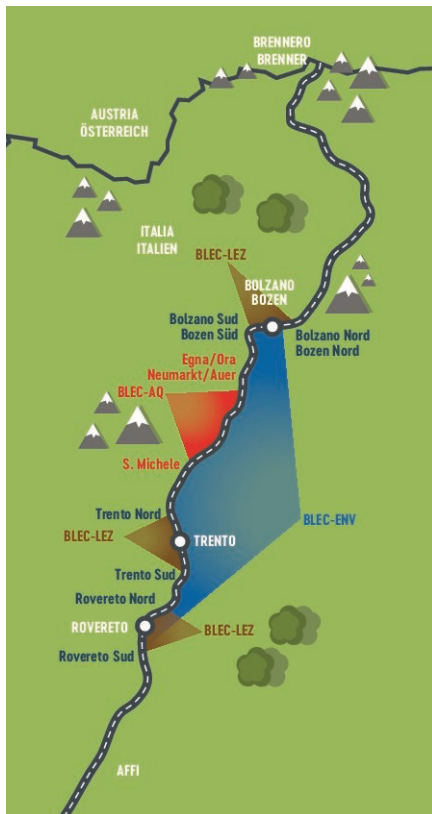


Abbildung 2. Umsetzungsbereiche des BrennerLEC-Projekts

Das Problem

Luftverschmutzung schädigt die menschliche Gesundheit und kostet die europäische Wirtschaft zwischen 427 und 790 Milliarden Euro pro Jahr!¹

Europäische Stadtbehörden richten Umweltzonen (auf Englisch Low Emission Zones - LEZ) ein, um Luftschadstoffe aus dem Stadtverkehr zu reduzieren. Die Zufahrt zu LEZ-Zonen für die umweltschädlichsten Fahrzeuge wird durch die Zahlung einer Maut reguliert oder ganz verweigert.

Kleinere Ballungsräume und Bergregionen wie die Alpen brauchen alternative oder zusätzliche Lösungen.

Im Sommer ist die Luft im Talgrund im Allgemeinen sauber. Wenn die Sonne scheint und der Wind weht,

hält ein kontinuierlicher Luftaustausch die Schadstoffbelastung niedrig. Im Winter ist die Situation umgekehrt. Der Luftaustausch ist begrenzt und die **Schadstoffbelastung konzentriert sich auf die Talsohle.**

Entlang Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen, insbesondere entlang von Autobahnen, kann es vorkommen, dass die Menge an Stickstoffdioxid-Emissionen und anderen Luftschadstoffen aus dem Verkehr die von der Europäischen Union festgelegten akzeptablen Grenzwerte überschreitet. Eine Überschreitung dieser Grenzwerte weist auf ein potenzielles Risiko für die menschliche Gesundheit hin und **kann akute und chronische Erkrankungen der Atemwege und des Herz-Kreislauf-Systems verursachen und die Rate vorzeitiger Todesfälle erhöhen.**

Die Autobahn A22 durchquert die Städte Bozen und Brixen in Südtirol sowie die Städte Trient und Rovereto im Trentino in Italien. Es wird geschätzt, dass der Verkehr für etwa 60 Prozent der gesamten NOx-Emissionen (Stickstoffoxide) in der Region verantwortlich ist.

Als Ergebnis und unter Einbeziehung der Umweltschutzbehörden der Autonomen Provinzen Bozen und Trient beschloss ein lokales öffentlich-privates Konsortium im Jahr 2016, das BrennerLEC-Projekt (kofinanziert von der Europäischen Kommission im Rahmen des LIFE-Programms) umzusetzen.

Lösungsvorschlag: der emissionsarme Brennerkorridor

Das Projekt Brenner Low Emission Corridor (BrennerLEC) hat sich zum Ziel gesetzt, die **Luftqualität zu verbessern, das Klima zu schützen und Lärm zu reduzieren.**

Im Rahmen des Projekts wurde das Konzept des „Low Emission Corridors“ (LEC) erstellt. **Das LEC verwendet Maßnahmen zum Verkehrsmanagement auf der Autobahn, um die Emissionen von Luftschadstoffen, die durch den Transitverkehr entstehen, zu reduzieren, ohne den Fahrzeugverkehr einzuschränken.**

Die **Kontrollmaßnahmen basieren hauptsächlich auf dynamischen Geschwindigkeitsbegrenzungen. Sie zielen hauptsächlich auf Diesel-Pkw**



Abbildung 3. Ansicht von Bozen von oben

¹ CAFE Reference Documents. European Commission. <https://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/general/keydocs.htm>.

ab, die typischerweise mit höheren Geschwindigkeiten fahren und daher höhere NOx-Emissionen erzeugen als schwere Lkw, die bereits mit der optimalen Geschwindigkeit fahren.

Im Rahmen des Projekts sollte festgelegt werden, wie durch Verkehrsmanagementmaßnahmen die größten Umwelt- und Verkehrsvorteile **mit den geringsten Unannehmlichkeiten für die Verkehrsteilnehmer** erreicht werden können.

Das implementierte technologische System

Damit die Verkehrsmanagementzentrale der A22 dynamische Geschwindigkeitsbegrenzungen aktivieren kann, wurde ein komplexes Intelligentes Verkehrssystem (auf Englisch *intelligent transportation system - ITS*) entwickelt.

Die **Prognosekette** nutzt die Datenintegration des Open Data Hub2, einer von NOI Techpark entwickel-

ten offenen Plattform, in der alle relevanten Sensormessungen gesammelt werden. Die sogenannte „Traffic State Machine“ ermittelt die Verkehrslage in Echtzeit und schlägt je nach **Staubniveau unterschiedliche dynamische Geschwindigkeitsbegrenzungen vor**.

Um zu bestimmen, **wann dynamische Geschwindigkeitsbegrenzungen erforderlich sind, um hohe NO2-Werte zu bewältigen**, werden Daten zu Verkehrsemissionen, Wettervorhersagen und atmosphärische Stabilität sowie Schätzungen der Stickoxidkonzentrationen ausgewertet.

Das System unterstützt auch das dynamische integrierte Management des Verkehrsflusses zwischen der Autobahn und den wichtigsten Ballungszentren der Region, beispielsweise für die **Umleitung von Transitfahrzeugen**.

Test

Über fünf Jahre wurde intensiv getestet. Die Tests betrafen hauptsächlich dynamische Geschwindigkeitsbegrenzungen, die durch schlechte Luftqualitätsbedingungen ausgelöst wurden (hauptsächlich gekennzeichnet durch die Verwendung des empfohlenen Geschwindigkeitspiktogramms) und dynamische Geschwindigkeitsbegrenzungen, die durch starke Verkehrsbedingungen ausgelöst wurden.

Mehr als 4.700 Teststunden wurden mit dynamischen Geschwindigkeitsbegrenzungen durchgeführt, die durch schlechte Luftqualität ausgelöst wurden, und mehr als 750 Teststunden wurden mit dynamischen Geschwindigkeitsbegrenzungen durchgeführt, die durch starke Verkehrsbedingungen ausgelöst wurden. Diese Tests fanden seltener statt, da die notwendigen Stau-

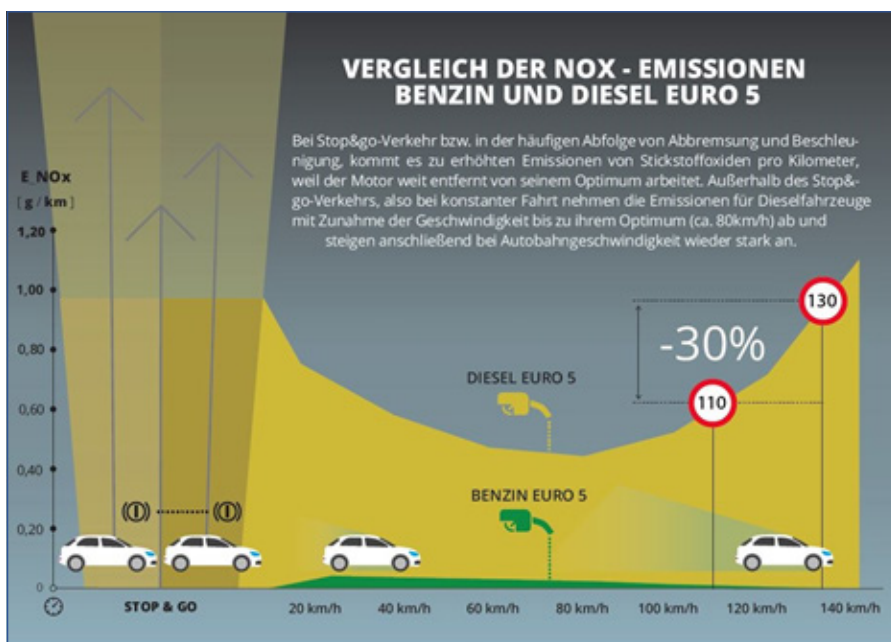


Abbildung 4. Emissionen und Emissionsfaktoren entlang der A22

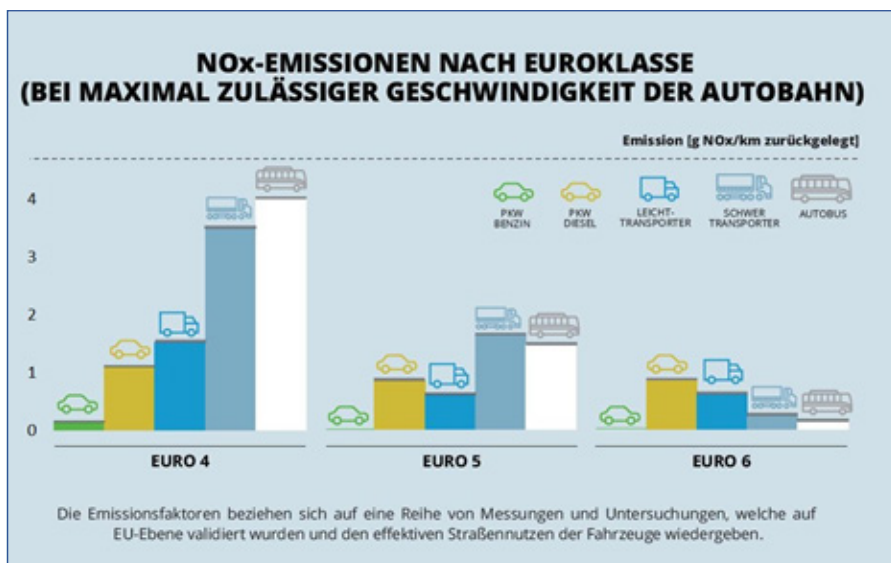
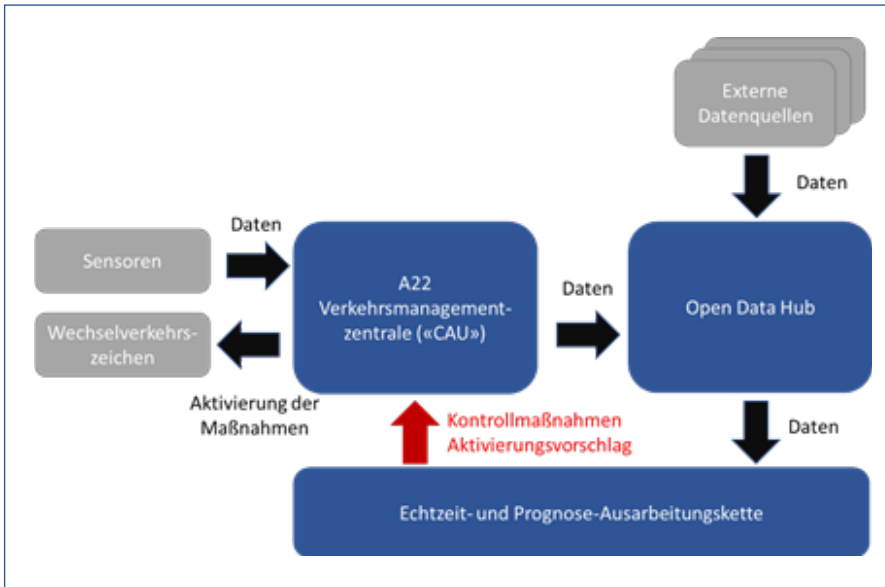


Abbildung 5. ITS-System implementiert, um die dynamische Geschwindigkeitsreduzierung zu aktivieren



bedingungen typischerweise auf die Weihnachtszeit und die Frühlings- / Sommerwochenenden beschränkt sind.

In Italien ist die **Aktivierung dynamischer Geschwindigkeitsbegrenzungen ausschließlich aus Umweltgründen derzeit nicht erlaubt**. Dies schränkte die Einhaltung dynamischer Geschwindigkeitsbegrenzungen durch die Fahrer erheblich ein und damit die Fähigkeit des Projekts, die Auswirkungen dieser Begrenzungen bei deren Einhaltung zu messen.

„Gamification“ wurde verwendet, um diese Herausforderung zu meistern. Es wurde eine mobile Anwendung entwickelt, die einem Fahrer automatisch Punkte zuspricht oder abzieht, je nachdem, ob er die reduzierten Geschwindigkeitsbegrenzungen auf der Autobahn einhält. Benutzer mit den meisten Punkten können Preise gewinnen. Mehr als 100 User nahmen aktiv am Pilotprojekt teil, fuhren mehrmals auf der Teststrecke und sammelten Punkte; etwa die Hälfte schaffte es, eine positive Punktzahl zu erreichen, d. h. die reduzierte Referenzgeschwindigkeit von durchschnittlich 100 km/h einzuhalten.

Ergebnisse

Fünf Jahre intensiver dynamischer Geschwindigkeitsbegrenzungen auf der Autobahn A22 erbrachten solide Beweise für den Nutzen einer solchen Maßnahme.

Umwelt

Die erhobenen Daten zur **Emissionsminderung im Zusammenhang mit dem durchschnittlichen Fahrverhalten** (Tabelle 1) zeigen die Wirksamkeit dynamischer Geschwindigkeitsbegrenzungen bei der **Verringerung der Treibhausgasemissionen**.

In Situationen mit intensiverem Verkehrsaufkommen, die insbesondere im Sommer 2021 zu beobachten waren, lieferte das vorgeschlagene Geschwindigkeitsszenario im Vergleich zum BAU-Szenario ebenfalls interessante Ergebnisse, die denen des verbindlichen Geschwindigkeitsbegrenzungsszenarios entsprechen. Dieses Ergebnis wird jedoch wahrscheinlich stärker durch den Verkehr selbst als durch die vorgeschlagene Maßnahme beeinflusst, obwohl Fahrzeuge, die die vorgeschlagene Geschwindigkeitsbegrenzung einhalten, einen großen Einfluss auf das Fahrverhalten anderer Fahrzeuge in der Umgebung haben können.

In Bezug auf die Schadstoffkonzentrationen **am Straßenrand zeigten die Luftqualitätsmessungen, die von den Umweltschutzbehörden durchgeführt wurden, eine Verringerung der NO₂-Konzentration um 10% bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeitsreduzierung von 14 km/h** (von 123 km/h ohne aktivierte dynamische Geschwindigkeitsbegrenzung auf 109 km/h).

Szenario	NO _x -Emissionsszenario/BAU-Szenario-Emissionen [%]	CO ₂ -Emissionsszenario/BAU-Szenario-Emissionen [%]
BAU-Szenario	100.0%	100.0%
Szenario mit empfohlener Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h bei geringem Verkehrsaufkommen (real)	95.6% (-4.4%)	98.0% (-2.0%)
Szenario mit einer Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h ohne Abschnittskontrolle (real)	83.5% (-16.5%)	91.6% (-8.4%)
Szenario mit einer Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h mit Abschnittskontrolle (simuliert)	71.2% (-28.8%)	85.3% (-14.7%)

Tabelle 1: Reduzierung der Emissionen in Verbindung mit verschiedenen Referenzszenarien. Die Reduktionen werden mit dem Business-As-Usual (bau)-Referenzszenario (ohne dynamische Geschwindigkeitsbegrenzungen) verglichen.

Verkehrsflüsse

Die dynamischen Geschwindigkeitsbegrenzungen ermöglichen im Vergleich zu Standardbedingungen eine Optimierung des Verkehrsflusses und damit eine Reduzierung von Staus, Stop & Go-Situationen und Fahrzeiten. In Stauzeiten oder in der Nähe von Staus hat die Anwendung dynamischer Geschwindigkeitsbegrenzungen das Potenzial, die Flüssigkeit des Verkehrs zu erhöhen. Die Schätzungen auf der Grundlage eines Vergleichs zwischen Referenztagen mit hohem Verkehrsaufkommen, die mit und ohne dynamische Geschwindigkeitsbegrenzungen bewältigt wurden, zeigten im Durchschnitt eine **Verringerung der Gesamtreisezeit um etwa 10 %** auf der Teststrecke mit vergleichbarem Verkehrsaufkommen und die Möglichkeit, den Fahrern **selbst bei einem Anstieg des Verkehrsaufkommens um 10 % ähnliche Reisezeiten zu ermöglichen**. Bemerkenswert ist die starke **Reduzierung der Störungsdauer**, die sich um durchschnittlich **1-2 Stunden pro Tag** verringert hat.

Lärmminderung

In Bezug auf die Auswirkungen auf den Lärm hat sich herausgestellt, dass die hohe Präsenz von LKWs auf der Fahrspur der dominierende Faktor für den Lärmpegel am Straßenrand ist. Der Beitrag dieser Pilotmaßnahme wird auf unter 2 dB(A) geschätzt.

Verkehrssicherheit

Die Maßnahmen **haben auch das bereits hohe Verkehrssicherheitsniveau erhöht**, wobei kaum Unfälle während der Testaktivitäten verzeichnet wurden.

Fazit

Fünf Jahre intensiver Tests dynamischer Geschwindigkeitsbegrenzungen auf der Autobahn A22 haben **solide Beweise erbracht, die die Vorteile für die Umwelt, den Verkehrsfluss und die Sicherheit belegen**.

Die Arbeit muss nun in größerem Maßstab wiederholt werden, um einen maximalen und langfristigen Nutzen für die Umwelt zu erzielen.

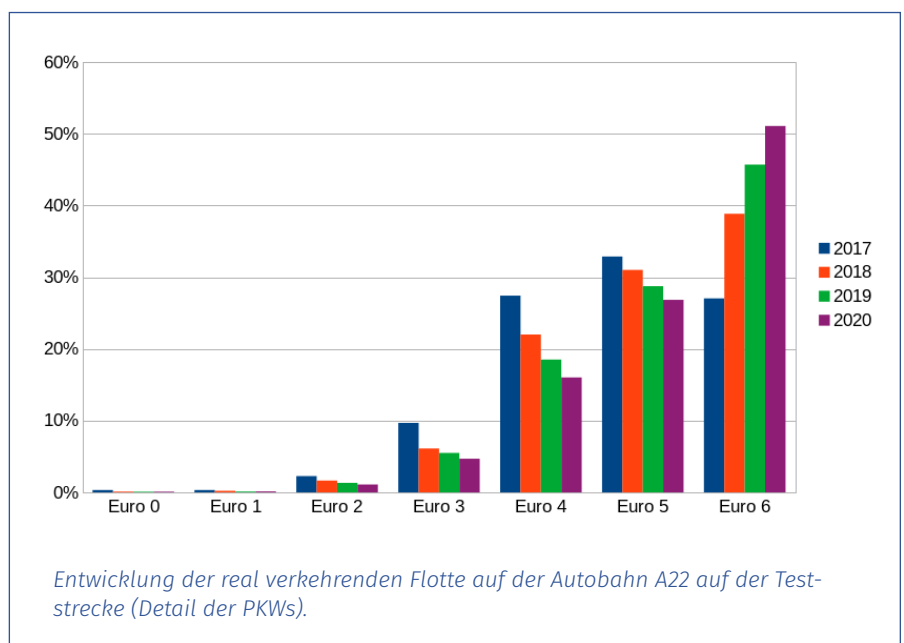
Die Ergebnisse hängen stark vom Fahrverhalten ab: **je mehr die Fahrer die dynamischen Geschwindigkeitsbegrenzungen einhalten und ein sanftes Fahrverhalten zeigen, desto größer sind die beobachteten Vorteile**.

Auch der mögliche Mehrwert der Sanktionssysteme wurde bewertet. Die Projekterfahrung verdeutlichte jedoch die Notwendigkeit, die Fahrer zu ermutigen, die vorgeschlagenen dynamischen Geschwindigkeitsbegrenzungen freiwillig einzuhalten. **Eine App-basierte Belohnungsinitiative, die ein Konzept der „Gamification“ umsetzt - weltweit wahrscheinlich der erste Versuch dieser Art im Autobahnbereich**

- hat enormes Potenzial gezeigt, um die freiwillige Einhaltung von Geschwindigkeitsbegrenzungen durch Autofahrer zu fördern.

Es wurde eine Methode vorgeschlagen, um die **am besten geeigneten Autobahnabschnitte zu bestimmen, die mit den BrennerLEC-Maßnahmen verwaltet werden sollen** und um das Gleichgewicht zwischen erwartetem Nutzen und notwendigen IVS-Investitionen an der Straße wie Wechselverkehrszeichen zu optimieren. Die Arbeiten werden in Zusammenarbeit mit den österreichischen und deutschen Autobahnbetreibern durchgeführt. Weitere relevante Themen werden untersucht, wie beispielsweise die Kontrolle des ein- und ausgehenden Verkehrsflusses an Mautstellen.

Diese Arbeit, die auf die aktuelle Autobahnsituation in den verschiedenen durchquerten Mitgliedstaaten angewendet wird, **hat auch die Notwendigkeit hervorgehoben, die einschlägigen europäischen Vorschriften zu aktualisieren/umzusetzen**, damit die Fahrer ein einheitliches Fahrlebnis auf dem gesamten Brennerkorridor genießen können.



Ausblick

Um einen langfristigen Umweltnutzen zu gewährleisten, bilden die Ergebnisse des BrennerLEC-Projekts die Grundlage für den emissionsarmen Brenner Digital Corridor, der darauf abzielt, diese und andere Maßnahmen auf die gesamte Autobahn A22 zu übertragen. Der Korridor wird von einer künftigen C-ITS-Hybridinfrastruktur (Cooperative Intelligent Transport System) profitieren.

Zukünftige vernetzte und automatisierte Fahrzeuge (auf Englisch *Connected and Autonomous Vehicles* – CAV) werden automatisch Informationen über aktive dynamische Geschwindigkeitsbegrenzungen erhalten und ihre Geschwindigkeit entsprechend anpassen. Diese kooperativen Szenarien befinden sich in der Forschungs- und Entwicklungsphase und erste Pilotversuche wurden bereits entlang der A22 durchgeführt.

Jährliche Studien zeigen, dass die Erneuerung der Fahrzeuge auf der Autobahn A22 in Bezug auf die EURO-Klasse schnell erfolgt, jedoch ohne signifikante Änderungen der Treibstoffart. Die Mehrheit der Transitfahrzeuge sind leichte Dieselfahrzeuge, deren Anteil von 75 % im Jahr 2017 auf 82 % im Jahr 2019 gestiegen ist. **Eine bemerkenswerte Zunahme „sauberer“ Fahrzeuge** (z. B. neuere EURO-6-, Hybrid- oder vollelektrische Personenkraftwagen) **wird in den kommenden Jahren erwartet.**

Der vorgeschlagene Plan für die umfassende Anwendung dynamischer Geschwindigkeitsbegrenzungen berücksichtigt diese Herausforderungen. Es zielt darauf ab, die bestmögliche Balance zwischen den erwarteten Auswirkungen und den notwendigen Investitionen sicherzustellen.

Es wurde ein Verfahren zur Verwendung dynamischer Geschwindigkeitsbegrenzungen für Luftqualitätszwecke vorgeschlagen.

- Berechnung einer detaillierten Karte der durchschnittlichen Hintergrundschadstoffkonzentrationen, d. h. ohne den Beitrag des Verkehrs der Autobahn A22.
- Bewertung der durchschnittlichen Luftqualität an der Autobahn.

Die Anwendung dieser Methode wird dazu führen, dass die meisten

dynamischen Geschwindigkeitsbegrenzungen in den am dichtesten besiedelten Gebieten implementiert werden, die den größten Luftqualitätsproblemen ausgesetzt sind. Hinsichtlich dynamischer Geschwindigkeitsbegrenzungen bei hohem Stauaufkommen orientiert sich die Planung konsequent am Vorhaben der A22, zwischen den Autobahnstationen Bozen Süd und Verona Nord (ca. 140 km) auf beiden Richtungsfahrbahnen eine Pannestreifenfreigabe und Wechselverkehrszeichen in einem reduzierten Abstand vorzusehen.

Vorgeschlagene neue Teststrecken



Projekt Details

Titel:	BrennerLEC Brenner Lower Emissions Corridor
Akronym:	LIFE BrennerLEC
Referenz:	LIFE15 ENV/IT/000281
Website:	www.brennerlec.life
Startdatum:	1 September 2016
Enddatum:	30 September 2021
Dauer:	5 Jahre, 30 Tage
Gesamtbudget:	€ 4.018.005
EU-Beitrag:	€ 1.922.772

Koordinierender Begünstigter

Name:	Autostrada del Brennero S.p.A./ Brennerautobahn AG
Rechtsform:	Privatunternehmen
Kontaktname:	Ilaria De Biasi
E-mail:	ilaria.debiasi@autobrennero.it
Telefon:	0039 0461 212809

Partner

Die Brennerautobahn ist seit 1959 Baumeister und Verwalter der Autobahn A22 und hat daher Erfahrung in der Verwaltung einer Autobahn in engem Kontakt mit der alpinen Umgebung. Sie muss sich auch täglichen Problemen im Zusammenhang mit der Verwaltung des Schwer- und Touristenverkehrs stellen.

Die Umweltagenturen von Bozen und Trient sind die Provinzbehörden für die Kontrolle und das Management der Luftqualität und verantwortlich für die Planung der Umweltschutzpolitik.

Die Universität Trient bietet wissenschaftliche Expertise in der Umwelttechnik, insbesondere im Bereich der Meteorologie und im Management mathematischer Vorhersagemodelle.

CISMA ist ein lokales Unternehmen, das sich auf Umweltbewertungen und die Entwicklung und Verwendung komplexer Berechnungsalgorithmen zur Implementierung von Entscheidungsunterstützungssystemen spezialisiert hat.

NOI Techpark ist ein technologisches Innovationszentrum, das die lokale Industrie unterstützt, mit spezifischen Kompetenzen im Bereich „intelligente Mobilität“ und mit mehreren Erfahrungen im Management von EU-Projekten. NOI Techpark ersetzt seit 1.1.2019 die IDM Südtirol / Alto Adige im Konsortium.

Das Projekt wurde auch extern von Beobachtern mit technischem und strategischem Wert unterstützt. Dazu gehören das Umweltministerium, das Verkehrsministerium, **der österreichische Autobahnbetreiber (ASFINAG) und die Umweltagenturen der Regionen Lombardei, Emilia Romagna und Veneto.**