

Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom....., mit der eine immissionsabhängige Geschwindigkeitsbeschränkung auf Teilstrecken der A 2 Süd Autobahn und der A 9 Pyhrn Autobahn angeordnet wird (VBA Verordnung – IG L Steiermark)

Auf Grund der §§ 10 und 14 des Immissionsschutzgesetzes Luft (IG - L), BGBl. I Nr. 115/1997, zuletzt in der Fassung BGBl. I Nr. 77/2010, in Verbindung mit der Verordnung des Bundesministers für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung allgemeiner Kriterien für Verkehrsbeeinflussungssysteme gemäß Immissionsschutzgesetz Luft (VBA Verordnung – IG L), BGBl. II Nr. 302/2007, verordnet:

§ 1

Zielbestimmung

Ziel dieser Verordnung ist, die durch den Verkehr verursachte Immissionsbelastung durch die Luftschadstoffe PM₁₀ (Feinstaub) und NO₂ zu verringern und durch eine Reduktion der Höchstgeschwindigkeit auf Teilabschnitten der A 2 Süd Autobahn sowie der A 9 Pyhrn Autobahn die Luftqualität zu verbessern.

§ 2

Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Verordnung bedeuten:

1. Sanierungsgebiete: die gemäß § 2 der Luftreinhalteverordnung 2011, LGBL. Nr. 2/2012, in der jeweils geltenden Fassung festgelegten Sanierungsgebiete.
2. Korridore: folgende innerhalb der Sanierungsgebiete liegenden Autobahnabschnitte der A 2 sowie der A 9:

Korridor	Autobahn	Fahrtrichtung	Abschnittsbereich	Bereich zwischen	Koordinaten
Ost	A2 Süd Autobahn	Klagenfurt	Anschlussstelle Sinabelkirchen bis Knoten Graz-West	km 150,90 und km 183,95	N 47,09943, E 15,80657 und N 47,00701 E 15,43232
Ost	A2 Süd Autobahn	Wien	Knoten Graz-West bis Anschlussstelle Sinabelkirchen	km 185,11 und km 149,34	N 47,00220 E 15,41883 und N 47,09541 E 15,82576
West	A2 Süd Autobahn	Klagenfurt	Knoten Graz West – Anschlussstelle Lieboch	km 186,63 und km 194,62	N 46,99371 E 15,40335 und

					N 46,96580 E 15,34085
West	A2 Süd Autobahn	Wien	Anschlussstelle Lieboch-Knoten Graz West	km 193,00 und km 186,87	N 46,95555 E 15,35597 und N 46,99178 E 15,40196
Nord	A9 Phyrn Autobahn	Spielfeld	Knoten Peggau- Deutschfeistritz bis Gratkorntunnel Nord	km 165,98 und km 169,27	N 47,17133 E 15,33220 und N 47,14467 E 15,33212
			Ende Gratkorntunnel Nord bis Gratkorntunnel Süd	Km 170,35 und km 172,04	N 47,14061 E 15,34496 und N 47,13026 E 15,35980
Nord	A9 Phyrn Autobahn	Voralpenkreuz	Ende Gratkorntunnel Süd bis Gratkorntunnel Nord	km 172,23 und km 170,62	N 47,12911 E 15,36188 und N 47,14017 E 15,34861
			Ende Gratkorntunnel Nord bis Knoten Peggau- Deutschfeistritz	km 169,53 und km 166,33	N 47,14366 E 15,33524 und N 47,16818 E 15,33232

Süd	A9 Phyrn Autobahn	Spielfeld	Kn. Graz West- Anschlussstelle Leibnitz	Km 190,20 und km 214,78	N 46,98894 E 15,41444 und N 46,80386 E 15,56943
Süd	A9 Phyrn Autobahn	Voralpenkreuz	Anschlussstelle Leibnitz-Kn. Graz West	Km 213,80 und km 190,20	N 46,81243 E 15,56667 und N 46,98907 E 15,41488

3. Luftmessstellen: die zur Beurteilung der Immissionssituation (PM₁₀ Immissionen) für die einzelnen Korridore heranzuziehenden Luftmessstellen. Für den Fall, dass auf Grund eines technischen Gebrechens oder aus sonstigen Gründen Daten aus der zugeordneten Messstelle nicht zur Verfügung stehen, sind die Immissionsdaten durch die Ersatzmessstelle bereitzustellen. Dies sind für die einzelnen Korridore folgende (Ersatz-)Messstellen:

Korridor	Messstelle	Standort der Messstelle		Ersatz- Messstelle	Standort der Messstelle	
		Länge	Breite		Länge	Breite
Ost	Graz-Ost	15°27'59"	47°03'34"	Graz-Süd	15°25'59"	47°02'30"
West	Graz-Ost	15°27'59"	47°03'34"	Graz-Süd	15°25'59"	47°02'30"
Süd	Leibnitz	15°32'27"	46°46'43"	Graz-Süd	15°25'59"	47°02'30"
Nord	Judendorf- Süd	15°21'04"	47°07'13"	Peggau	15°20'45"	47°12'23"

4. Pkw-ähnliche Kraftfahrzeuge: die Zusammenfassung der Klassen 2, 3 und 4 von der TLS konformen Verkehrsdatenerfassung in 8+1 Fahrzeugkategorien (Anlage 2).
5. Verkehrszählstellen: folgende für die Erfassung der PKW ähnlichen Kraftfahrzeuge und der Verkehrszählstellen festgelegten Verkehrszählstellen (Messquerschnitte – MQ):

Korridor	Fahrtrichtung	Standortname	Koordinaten
Ost	Wien	MQ_A02_2_178,48	N47,02447°, E15,49859°
	Klagenfurt	MQ_A02_1_169,90	N47,06325°, E15,58539°
West	Wien	MQ_A02_2_188,23	N46,98070°, E15,39454°
	Klagenfurt	MQ_A02_1_186,63	N46,99371°, E15,40335°
Süd	Spielfeld	MQ_A09_1_208,02	N46,85110°, E15,51790°
	Knoten Voralpenkreuz	MQ_A09_2_213,80	N46,81243°, E15,56667°
Nord	Spielfeld	MQ_A09_1_165,98	N47,17133°, E15,33220°
	Knoten Voralpenkreuz	MQ_A09_2_166,33	N47,16818°, E15,33232°

6. Immissionsbeitrag: der auf Grund der Berechnung gemäß dem Algorithmus unter Anwendung der Parameter gemäß Anlage 1 errechnete Anteil der PKW ähnlichen Kraftfahrzeuge an der Gesamtimmission.

7. Schwellenwerte: die zur Erreichung des Ziels dieser Verordnung festgelegten Schwellenwerte, das sind

a) Schwellenwert 1 für alle Korridore: 49 µg/m³ des gleitenden Dreistundenmittelwertes für PM₁₀.

b) Schwellenwert 2 für die einzelnen Korridore für NO_x:

Korridor	Schwellenwert 2
Ost	57,3 µg/m ³
West	26,7 µg/m ³
Süd	46,8 µg/m ³
Nord	30,6 µg/m ³

§ 3

Geschwindigkeitsbeschränkung, Parameter für die In - und Außerkraftsetzung

(1) Die zulässige Höchstgeschwindigkeit für einen Korridor wird auf 100 km/h beschränkt, wenn der prognostizierte gleitende Dreistundenmittelwert für PM₁₀ (Anlage 1, Kap. 1.2.3.1.) den Schwellenwert 1 für diesen Korridor erreicht oder überschreitet. Die für die Erstellung der Prognose erforderliche Immissionsbelastung ist mittels der für die jeweiligen Korridore festgelegten Luftmessstellen festzustellen. Die Messungen, die Prognose und der Vergleich mit dem Schwellenwert 1 haben jede halbe Stunde zu erfolgen.

(2) Die zulässige Höchstgeschwindigkeit für einen Korridor wird auf 100 km/h beschränkt, wenn der Immissionsbeitrag den Schwellenwert 2 für diesen Korridor erreicht oder überschreitet. Die Berechnung des Immissionsbeitrages, die Prognose und der Vergleich mit dem Schwellenwert 2 hat jede halbe Stunde zu erfolgen.

(3) Die Geschwindigkeitsbeschränkung wird innerhalb eines Korridors aufgehoben, wenn die Voraussetzungen der Abs. 1 und 2 nicht mehr gegeben sind.

(4) Sowohl die Anordnung als auch die Aufhebung der Geschwindigkeitsbeschränkung darf frühestens eine halbe Stunde nach der letzten Schaltung erfolgen.

(5) Die Geschwindigkeitsbeschränkungen gemäß Abs. 1 und 2 gelten nicht, wenn nach der Straßenverkehrsordnung 1960 niedrigere oder gleich hohe Höchstgeschwindigkeiten angeordnet werden.

§ 4

Kundmachung

Diese Verordnung wird gemäß § 14 Abs. 6c des Immissionsschutzgesetzes Luft (IG - L), BGBl. I Nr. 115/1997, zuletzt in der Fassung BGBl. I Nr. 77/2010, mittels eines Verkehrsbeeinflussungssystems kundgemacht.

§ 5

Inkrafttreten

Diese Verordnung tritt mit dem der Kundmachung folgenden Tag, das ist der....., in Kraft.

§ 6

Außerkrafttreten

Mit Inkrafttreten dieser Verordnung tritt die VBA Verordnung – IG L Steiermark, LGBL. Nr. 87/2011, außer Kraft.

Anlage 1

Beschreibung des Algorithmus

1. Konzept

Luftgütebelastungen entlang von Hochleistungsstraßen zeigen einen sehr starken Gradienten im Konzentrationsverlauf, der in Windrichtung mit der Entfernung von der Straße stark abnimmt. Eine alleinige Steuerung einer Maßnahme, basierend auf einer lokalen Messung, berücksichtigt dieses Faktum nicht. Von entscheidender Bedeutung ist, dass die Maßnahme einer Geschwindigkeitsreduktion auch

beim zu schützenden Gut (meist die nächstgelegenen Anrainer/innen) effizient und wirkungsvoll ist. Aus diesem Grund ist es notwendig, die Informationen über Verkehrsstärke, Luftgütesituation und Ausbreitungsverhalten miteinander zu verbinden. Daher wurde ein Expertensystem entwickelt, das in der Lage ist, aus diesen genannten Informationen und unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten die Maßnahme einer Geschwindigkeitsbegrenzung effizient einzusetzen.

Das Expertensystem besteht aus folgenden Elementen:

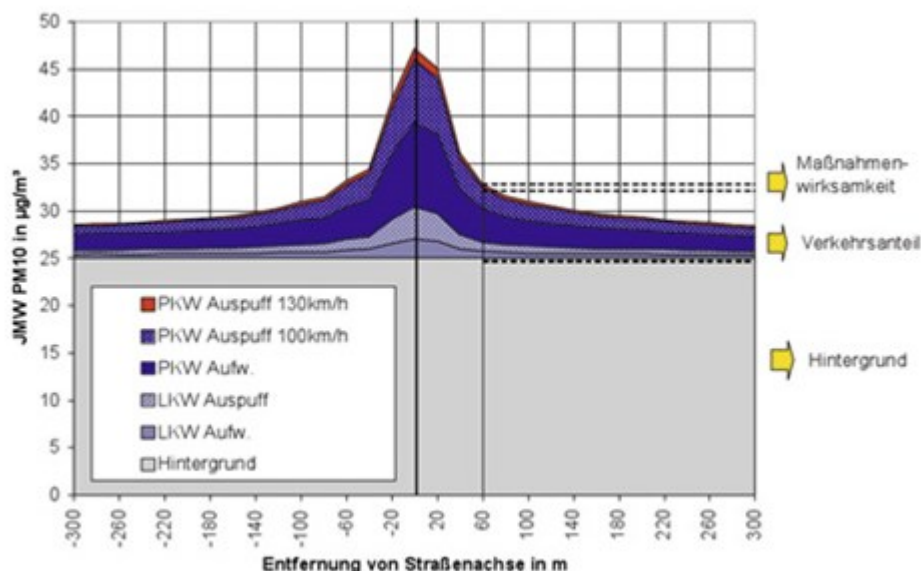
1. Bestimmung der Verkehrsstärke und damit der Emissionsmengen des Verkehrs.
2. Bestimmung der Ausbreitungsbedingungen, charakterisiert durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre.
3. Bestimmung der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastung an vorgegebenen Orten.
4. Entscheidungskriterium, ob die Geschwindigkeitsbeschränkung aktiviert werden soll.

Das Konzept basiert auf der Nutzung von Berechnungsergebnissen, kombiniert mit aktuellen Messdaten (Meteorologie und Verkehr). Der messtechnische Aufwand zum Betrieb des Systems und damit auch die Erhaltungskosten werden mit dieser Methode optimiert. Zudem kann durch die vorab durchgeführten Berechnungen der verkehrsbezogenen Immissionsbelastungen sichergestellt werden, dass die Maßnahme (Geschwindigkeitsbeschränkung) verursacherbezogen aktiviert wird.

1.1. Generelle Konzeption

Da zur gemessenen Schadstoffbelastung, vor allem für den Schadstoff PM_{10} , nicht nur die Verkehrsemissionen, sondern auch andere Quellen beitragen (Abbildung 1), sind zur Bestimmung des Hintergrunds (Vorbelastung durch andere Quellen) und zur Überprüfung der Einhaltung der Grenzwerte unbedingt Luftgütemessungen notwendig. Auf Grund der großräumig homogenen PM_{10} Belastung müssen diese Messstellen nicht direkt an den Autobahnabschnitten situiert sein.

Abbildung 1: Typischer Verlauf der jahresdurchschnittlichen PM_{10} Belastung quer zur Autobahn



Die Anforderungen der Verordnung werden deshalb in zwei Modulen umgesetzt. Das erste Modul überprüft, ob eine Überschreitung des Kurzzeitgrenzwertes auftritt oder in unmittelbarer Zukunft zu erwarten ist. Das zweite Modul ermittelt den aktuellen Immissionsbeitrag von NO_x der PKW ähnlichen Fahrzeuge, damit die Aktivierung der Geschwindigkeitsbegrenzung ausschließlich zu Zeiten mit hoher Maßnahmenwirksamkeit erfolgt. Beide Module werden konservativ gekoppelt, d. h., jedes Modul kann unabhängig vom anderen das Tempolimit aktivieren.

1.2. Beschreibung des Algorithmus

Auf Basis von gemessenen Luftgütedaten, Verkehrsdaten und meteorologischen Daten wird entschieden, ob die Geschwindigkeitsbeschränkung aktiviert wird. Um Verzögerungen des gesamten

Systems auszugleichen, müssen für alle Eingangsdaten kurzfristige Prognosen erstellt werden (Kap. 1.2.3.), so dass sich diese Daten auf den zukünftigen Schaltzeitraum beziehen. Zuerst werden die PM₁₀ Messdaten eingelesen und überprüft. Zur Beurteilung der Luftgüte wird der gleitende Dreistundenmittelwert und nicht der Tagesmittelwert herangezogen, da für diesen Mittelwert einfacher eine kurzfristige Prognose erstellt werden kann. Erreicht oder überschreitet der Prognosewert den Schwellenwert von 49 µg/m³, führt dies zu einer Aktivierung der Geschwindigkeitsbeschränkung. Wird dieser Schwellenwert nicht überschritten oder werden keine gültigen Prognosewerte übermittelt, wird das zweite Modul gestartet. Zuerst wird die aktuelle Verkehrsbelastung durch PKW ähnliche Kraftfahrzeuge auf dem relevanten Zählquerschnitt eingelesen und dann der kurzfristige Trend anhand von statischen oder dynamischen Ganglinien berücksichtigt. Auf Basis dieser prognostizierten Verkehrszahlen werden dann die Emissionen der PKW ähnlichen Kraftfahrzeuge berechnet.

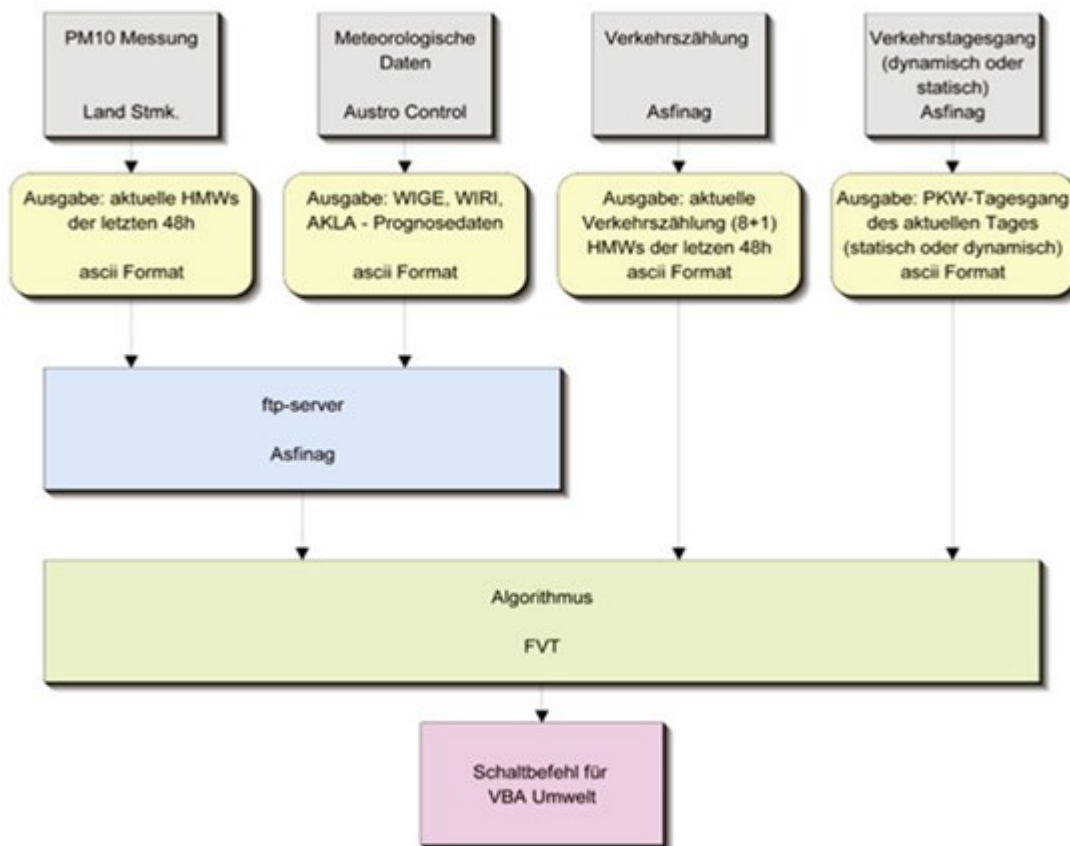
Die meteorologischen Prognosedaten für bestimmte Aufpunkte werden von der Austro Control ermittelt und für den Algorithmus zur Verfügung gestellt. Das ermöglicht die Bestimmung der Ausbreitungssituation und damit die Berechnung des Immissionsbeitrages von NO_x der PKW-ähnlichen Kraftfahrzeuge. Erreicht oder überschreitet dieser einen vorher definierten Schwellenwert (Kap. 1.3.), so führt dies zu einer Aktivierung der Geschwindigkeitsbeschränkung.

1.2.1. Schnittstellendefinition

Zur Steuerung der flexiblen VBA mit dem vorher beschriebenen Konzept werden folgende aktuelle Eingangsdaten für jeden getrennt geschalteten Teilkorridor zur Verfügung gestellt:

- Aktuelle PM₁₀ Konzentrationen;
- Prognosedaten an relevanten Aufpunkten: mittlere Windgeschwindigkeit, mittlere Windrichtung und thermische Stabilität (bzw. Ausbreitungsklasse) aus Messungen oder Modellberechnungen;
- Zählung aller vom Tempolimit betroffenen Fahrzeugkategorien (PKW, Krad, Lfw);
- Statische oder dynamische Ganglinien.

Abbildung 2: Definition der Schnittstellen für die VBA-Verordnung



1.2.2. Datenkontrolle

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass die Eingangsdaten von den Verantwortlichen (Land Steiermark, Austro Control und ASFiNAG) einem Plausibilitätscheck unterzogen werden. Innerhalb des Algorithmus erfolgt folgende Datenkontrolle:

1. Die Aktualität der Daten wird überprüft.
2. Es wird überprüft, ob die Messdaten in einem definierten Intervall liegen.

Bei einem Ausfall der Daten wird folgendermaßen vorgegangen:

1.2.2.1. PM₁₀ Messdaten

Grundsätzlich sind zur Bildung der Dreistundenmittelwerte (MW3) 4 gültige Halbstundenmittelwerte notwendig. Die Berechnung der Dreistundenmittelwerte erfolgt halbstündlich (gleitend) jeweils für die letzten drei Stunden. Der Algorithmus überprüft, ob der letzte gültige MW3 mehr als eine Stunde zurückliegt (bzw. der letzte Messwert zwei Stunden zurückliegt). Ist das der Fall, werden die Messdaten der Ersatzmessstation (§ 2 Z. 3) herangezogen. Ein kurzzeitiger Ausfall der Messdaten kann dadurch anhand der Prognosedaten kompensiert werden. Die Messdaten der Ersatzstation werden analog überprüft. Liegt auch dieser gültige MW3 mehr als eine Stunde zurück, dann wird Modul 2 gestartet und der Immissionsbeitrag der Pkws mit dem Schwellenwert 2 (errechneter NO_x-Immissionsbeitrag aus dem PKW-Verkehr) verglichen.

1.2.2.2. Verkehrsdaten

Da für die installierten Verkehrserfassungssysteme laut ASFiNAG von einer sehr geringen Ausfallswahrscheinlichkeit ausgegangen werden kann, wird bei einem Datenausfall auf keine Ersatzzählung zurückgegriffen. Sind die aktuellen Verkehrsdaten älter als drei Stunden, wird ebenfalls der Algorithmus abgebrochen und kein Tempolimit angezeigt.

Die Aktualität dieser Ganglinie wird täglich geprüft, ansonsten wird zur Berechnung der Verkehrsprognose auf statische Ganglinien zurückgegriffen.

1.2.2.3. Meteorologische Daten

Da die meteorologischen Prognosedaten mit einem Modell der Austro Control erstellt werden, das auf verschiedenen lokalen Messungen beruht, wird davon ausgegangen, dass der Ausfall einer Messstation innerhalb des meteorologischen Modells kompensiert wird. Sollten für den relevanten Aufpunkt dennoch keine Prognosedaten für den zu schaltenden Zeitraum vorliegen, dann wird der Algorithmus abgebrochen und kein Tempolimit angezeigt.

1.2.3. Prognosedaten

Da das Tempolimit immer für das folgende Schaltintervall angezeigt wird, die Messdaten sich aber auf das vorherige Messintervall beziehen, wird diese Verzögerung mit einer kurzfristigen Prognose der Eingangsdaten ausgeglichen. Eventuell kann auch eine Verzögerung auf Grund der Übertragung der Messdaten auftreten. Dies wird dadurch berücksichtigt, dass anhand der Prognose vorausschauend der Immissionsbeitrag der PKW im zukünftigen Schaltintervall berechnet wird. Dadurch kann z. B. während des raschen Verkehrsanstiegs in der Früh (Morgenspitze) ein verursachergerechtes Schalten des Tempolimits gewährleistet werden. Der Prognosezeitraum ergibt sich aus der Zeitdifferenz zwischen den aktuellsten Messwerten und dem Schaltintervall.

1.2.3.1. Prognose der PM₁₀ Belastung

Eine Prognose einer Grenzwertüberschreitung für den Tagesmittelwert an PM₁₀ ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Definitionsgemäß wird ein Tagesmittelwert von 00:00 bis 24:00 Uhr eines Kalendertages ermittelt. In der Früh ist die Prognose, ob an diesem Tag der Grenzwert überschritten wird, wesentlich unsicherer als am Abend. Weiters spiegeln sich kurzfristige Änderungen in der PM₁₀ Belastung – z. B. in Folge eines Luftmassenwechsels bei einem Frontdurchgang erst nach vielen Stunden im Messwert, der auf einen Tag bezogen ist, wider. Daher wird als Kriterium zur Bewertung der kurzfristigen Belastungssituation nicht der Tagesmittelwert, sondern der gleitende Dreistundenmittelwert (MW3) herangezogen. Dieser ist kurzfristig gut prognostizierbar. Damit wird weiters der aktuellen Belastungssituation rascher Rechnung getragen als bei Anwendung eines Tagesmittelwertes oder eines gleitenden 24 Stundenmittelwertes. Bei der Berechnung der Prognose wird der Verlauf der Konzentration der letzten Stunde berücksichtigt. Im Algorithmus wird zuerst überprüft, über welchen Zeitraum eine Prognose zu erstellen ist. Dann wird die Steigung über den gleichen zurückliegenden Zeitraum ermittelt

und zum letzten gemessenen Dreistundenmittelwert addiert. Insgesamt ergibt sich für den prognostizierten Dreistundenmittelwert folgende Gleichung 1:

Gleichung 1:

$$MW3_{prog} = MW3_{mess} + \Delta MW3_{mess} = \frac{2}{n_M} \sum_{i=n_0-6}^{n_0} HMW_i - \frac{1}{n_N} \sum_{i=n_0-\Delta n-6}^{n_0-\Delta n} HMW_i$$

Erläuterung der Gleichung 1:

$MW3_{prog}$	prognostizierter MW3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
$MW3_{mess}$	gemessener MW3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
$\Delta MW3_{mess}$	Gemessene Steigung des MW3 für das betrachtete Zeitintervall
HMW_i	Halbstundenmittelwert ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zum Zeitpunkt i
n_0	Letzter gemessener Halbstundenmittelwert
n_M	Anzahl der gemessenen Halbstundenmittelwerte der letzten drei Stunden
n_N	Anzahl der gemessenen Halbstundenmittelwerte der letzten drei Stunden - Δn
Δn	Prognosezeitraum, Anzahl der Halbstunden

1.2.3.2. Prognose der Verkehrsdaten

Für die kurzfristige Prognose der Verkehrsdaten der PKW ähnlichen Kraftfahrzeuge werden dynamische oder statische Ganglinien verwendet. Aus der Ganglinie wird die Veränderung der Verkehrsbelastung vom Zeitpunkt der Messung bis zum Zeitpunkt des Schaltintervalls ermittelt. Die letzte gemessene Verkehrsbelastung wird dann mit diesem Faktor multipliziert. Dabei ist zu beachten, dass die Verkehrszählungen nur stündlich zur Verfügung stehen, die Prognosedaten sich aber auf eine Halbstunde beziehen. Der Messwert stellt also einen Mittelwert zwischen 2 Halbstunden dar:

Gleichung 2:

$$q_{prog} = q_{mess} \cdot \left(1 + \frac{W_{prog} - \frac{W_{mess1} + W_{mess2}}{2}}{\frac{W_{mess1} + W_{mess2}}{2}} \right)$$

Erläuterung der Gleichung 2:

q_{prog}	Prognostizierte Verkehrsbelastung [Kfz/h]
q_{mess}	Letzte gezählte Verkehrsbelastung [Kfz/h]
W_{mess1}	Wert in der Ganglinie am Beginn der letzten Zählung [Kfz/h]
W_{mess2}	Wert in der Ganglinie in der Mitte der letzten Zählung (+ 0:30) [Kfz/h]
W_{prog}	In der Ganglinie zum Zeitpunkt der Schaltung (Prognosewert) [Kfz/h]

1.2.3.3. Prognose der meteorologischen Daten

Für den Zeitraum der Schaltung ist eine Prognose der meteorologischen Parameter mittlere Windgeschwindigkeit, mittlere Windrichtung und Ausbreitungsklasse nach ÖNorm M 9440 zu erstellen. Diese Parameter werden von der Austro Control zur Verfügung gestellt. Der Mittelungszeitraum dieser Daten beträgt ebenfalls 30 Minuten und der Prognosehorizont drei Stunden. Innerhalb des beschriebenen

Algorithmen werden nur die aktuellen Daten eingelesen, Datum und Uhrzeit überprüft und die Parameter herangezogen, welche sich auf den Zeitraum des Schaltintervalls beziehen. Im Rahmen der Evaluierung des Algorithmus wird auch die Prognosegüte der meteorologischen Eingangsdaten überprüft.

1.2.4. Berechnung der NO_x-Emissionen

Die Emissionen des Kfz Verkehrs werden grundsätzlich nach dem Ansatz

Emission = Emissionsfaktor x Verkehrsleistung berechnet.

Auf Basis der prognostizierten Verkehrsmengen für die Pkw ähnlichen Fahrzeuge werden die Auspuffemissionen an Stickstoffoxiden für zwei Kategorien getrennt berechnet. Dazu wurden die Emissionsfaktoren für eine Autobahn mit Tempolimit 130 km/h aus der aktuellen Version des Handbuchs für Emissionsfaktoren (HBEFA 3.1) verwendet [1].

Für die betrachteten Fahrzeugkategorien ergeben sich bei einem Tempolimit von 130 km/h auf der Autobahn folgende Emissionsfaktoren (Bezugsjahr 2012):

EF_{Pkw} (Personenkraftwagen): 0,478 g/km

EF_{Lfw} (leichte Nutzfahrzeuge): 1,404 g/km

Die Emissionen der Motorräder können gegenüber den Emissionen der Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeuge vernachlässigt werden.

Gleichung 3:

$$E_{gesamt} = \sum E_i = \sum q_{i,prog} \cdot EF_i$$

Erläuterung der Gleichung 3:

E _{gesamt}	Summe der berechneten PM ₁₀ Emissionen [g/h/km]
E _i	Emissionen der einzelnen Fahrzeugkategorien (i = PKW, Lfw) [g/h/km]
q _{i, prog}	prognostizierte Verkehrsbelastung [Kfz/h]
EF _i	Emissionsfaktoren der Fahrzeugkategorien (i = PKW, Lfw) [g/h/km]

Die Aufwirbelungsemissionen können im Algorithmus nicht berücksichtigt werden, da keine Daten bzw. Veröffentlichungen existieren, welche die Abhängigkeit der Emissionsfaktoren von der mittleren Fahrzeuggeschwindigkeit auf der Autobahn beschreiben.

1.2.5. Berechnung des Immissionsbeitrags von NO_x

Zur Berechnung des Immissionsbeitrages wurde die Verdünnung des Schadstoffes NO_x in Abhängigkeit von verschiedenen Ausbreitungssituationen untersucht. Dazu wurden Luv Lee Messungen neben der Südautobahn (A 2) analysiert und mit den Ergebnissen von Ausbreitungsmodellierungen mit dem Modell GRAL [4] verglichen. Für verschiedene Entfernungen von der Straße wurde die Verdünnung in Windrichtung in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit und der Ausbreitungsklasse nach Önorm M 9440 [3] untersucht. Für den Algorithmus wurde eine Entfernung von 50 m gewählt. Anhand folgender Formeln kann die Verdünnung eines Luftschadstoffes senkrecht zu einer Linienquelle (Straße) gut beschrieben werden:

Gleichung 4:

$$I = E_{gesamt} * \tau$$

Gleichung 5:

$$\tau = \frac{\left[a + b \cdot e^{(-WIGE_{prog})} \right] \cdot \left[c + d \cdot AKLA_{prog}^3 \right]}{e}$$

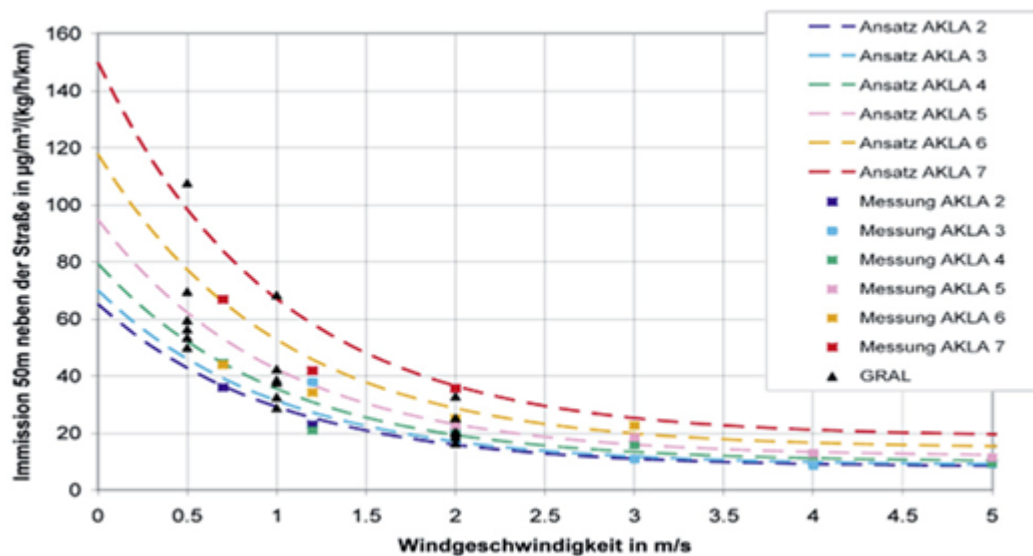
Gl. 1

Erläuterung der Gleichungen 4 und 5:

I	Berechneter Immissionsbeitrag während der Schaltung in µg/m ³
E _{gesamt}	Emission aller Fahrzeugkategorien in g/h/km
τ	Faktor für Verdünnung in µg/m ³ (g/h/km)
WIGE _{prog}	Mittlere prognostizierte Windgeschwindigkeit in m/s
AKLA _{prog}	prognostizierte Ausbreitungsklasse nach ÖNorm M9440 Parameter zur Berechnung der Verdünnung:
a	10
b	70
c	20
d	0,08
e	25,3

In Abbildung 3 wird der verwendete Ansatz mit den Messdaten und den Ergebnissen verschiedener Ausbreitungsrechnungen mit dem Modell GRAL verglichen.

Abbildung 3: Vergleich des verwendeten Ansatzes mit Messungen und Modellergebnissen



1.2.6. Entscheidungskriterien

Zusammengefasst ergibt sich eine Aktivierung des Tempolimits, wenn eine der beiden nachstehenden Bedingungen für den (zukünftigen) Zeitraum des Schaltintervalls erfüllt ist:

- Der prognostizierte gleitende Dreistundenmittelwert (MW3) an PM₁₀ der betrachteten Luftgütemessstation ist größer oder gleich 49 µg/m³ oder
- der berechnete Immissionsbeitrag der NO_x-Emissionen der PKW-ähnlichen Kraftfahrzeuge in 50 m Entfernung neben der Autobahn (unabhängig von der Windrichtung) ist größer oder gleich dem festgesetzten Schwellenwert 2. Auf Grund der ersten Bedingung wird zu jenen Situationen geschaltet, an denen die Gesamtbelastung sehr hoch ist. Das betrifft hauptsächlich das Winterhalbjahr. Je nach verwendeter Luftgütemessstation und Bezugsjahr beträgt die jahresdurchschnittliche Schalthäufigkeit zwischen 5 und 20 % (20-75 Überschreitungstage pro

Jahr). Im Winterhalbjahr sind allerdings wesentlich höhere Schalthäufigkeiten zu erwarten, diese werden zudem länger anhalten.

Die zweite Bedingung überprüft, ob die durch PKWs und PKW-ähnliche Fahrzeuge verursachte Immissionsbelastung durch den PKW Verkehr überdurchschnittlich hoch ist. Dafür wird NO_x verwendet, also jener Schadstoff der hauptsächlich durch den Verkehr freigesetzt wird. Auf Grund dieses Kriteriums werden auch Halbstunden in den Sommermonaten betroffen sein. Vor allem wird aber in Situationen mit viel Verkehr und schlechten Ausbreitungsbedingungen das reduzierte Tempolimit aktiviert (Morgenspitze und Abendspitze). Nach ersten Auswertungen wird die jahresdurchschnittliche Schalthäufigkeit auf Grund von Modul 2 weniger als 40 % betragen.

Bei der Berechnung der Schwellenwerte 2 für Modul 2 sind die Schaltzeiten von Modul 1 zu berücksichtigen, da sich sonst die Schalthäufigkeit unnötig erhöht. Häufig werden aber beide Kriterien erfüllt sein, da die berechnete NO_x -Belastung und die gemessene PM_{10} -Gesamtbelastung miteinander korrelieren. Insgesamt ist eine jahresdurchschnittliche Schalthäufigkeit von 35 % zu erwarten.

1.2.7. Zeitlicher Ablauf

Die Dauer eines Schaltintervalls beträgt 30 Minuten. Für jede einzelne Halbstunde gibt der Algorithmus einen Schaltbefehl aus. Für die Eingangsparameter wird genau für den Zeitraum des Schaltintervalls eine Prognose erstellt.

Beispiel:

- Um 6:15 Uhr wird der Schaltbefehl für das Schaltintervall 6:30-7:00 Uhr ermittelt (Start des Programms)
- Die aktuellsten Eingangsdaten beziehen sich beispielsweise auf die Halbstunde 5:00-5:30 Uhr
- Für die Eingangsdaten wird eine 1,5 Stunden Prognose erstellt (für 6:30-7:00 Uhr)
- Um 6:45 Uhr wird der Schaltbefehl für das Schaltintervall 7:00-7:30 Uhr ermittelt
- usw. (Programm wird halbstündlich gestartet)

1.3. Bestimmung der Schwellenwerte

1.3.1. Methodik

Die Bestimmung der Relevanzschwelle(n) erfolgt auf Basis von flächenhaften Simulationsrechnungen. Dazu werden zuerst die Strömungsfelder mit dem Modell GRAMM [5] und anschließend die verkehrsbedingten Konzentrationsfelder mit dem Modell GRAL [4] modelliert. An ausgewählten Aufpunkten können so die immissionsseitigen Beiträge der Auspuffemissionen der PKW-ähnlichen Kraftfahrzeuge für alle einzelnen Halbstunden eines Jahres ermittelt werden. Diese Einzelsituationen werden nun nach ihrer Wirksamkeit für die Belastung im „relevanten“ Gebiet gereiht. Dadurch ist es möglich, einen Schwellenwert festzulegen, bei dessen Überschreitung das Tempolimit aktiviert werden soll. Die Summe der immissionsseitigen Beiträge dieser Halbstunden muss größer als 75 % des gesamten jahresdurchschnittlichen Beitrags der Emissionen der PKW-ähnlichen Kraftfahrzeuge sein.

Für die Ausbreitung der Schadstoffe NO_x und PM_{10} in der Atmosphäre kann prinzipiell das gleiche Verhalten angenommen werden, da dieses durch die gleichen Transportvorgänge bestimmt wird. Sehr häufig werden Senken wie z. B. Deposition bei Ausbreitungsrechnungen vernachlässigt, damit ergibt sich für die Schadstoffe das gleiche Verhältnis zwischen Immission und Emission. Aufgrund dieser Proportionalität ergibt sich für die Schadstoffe NO_x und PM_{10} die gleiche relative Maßnahmenwirksamkeit bezogen auf ein jahresdurchgängiges Tempolimit oder ein Tempolimit während des Winterhalbjahres.

Für den Schadstoff NO_2 ergibt sich zusätzlich die Abhängigkeit von der Umwandlung von NO zu NO_2 . Grundsätzlich ergibt sich dadurch eine Verschiebung zu Schaltzeiten mit einer höheren Umwandlungsrate. Diese ist jedoch von der Verweilzeit in der Atmosphäre und damit von der Entfernung von der Autobahn abhängig. Da letztendlich eine Reduktion der NO_x -Immission mit einer Reduktion der NO_2 -Immissionen einhergeht, empfiehlt sich eine Schaltung in Abhängigkeit des NO_x -Immissionsbeitrages. Außerdem wird die Auswertung der Maßnahmenwirksamkeit dadurch unabhängig vom Standort und den Umwandlungsbedingungen [2].

Es sei an dieser Stelle Folgendes angemerkt:

Die Definition der Anzahl und der Lage der relevanten Aufpunkte wirkt sich unmittelbar auf die notwendige Schalthäufigkeit aus. Sind nur auf einer Straßenseite Anrainer/innen zu berücksichtigen, dann müssen nur Windrichtungen berücksichtigt werden, welche an diesen Aufpunkten zu höheren Belastungen führen. Befinden sich dagegen in mehreren Richtungen Anrainer/innen, dann sind auch dementsprechend mehr Windrichtungen bei der Berechnung der Maßnahmenwirksamkeit zu berücksichtigen. Bei sehr großen Gebieten, welche gemeinsam geschaltet werden sollen, erhöht sich dadurch die notwendige Schalthäufigkeit. Wird die Schaltung auf Basis einer einzelnen Luftgütemessung durchgeführt, dann kann dieses Faktum nicht berücksichtigt werden. Da für die VBA Steiermark sehr große Teilkorridore abgestimmt wurden, welche gemeinsam geschaltet werden sollen, ergibt sich eine große Anzahl an zu betrachtenden Anrainer/innen. Deshalb wird der Immissionsbeitrag in Abhängigkeit von der Ausbreitungssituation (Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse), aber unabhängig von der Windrichtung bestimmt. Zusätzlich wird eine Entfernung definiert, in welcher die nächsten Anrainer/innen neben der Autobahn zu erwarten sind. Diese Entfernung wird für alle vier Teilkorridore auf 50 m festgelegt. Dadurch werden die geforderten 75 % Maßnahmenwirksamkeit praktisch flächendeckend und nicht nur bei ausgewählten Aufpunkten erreicht.

Die berechneten Schwellenwerte für die vier Teilkorridore der VBA Umwelt Steiermark können folgender Tabelle entnommen werden [2]:

VBA Umwelt Steiermark Teilkorridor	Schwellenwert (Modul 2)
Ost	57,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
West	26,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Süd	45,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Nord	30,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2. Parameter

Beschreibung der Parameter für den Algorithmus

Modul I		
Luftgütemessung		
HMW_i	gemessener Halbstundenmittelwert an PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
MW3_{mess}	gemessener gleitender Dreistundenmittelwert	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
MW3_{prog}	prognostizierter gleitender Dreistundenmittelwert	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
$\Delta\text{MW3}_{\text{mess}}$	gemessene Steigung des Dreistundenmittelwertes	$\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$
n_0	letzter gemessener Halbstundenmittelwert	–
n_M	Anzahl der gemessenen Halbstunden der letzten 3 Stunden	–
n_N	Anzahl der gemessenen Halbstunden der letzten 3 Stunden – Δn	–
Δ_n	Prognosezeitraum, Anzahl der Halbstunden	–
SW1	Schwellenwert für Modul 1	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Modul II		
Verkehrszählung		
$q_{\text{PKW}}_1_{\text{mess}}$	gemessene Verkehrsbelastung der PKW in Fahrtrichtung 1	Kfz/h
$q_{\text{LNF}}_1_{\text{mess}}$	gemessene Verkehrsbelastung der leichten Nutzfahrzeuge in Fahrtrichtung 1	Kfz/h
$q_{\text{PKW}}_2_{\text{mess}}$	gemessene Verkehrsbelastung der PKW in Fahrtrichtung 2	Kfz/h
$q_{\text{LNF}}_2_{\text{mess}}$	gemessene Verkehrsbelastung der leichten Nutzfahrzeuge in Fahrtrichtung 2	Kfz/h
$q_{\text{PKW}}_1_{\text{prog}}$	prognostizierte Verkehrsbelastung der PKW in Fahrtrichtung 1	Kfz/h
$q_{\text{LNF}}_1_{\text{prog}}$	prognostizierte Verkehrsbelastung der leichten Nutzfahrzeuge in Fahrtrichtung 1	Kfz/h
$q_{\text{PKW}}_2_{\text{prog}}$	prognostizierte Verkehrsbelastung der PKW in Fahrtrichtung 2	Kfz/h
$q_{\text{LNF}}_2_{\text{prog}}$	prognostizierte Verkehrsbelastung der leichten Nutzfahrzeuge in Fahrtrichtung 2	Kfz/h
W_{mess1}	gemessene Verkehrsbelastung der PKW in Fahrtrichtung 1	Kfz/h
W_{mess2}	gemessene Verkehrsbelastung der PKW in Fahrtrichtung 2	Kfz/h

W_{prog}	prognostizierte Verkehrsbelastung der leichten Nutzfahrzeuge in Fahrtrichtung 2 Wert in der Ganglinie am Beginn der letzten Zählung Wert in der Ganglinie in der Mitte der letzten Zählung (+ 0:30) Wert in der Ganglinie am Beginn des Schaltintervalls (Prognosewert)	Kfz/h
Emissions- berechnung E_{gesamt} E_{PKW} E_{LNF} EF_{PKW} EF_{LNF}	Summe der berechneten PM10-Emissionen Berechnete PM10-Emissionen der PKWs Berechnete PM10-Emissionen der leichten Nutzfahrzeuge PM10-Emissionsfaktor der PKWs PM10-Emissionsfaktor der leichten Nutzfahrzeuge	g/km/h g/km/h g/km/h 0,025 g/km 0,075 g/km
Immissions- berechnung $WIGE_{\text{prog}}$ $AKLA_{\text{prog}}$ T l a b c d e	prognostizierte mittlere Windgeschwindigkeit für den Zeitraum der Schaltung prognostizierte Ausbreitungsklasse für den Zeitraum der Schaltung Verdünnungsfaktor (Immission/Emission) berechneter Immissionsbeitrag Parameter zur Berechnung der Verdünnung Parameter zur Berechnung der Verdünnung Parameter zur Berechnung der Verdünnung Parameter zur Berechnung der Verdünnung Parameter zur Berechnung der Verdünnung	m/s – $\mu\text{g}/\text{m}^3/$ (g/km/h) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 10 70 20 0,08 25,30
$SW2_O$ $SW2_S$ $SW2_W$ $SW2_N$	Schwellenwert für Modul 2 für den Korridor Ost Schwellenwert für Modul 2 für den Korridor Süd Schwellenwert für Modul 2 für den Korridor West Schwellenwert für Modul 2 für den Korridor Nord	2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SW3	Schwellenwert 3 für Modul 2	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Anlage 2

TLS 8+1 Kategorien

Kraftfahrzeuge gemäß den TLS 8+1 Kategorien sind:

1. Busse
2. MR (Motorräder)
3. PKW
4. LNF (leichte Nutzfahrzeuge)
5. LKW
6. LZ (Lastenzüge)
7. SZ (Sattelzüge)
8. PKW mA (PKW mit Anhänger)
9. Sonstige Fahrzeug.

Zusammenfassende Darstellung der Klassifizierungsgruppen gemäß der TLS Richtlinie:

Klassifi- zierungs- gruppe (Anzahl Klassen)	Bezeichnung der Fahrzeugklassen (mit Code)
---	--

1	Kfz (64)								
2	Pkw-ähnliche (32)				Lkw-ähnliche (33)				
5+1	nk KFZ (6)	PkwG (1)			PkwA (2)	Lkw (3)	LkwK (4)		Bus (5)
8+1	nk KFZ (6)	Krad (10)	Pkw (7)	Lfw (11)	PkwA (2)	Lkw (3)	LkwA (8)	Sattel-Kfz (9)	Bus (5)
Grundklassi- fizierung	nk KFZ	Krad	Pkw	Lfw	PkwA	Lkw	LkwA	Sattel-Kfz	Bus