



Anwendung der dynamischen Tempolimits auf der A22

Zusammenfassender Bericht der dritten Testphase





Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1. Anwendung der dynamischen Tempolimits zum Schutz der Umwelt.....	2
1.1 Testaktivierungszeiträume B4	4
1.2 Unterbrechung der 3. Testphase- Notfall "Covid-19"	4
1.3. Einhaltung des empfohlenen reduzierten Geschwindigkeitssignals	5
1.4 Emissionen und Reduzierung der Konzentrationen am Straßenrand.....	6
1.5 Emissionsbewertung mit hypothetischen Szenarien des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer	9
2. Anwendung der dynamischen Tempolimits für die Verbesserung der Verkehrssituation	10
3. Zukünftige Entwicklungen.....	13



Zusammenfassung

Dieses Dokument beinhaltet die Hauptergebnisse der 3. Testphase des EU-Life Projekts BrennerLEC.

In der 3. Phase des Projekts BrennerLEC, vom Oktober 2019 bis März 2019, wurden Experimente zur dynamischen Geschwindigkeitsreduzierung für Umweltzwecke und zur Optimierung der Autobahnkapazität durchgeführt.

Die Tests mit dynamischen Geschwindigkeitsbegrenzungen für Umweltzwecke zeigten eine signifikante Abnahme bei der Einhaltung der empfohlenen Geschwindigkeitsanzeige im Vergleich zu Phase 2. Deswegen wurden für die Umwelt, insbesondere in Bezug auf Stickstoffdioxid Konzentrationen auf der Autobahn, keine signifikanten Ergebnisse aufgezeichnet. Dieses Ergebnis wurde durch den Vergleich zwischen den geschätzten Emissionen mit einem "Business as usual"-Szenario und denen mit den tatsächlich während der Tests der 3. Phase gemessenen Geschwindigkeiten bestätigt: dieser Vergleich ergab einen Rückgang der NO_x-Emissionen von nur 4%, was zu niedrig ist, um signifikante Abnahmen der Stickstoffdioxidkonzentrationen auf der Autobahn zu messen. Die Schätzung der Emissionen von leichten Fahrzeugen in verschiedenen Szenarien zur Einhaltung der Geschwindigkeitsbegrenzung hat dennoch das Potenzial dieser Maßnahme bestätigt. Insbesondere wurde hervorgehoben, dass die Einführung eines Geschwindigkeitsregelungssystems vom Typ Abschnittskontrolle zu einer Reduzierung der NO_x-Emissionen von 25% führen könnte.

Die Anwendung der dynamischen Geschwindigkeitsbegrenzungen an Tagen mit starkem Verkehr hat gezeigt, wie die Verwendung eines halbautomatischen Verkehrsmanagementsystems sowohl aus Sicht des Transports (Verkehr verflüssigen) als auch aus Umweltsicht (Reduzierung der Emissionen infolge seltener Stop & Go-Situationen) erhebliche Vorteile bringen kann. Die geringe Anzahl der durchgeführten Tests aufgrund der Pandemie des Covid-19 und des daraus erfolgenden drastischen Rückgangs des Verkehrs entlang der Autobahn, ermöglichte jedoch nicht die Erfassung einer großen Anzahl von Daten. Eine weitere Analyse ist daher in der nächsten Phase des Projekts erforderlich, um die erzielten Ergebnisse zu konsolidieren.

Die 3. Phase des Projekts ist besonders wichtig für die Entwicklungen der 4. und letzten Phase des Projekts sowie für die Situation nach dem Projekt, in der die politischen Entscheidungsträger und der Autobahnmanager beschließen können, die verfolgten Strategien des Projekts auf dem gesamten Brenner Alpenkorridor zu erweitern.



1. Anwendung der dynamischen Tempolimits zum Schutz der Umwelt

Während der 3. Phase des Projekts wurden die experimentellen Tests zur dynamischen Reduzierung der Geschwindigkeit für Umweltzwecke durch die Anzeige der Begrenzungen auf digitalen Anzeigetafeln entlang der Autobahn mit verschiedenen Methoden fortgesetzt.

Die Anwendung von Tempolimits aus Gründen des Umweltschutzes hat in der Phase 3, wie auch in der Phase 2, geringere Vorteile als in Phase 1 gebracht, da die Geschwindigkeitsreduzierung der Leichtfahrzeuge während der Versuche geringer war. Dies wurde dadurch verursacht, dass aus regulatorischen Gründen das empfohlene grüne Geschwindigkeitssignal anstelle des in Phase 1 verwendeten roten Tempolimitsignals ersetzt werden musste (Abbildung 1).



Abbildung 1: Hinweis zur Anzeige der empfohlenen Geschwindigkeit und Nachricht "Überwachte Geschwindigkeit"



Die empfohlenen Geschwindigkeitsschilder für Umweltzwecke werden in der 3. Phase des Projekts aktiviert, wann immer die potenziellen Umweltvorteile als erheblich angesehen werden. Diese Umweltvorteile bestehen in einer Verringerung der Stickstoffdioxidkonzentrationen, die potentiell an der Luftqualitätsstation gemessen werden, wenn die Geschwindigkeitsreduzierung aktiv ist, im Vergleich zu den Konzentrationen, die auf der Autobahn ohne Tempolimit gemessen würden. Diese Umweltvorteile sind bei unterschiedlichen Verkehrsbedingungen, atmosphärischer Stabilität und Niederschlag erreichbar und wurden durch die Analyse, der in Phase 1 und 2 gesammelten experimentellen Daten quantifiziert.

Da die Kombinationen der oben genannten Hauptvariablen variieren, ändern sich sowohl die Emissionsquellen als auch das Dispersionsvermögen von Schadstoffen in der Atmosphäre.

Ausgehend von der Prognose des erzielbaren Umweltnutzens wurden daher zwei Szenarien zur Aktivierung der Anzeigetafeln für die Geschwindigkeitsreduzierung definiert, die als „*hard*“ und „*soft*“ bezeichnet werden. Das Szenario *hard* zeigt eine hohe Anzahl von Testaktivierungsstunden an, während das Szenario *soft* eine geringere Anzahl von Aktivierungen beinhaltet. Die beiden Szenarien stellen zwei unterschiedliche Kompromisse zwischen den erreichbaren Umweltvorteilen und den möglichen Unannehmlichkeiten für Autobahnbenutzer aufgrund der Reduzierung der Geschwindigkeitsbegrenzung dar. Das Szenario *hard* ist eher auf die Maximierung des Umweltnutzens ausgerichtet, während das Szenario *soft* darauf abzielt, die Unannehmlichkeiten für die Benutzer zu verringern.



1.1 Testaktivierungszeiträume B4

- Szenario *hard*: 08/10/2019-21/02/2020 (Weihnachtspause: 26/12/2019 – 06/01/2020)
- Szenario *soft*: 22/02/2020-13/03/2020
- Testphase 3 aufgrund des Notfalls "Covid-19" unterbrochen: 14/03/2020

Gesamtdauer der Testsitzungen	1.310 Stunden
Gesamtdauer der Testsitzungen im " <i>hard</i> " Szenario	1.223 Stunden
Gesamtdauer der Testsitzungen im " <i>soft</i> " Szenario	87 ore
Montag	2.6%
Dienstag	18.3%
Mittwoch	16.8%
Donnerstag	17.8%
Freitag	15.2%
Samstag	16.8%
Sonntag	12.5%

*Tabelle 1: Anzahl der Aktivierungen der dynamischen Tempolimits zum Schutz der Umwelt
(Maßnahme B4) in der 3. Phase*

1.2 Unterbrechung der 3. Testphase - Notfall "Covid-19"

Aufgrund des mit der Ausbreitung des SARS-CoV-2-Virus verbundenen Gesundheitsnotstandes hat die italienische Regierung eine Reihe von Maßnahmen zur Bekämpfung der Infektion erlassen. Zu diesen Maßnahmen zählte auch eine starke Einschränkung des Reiseverkehrs. Ab dem 09.03.2020 ist daher der Verkehr auf der A22 wie in ganz Italien erheblich zurückgegangen.

Die Anzahl der PKW auf der Autobahn ist ein wesentlicher Parameter, um die Aktivierung der B4-Tests in der 3. Phase zu bestimmen. Nachdem im März eine geringe Anzahl von PKWs auf der A22 festgestellt wurde, wurden am 13.03.2020 die B4-Tests unterbrochen. Der mit Covid-19 verbundene Notfall dauerte mehrere Monate, weshalb das Projektteam beschloss, die Maßnahmen B3 und B4 der 3. Phase zu unterbrechen und sie im Sommer 2020 mit der letzten Phase des Projekts fortzusetzen.



1.3. Einhaltung des empfohlenen reduzierten Geschwindigkeitssignals

In diesem Abschnitt werden die Analysen in Bezug auf die Einhaltung der empfohlenen Geschwindigkeitsreduzierung aufgeführt.

Die in Phase 2 und Phase 3 gemessenen monatlichen Durchschnittsgeschwindigkeiten von PKWs wurden verglichen, mit dem Ziel, die Einhaltung der empfohlenen Geschwindigkeitsbegrenzung zu quantifizieren und eine mögliche Zunahme der "Gewohnheit" der Autobahnbenutzer gegenüber den angezeigten Schildern zu bewerten. Der Vergleich konnte nur für die Monate durchgeführt werden, in denen der Aufbau des Testabschnitts von einem Jahr zum nächsten gleichwertig war, d.h. für die Monate Dezember, Januar und Februar.

Bei der Analyse der Durchschnittsgeschwindigkeiten, die an den verschiedenen Verkehrsspulen bei km 103 und 107 und in den verschiedenen Fahrbahnen gemessen wurden, wird insbesondere in den Monaten Dezember und Januar ein erheblicher Anstieg der Durchschnittsgeschwindigkeiten zwischen 2. Phase und 3. Phase in der Größenordnung von 3 bis 4 km/h festgestellt. Die Durchschnittsgeschwindigkeit der PKWs während der 2. Testphase betrug 114 km/h, während sie in der 3. Phase 118 km/h betrug. Dieser Anstieg ist wahrscheinlich auf das Phänomen der "Gewohnheit" zu den Anzeigetafeln zurückzuführen.

Darüber hinaus bestätigten die Phase-3-Studien eine geringere Wirksamkeit des empfohlenen Geschwindigkeitssignals in Bezug auf das (obligatorische) Geschwindigkeitsbegrenzungspiktogramm, das während der Versuche der Phase 1 des Projekts verwendet wurde. Während des gesamten Zeitraums der Aktivierung der Umwelttests der Phase 3 betrug die durchschnittliche Geschwindigkeit der PKWs 118 km/h und war damit 9 km/h höher als jene während der Darstellung des vorgeschriebenen roten Tempolimitsignals.

1.4 Emissionen und Reduzierung der Konzentrationen am Straßenrand

Die Analyse der Luftqualitätsdaten, die an den Stationen entlang der Autobahn bei km 103 + 700 und km 107 + 800 gemessen wurden, ermöglichte es, die Umweltvorteile zu quantifizieren, die sich aus der Anwendung der reduzierten Geschwindigkeitsbegrenzung ergeben. Wir konzentrieren uns insbesondere auf Stickstoffdioxid, den Schadstoff, der für dieses Projekt von größtem Interesse ist. Wie in den Abbildungen 14 und 15 ersichtlich, brachten die Tests zur Geschwindigkeitsreduzierung für die Umwelt keine signifikanten Ergebnisse, wobei sich die Konzentrationen zwischen den Zeiträumen mit Geschwindigkeitsreduzierung und denen ohne laufenden Versuchen nicht wesentlich unterschieden. Dieses Ergebnis ist angesichts der höheren Geschwindigkeiten, die während der 3. Testphase im Vergleich zu früheren Projektphasen aufgezeichnet wurden, nicht überraschend.

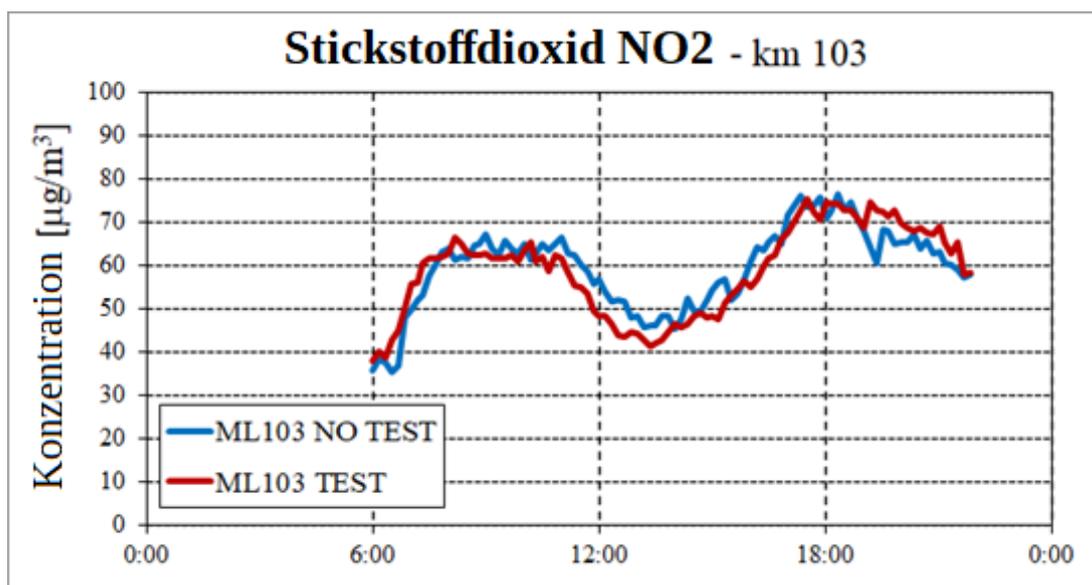


Abbildung 2: Durchschnittliche Tageszyklen von Stickstoffdioxid, gemessen an der Luftqualitätsstation an der Autobahn bei km 103 + 700 während der Geschwindigkeitsreduzierungstests (rote Kurve) und unter Bedingungen einer unveränderten Geschwindigkeitsbegrenzung (blaue Kurve).

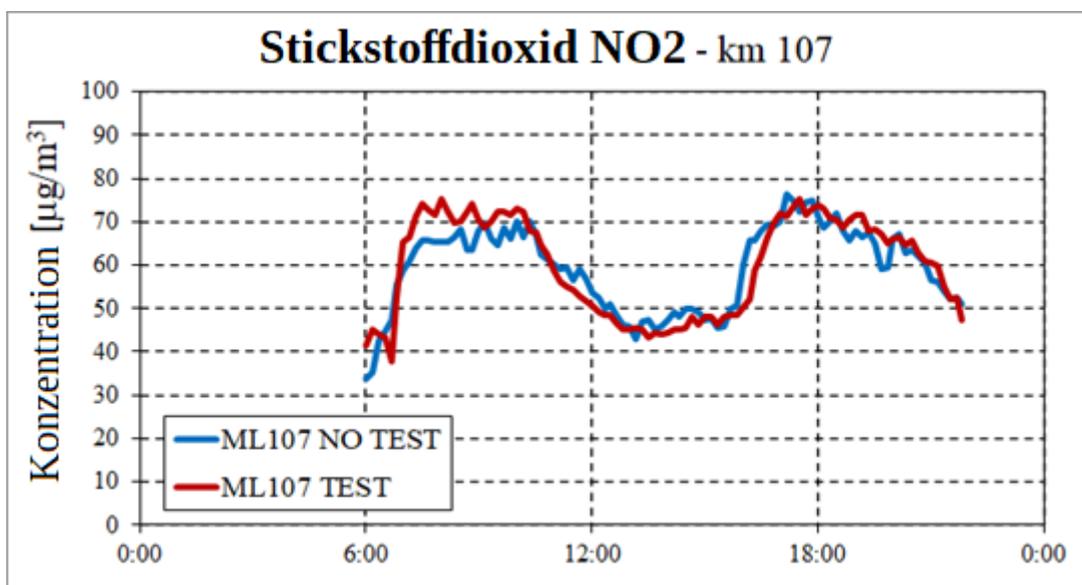


Abbildung 3 Durchschnittliche Tageszyklen von Stickstoffdioxid, gemessen an der Luftqualitätsstation an der Autobahn bei km 107 + 800 während der Geschwindigkeitsreduzierungs-tests (rote Kurve) und unter Bedingungen einer unveränderten Geschwindigkeitsbegrenzung (blaue Kurve).

Die auf der Autobahn gemessene Abnahme der Stickoxidkonzentrationen stimmt auch mit dem Vergleich zwischen den Emissionen dieser Arten in den Tests der Phasen 1, 2, 3 und den Tagen überein, die von den Tests zur Geschwindigkeitsreduzierung nicht betroffen sind (Abbildung 4). Es ist deutlich zu erkennen, dass die größten Emissionsminderungen während der Phase-1-Tests erzielt wurden, während die Phase-2-Tests eine geringere, aber immer noch signifikante Abnahme der Stickoxidemissionen zeigten. Phase-3-Tests waren dagegen durch höhere Stickoxidemissionen als Phase 2 gekennzeichnet, da die gemessenen Geschwindigkeiten höher waren als die von Phase 2.

Ähnliche Überlegungen können auch für die CO₂-Emissionen angestellt werden, die ein ähnliches Verhalten wie die Stickoxidemissionen aufweisen (Abbildung 4).

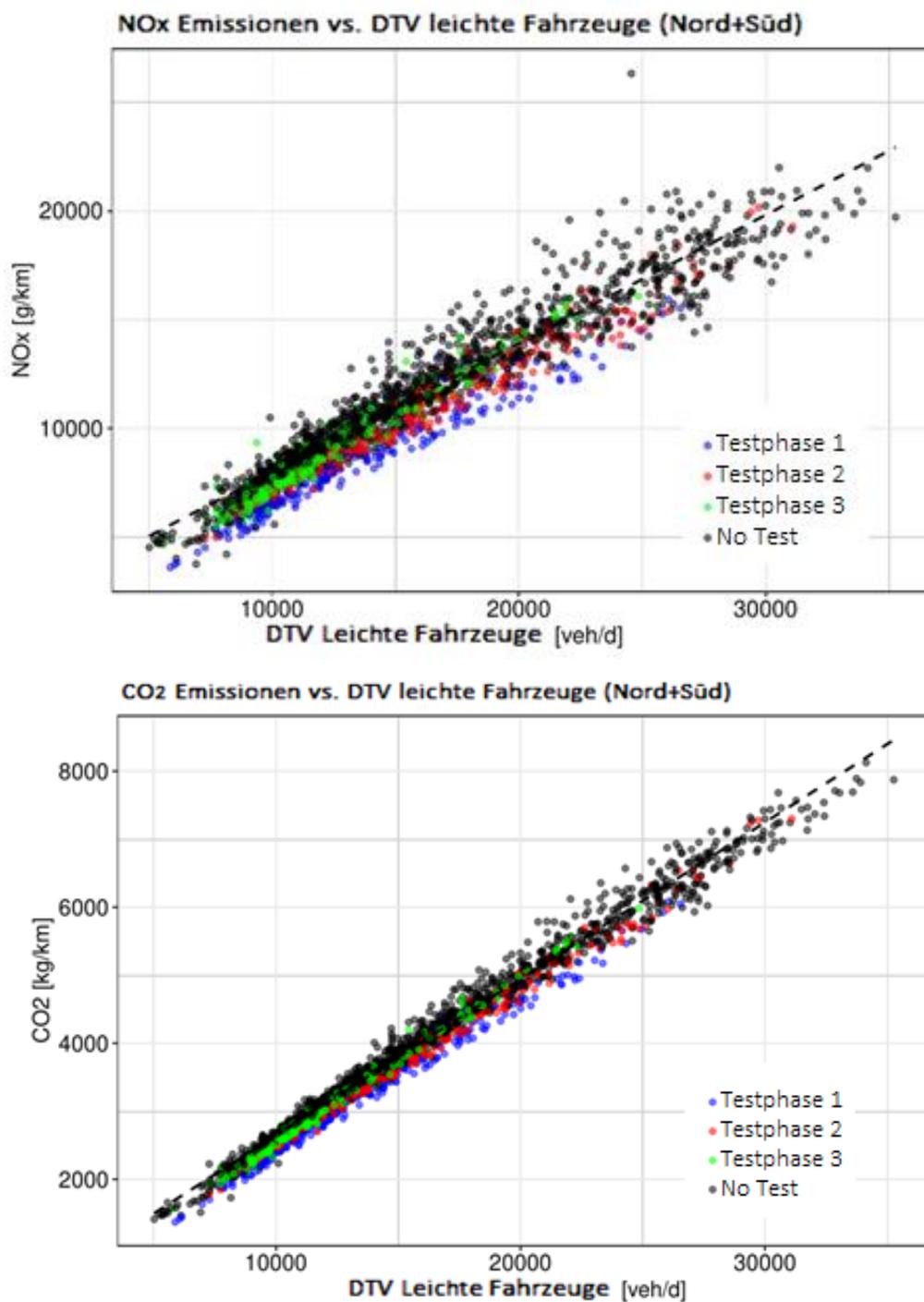


Abbildung 4: Stickoxidemissionen [g/km] und Kohlendioxidemissionen [kg/km] in Abhängigkeit des durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV) - Leichte Fahrzeuge - während 1. Testphase (blaue Punkte), 2. Testphase (rote Punkte), 3. Testphase (grüne Punkte) und Tagen ohne Tests (schwarze Punkte).



1.5 Emissionsbewertung mit hypothetischen Szenarien des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer

Durch die Verwendung der im Rahmen des Projekts entwickelten Modellierungskette konnten die Emissionen geschätzt werden, die unter der Annahme eines unterschiedlichen Verhaltens der Verkehrsteilnehmer, d.h. abhängig von der Geschwindigkeit leichter Fahrzeuge, hätten auftreten können.

Für jedes Szenario wurde die Summe der Emissionen der Phase-3-Tests berechnet.

Das Ergebnis, ausgedrückt in Prozentsatz des BAU-Szenarios (Business As Usual), ist in Tabelle 2 dargestellt.

Szenario	NO _x -Emissionsszenario/BAU-Szenario-Emissionen [%]	CO ₂ -Emissionsszenario/BAU-Szenario-Emissionen [%]
BAU-Szenario	100.0%	100.0%
Reales Szenario Phase 3	95.8% (-4.2%)	98.1% (-1.9%)
Szenario mit einer Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h ohne Abschnittskontrolle	88.0% (-12.0%)	93.9% (-6.1%)
Szenario mit einer Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h mit Abschnittskontrolle	74.6% (-25.4%)	87.1% (-12.9%)

Tabelle 2: Die gesamten NO_x- und CO₂-Emissionen, die während der Teststunden der Phase 3 für die verschiedenen Geschwindigkeitsszenarien als Prozentsatz des BAU-Szenarios erhalten wurden.

Wie man sehen kann, ist das BAU-Szenario, wo die Leichtfahrzeuge ohne Begrenzung und daher mit höheren Geschwindigkeiten fahren, durch höhere Emissionen gekennzeichnet.

Für die anderen Szenarien gilt, je niedriger die Geschwindigkeit desto höher ist die Einhaltung der Grenzwerte, man erzielt einen größeren Umweltvorteil durch das Einsparen von Emissionen.

Insbesondere ist das Szenario mit dem obligatorischen Tempolimit und dem Vorhandensein eines Abschnittskontrollsystems dasjenige, welches durch die niedrigsten Emissionen gekennzeichnet ist, da die Geschwindigkeiten geringer und weniger um den Durchschnittswert verteilt sind.



Die Analyse der auf der Autobahn gemessenen Luftqualitätsdaten ergab, dass die Tests zur Geschwindigkeitsreduzierung keine signifikanten Ergebnisse für die Umwelt gebracht haben. Tatsächlich unterscheiden sich die Konzentrationen zwischen den Zeiträumen mit Geschwindigkeitsreduzierung und denen ohne laufende Versuche nicht wesentlich. Dieses Ergebnis wird durch den Vergleich zwischen den geschätzten Emissionen mit einem "Business as usual"-Szenario und denen mit den tatsächlich während der Tests der Phase-3 gemessenen Geschwindigkeiten bestätigt: dieser Vergleich ergab eine Verringerung der NO_x-Emissionen um nur 4% während der 3. Testphase, wahrscheinlich zu gering, um messbare Auswirkungen auf die Konzentration auf der Autobahn zu haben.

2. Anwendung der dynamischen Tempolimits für die Verbesserung der Verkehrssituation

In der 3. Projektphase wurde das Ausmaß der dynamischen Geschwindigkeitsreduzierung für Verkehrszwecke auf dem gesamten Versuchsabschnitt der Autobahn A22 getestet, einschließlich zwischen den etwa 90 km voneinander entfernten Autobahnmautstellen Bozen Nord und Rovereto Süd. Insbesondere wurden die Tests auf der südlichen Fahrbahn unter Verwendung eines halbautomatischen Verkehrsmanagementsystems durchgeführt, das im Vergleich zur vorherigen Phase verbessert wurde. Die getesteten 90 km wurden in 3 Unterabschnitte unterteilt:

- der T1-Abschnitt zwischen km 77 und km 100;
- der T2-Abschnitt zwischen km 100 und km 138;
- Abschnitt 3 zwischen km 138 und km 167.

Insgesamt wurden 15 Testtage für 64 Stunden durchgeführt (Tabelle 3).

Anzahl der Testsitzungen	15
Samstags	2
Sonntags	7
In den Ferien und an anderen Tagen mit intensivem Verkehr	4
Anzahl der Teststunden	64 Stunden

Tabelle 3: Zusammenfassung der Testsitzungen mit den für Verkehrszwecke angewandten dynamischen Tempolimits.

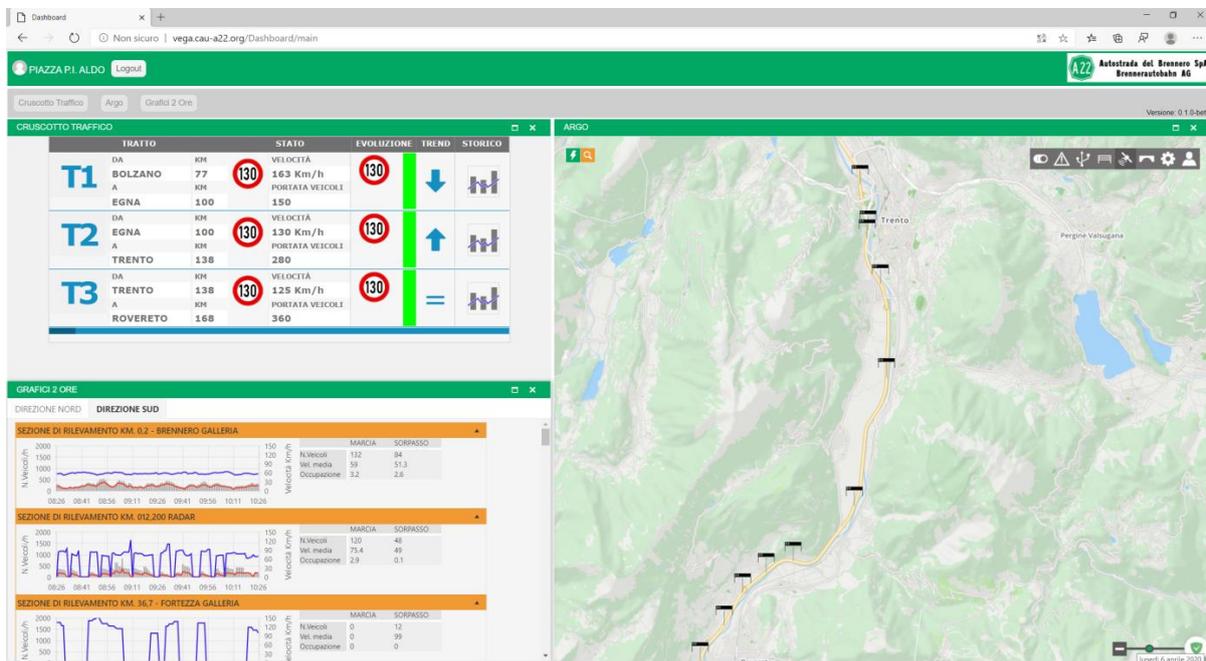


Abbildung 5: Layout des neuen halbautomatischen Verkehrsmanagementsystems

Aus verkehrstechnischer Sicht, wie bereits in Phase 2 beobachtet, konnte das halbautomatische Geschwindigkeitsbegrenzungs-Managementsystem an mehreren Tagen der Phase 3 das Auftreten von Stop & Go-Episoden reduzieren und die durchschnittliche Geschwindigkeit erhöhen und folglich die Fahrzeiten verkürzen. In anderen Fällen, trotz der Verwendung des implementierten Systems, war es durch die Verkehrsbedingungen nicht möglich, Stop & Go-Phänomene mit Warteschlangen und Verlangsamungen zu vermeiden.

Im Allgemeinen ist die Verwendung eines halbautomatischen Systems zur Verwaltung dynamischer Geschwindigkeitsbegrenzungen von großer Bedeutung, da durch die Anpassung der Geschwindigkeitsbegrenzungen an den Verkehr die Geschwindigkeiten einzelner Fahrzeuge tendenziell homogener werden und die Wahrscheinlichkeit verringert wird, dass Störungsphänomene auftreten.

Die Abbildung 6 zeigt die Emissionen von Kohlendioxid CO₂ und Stickoxiden NO_x in den verschiedenen Tagen seit Beginn des Experiments bis März 2020. Diese Emissionen beziehen sich nur auf leichte Fahrzeuge pro gefahrenen Kilometer. Der graue Puffer entlang der Trendkurve stellt den Bereich des Diagramms dar, in dem hinsichtlich der Emissionen die besten Bedingungen in Bezug auf die durchschnittliche Tagesgeschwindigkeit vorliegen, berechnet anhand der geschätzten Emissionen der Fahrzeugflotte von PKWs.

Wie bereits für die Daten der Phase-2 beobachtet, waren die Verkehrsbedingungen in einigen Fällen auch für die Experimentiertage der Phase 3 so, dass ein flüssigerer Verkehr und geringe Emissionen garantiert wurden. In anderen Fällen waren die Emissionen viel höher als bei einer konstanten Geschwindigkeit, gerade aufgrund des kontinuierlichen Auftretens von Stop & Go-Phänomenen.

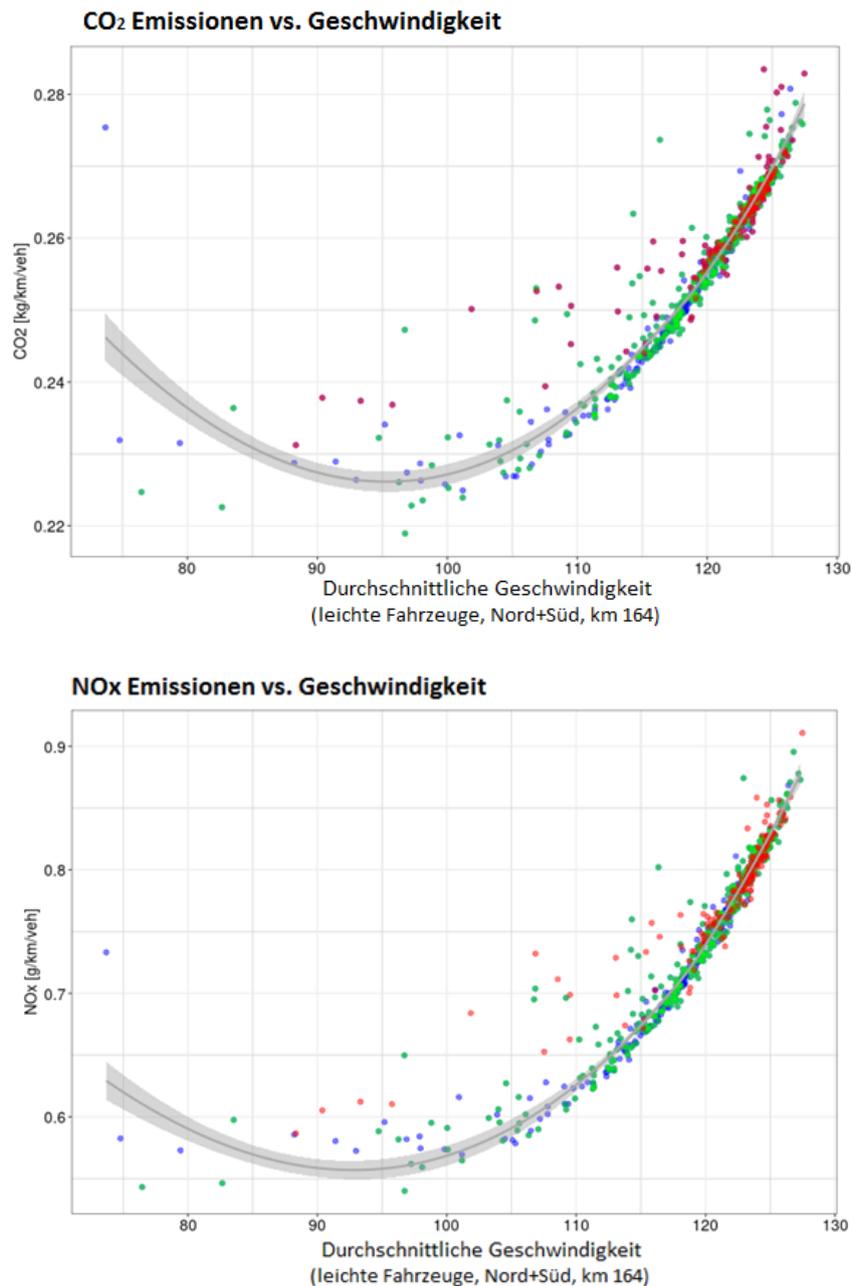


Abbildung 6: Kohlendioxidemissionen und Emissionen von Stickoxiden an jedem Testtag für leichte Fahrzeuge pro Kilometer; die grünen Punkte beziehen sich auf die Tage der Phase 2, die roten auf die Tage der Phase 3.



3. Zukünftige Entwicklungen

Der mit Covid-19 verbundene Notfall unterbrach Phase 3 vorzeitig und damit das Experimentieren mit den Verkehrsmanagementrichtlinien und aus Umweltzwecken, sodass nicht die erwartete Menge an Informationen gesammelt werden konnte. Die 4. und letzte Phase des Projekts hätte im April 2021 enden sollen, aber aufgrund der COVID-19-Pandemie musste ein Wiederherstellungsplan definiert werden, welcher in angemessener Weise die vorgesehenen Versuche ermöglichen sollte. Der Änderungsantrag wurde von der Europäischen Kommission angenommen, daher wird Phase 4 bis Ende Sommer 2021 fortgesetzt.

Ziel der letzten Projektphase ist es, das User Assistance Center (CAU) des Autobahnbetreibers mit einem getesteten und wirksamen Interventionssystem auszustatten, das möglicherweise auf alle Kompetenzbereiche anwendbar ist.

Aufgrund der Notsituation ist es sehr unwahrscheinlich, dass im Sommer 2020 an Wochenenden sehr starke Verkehrssituationen auftreten, selbst wenn der Verkehr langsam zugenommen hat. Daher ist es schwierig, auf intensive Weise die Versuche zur Geschwindigkeitsreduzierung für das Verkehrsmanagement zu testen.

In Bezug auf dieser Maßnahme, wird in der letzten Phase des Projekts, das halbautomatische Verkehrsmanagementsystem häufiger durchgeführt, um seine wichtige Rolle mittel- und langfristig hervorzuheben, um das Auftreten von Verkehrsstaus und Stop & Go-Episoden zu reduzieren und gleichzeitig höhere Geschwindigkeiten und damit einen höheren Verkehrsfluss aufrechtzuerhalten. Die Tests werden auf dem gesamten Abschnitt BLEC-ENV durchgeführt, d.h. von Bozen Nord nach Rovereto Süd, wobei die Unterteilung in drei Unterabschnitte erfolgt, um die Geschwindigkeitsbegrenzungen besser verwalten zu können.

Wenn das Verkehrsaufkommen dies zulässt, wird in der 4. Phase die momentane Öffnung der Notspur für den Verkehr (dynamische Spur) getestet.

Die Umwelttests können regelmäßig fortgesetzt werden. Das Umweltziel, das man in der letzten Phase des Projekts verfolgen möchten, besteht darin, an bestimmten Rezeptoren in der Nähe der Autobahn einen Zielwert für die NO₂-Konzentration zu erreichen.

Die empfohlenen reduzierten Tempolimitsignale werden halbautomatisch auf der Grundlage von Luftqualitätsvorhersagen sowie entsprechend den kontinuierlich gemessenen Schadstoffkonzentrationen angezeigt.



Diese Aktivitäten zielen darauf ab, ein automatisiertes oder halbautomatisiertes Interventionssystem für die maximal zulässige Geschwindigkeit bereitzustellen, mit dem der Entscheidungsträger das richtige Gleichgewicht zwischen der „Intensität“ der Geschwindigkeitsreduzierungsmaßnahme und ihrer sozioökonomischen Kompatibilität wählen kann. Folgende Parameter müssen dem Entscheidungsträger zur Verfügung gestellt werden und sind voneinander abhängig:

- die jährliche durchschnittliche NO_2 -Konzentration, die vom am stärksten exponierten Rezeptor erhalten werden soll;
- die Intensität der Geschwindigkeitsreduzierung (auch abhängig von den verwendbaren Tempolimitsignal, d.h. empfohlene oder obligatorische Geschwindigkeit);
- die Häufigkeit der Exposition (normalerweise ausgedrückt in Stunden/Jahr).