

## **Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom ....., mit der eine immissionsabhängige Geschwindigkeitsbeschränkung auf Teilstrecken der A 2 Süd Autobahn und 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. 70/2007, 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, wird im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Verkehr, Innovation und Technologie verordnet:

### **§ 1**

#### **Zielbestimmung**

Ziel dieser Verordnung ist, die durch den Verkehr verursachte Immissionsbelastung beim Luftschadstoff PM<sub>10</sub> (Feinstaub) 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. 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.
2. Luftmessstellen: die zur Beurteilung der Immissionssituation (PM<sub>10</sub>-Immissionen) für die einzelnen Korridore heranzuziehenden Luftmessstellen. 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"

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 Ersatz-Messstelle bereit zu stellen.

3. PKW-ähnliche Kraftfahrzeuge: die Zusammenfassung der Klassen 2, 3 und 4 von der TLS-konformen Verkehrsdatenerfassung in 8+1-Fahrzeugklassen (Anlage 2).
4. Schwellenwerte: die zur Erreichung des Ziels dieser Verordnung festgelegten Schwellenwerte, das sind
  - a) Schwellenwert 1 für alle Korridore: 50 µg/m<sup>3</sup> des gleitenden 24-Stunden-Mittelwerts für PM<sub>10</sub>.

b) Schwellenwert 2 für die einzelnen Korridore:

Korridor	Schwellenwert 2
Ost	2,5 µg/m <sup>3</sup>
West	1,9 µg/m <sup>3</sup>
Süd	1,4 µg/m <sup>3</sup>
Nord	1,7 µg/m <sup>3</sup>

5. Korridore: folgende innerhalb der Sanierungsgebiete liegenden Autobahnabschnitte der A 2 sowie der A 9:

Korridor	Autobahn	Fahrtrichtung	Abschnittsbereich	Bereich zwischen
Ost	A 2 Süd Autobahn	Wien	Knoten Graz-West bis Sinabelkirchen	km 185,113 und km 149,510
		Klagenfurt	Sinabelkirchen bis Knoten Graz-West	km 151,075 und km 183,958
West	A 2 Süd Autobahn	Wien	Lieboch bis HAST. Unterpremstätten/Knoten Graz-West	km 193,000 und km 188,234
		Klagenfurt	HAST. Unterpremstätten/Knoten Graz-West bis Lieboch	km 186,637 und km 194,617
Süd	A 9 Pyhrn Autobahn	Spielfeld	ASt. Kalsdorf bis Leibnitz	km 194,050 und km 214,777
		Knoten Voralpenkreuz	Leibnitz bis ASt. Kalsdorf	km 213,800 und km 192,998
Nord	A 9 Pyhrn Autobahn	Spielfeld	Peggau bis Gratkorntunnel 3	km 166,061 und km 170,650
		Knoten Voralpenkreuz	Gratkorntunnel 4 bis Peggau	km 172,250 und km 166,403

6. Sanierungsgebiete: die gemäß § 2 der IG-L-Maßnahmenverordnung 2008, LGBl. Nr. 96/2007, festgelegten Sanierungsgebiete.

7. Verkehrszählstellen: folgende für die Erfassung der gemäß § 2 Abs. 3 (Anlage 2) betroffenen Fahrzeugkategorien und die Verkehrszählstellen festgelegten Verkehrszählstellen (Messquerschnitte – MQ):

Korridor	Fahrtrichtung	Querschnitt (bei km)
Ost	Wien	MQ_A02_2_178,500
	Klagenfurt	MQ_A02_1_169,924
West	Wien	MQ_A02_2_188,234
	Klagenfurt	MQ_A02_1_186,637
Süd	Spielfeld	MQ_A09_1_208,014
	Knoten Voralpenkreuz	MQ_A09_2_213,800
Nord	Spielfeld	MQ_A09_1_166,061
	Knoten Voralpenkreuz	MQ_A09_2_166,403

### § 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 24 Stunden-Mittelwert für PM<sub>10</sub> (Anlage 1, Z 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 Messung, die Prognose und der Vergleich mit dem Schwellenwert 1 hat 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 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 nach einer halben Stunde erfolgen.
- (5) Die Geschwindigkeitsbeschränkung gemäß Abs. 1 gilt nicht, wenn nach der Straßenverkehrsordnung 1960 niedrigere oder gleich hohe Höchstgeschwindigkeiten angeordnet werden.

### § 4

#### Kundmachung

- (1) Die Geschwindigkeitsbeschränkung ist gemäß § 14 Abs. 6c IG-L mit einem Verkehrsbeeinflussungssystem kundzumachen.
- (2) Die Standorte der Anzeigenquerschnitte - einschließlich der Seitensteher - (AQ) sowie der Einfahrtsquerschnitte (EFQ) für das Verkehrsbeeinflussungssystem werden wie folgt festgelegt:

1. auf der A 2 Süd Autobahn:

Querschnitt (bei km)	
Fahrtrichtung Wien	Fahrtrichtung Klagenfurt
AQ_A02_2_193,000	AQ_A02_1_151,075
EFQ_A02_2_190,410; Ra191.4	AQ_A02_1_153,250
AQ_A02_2_188,234	EFQ_A02_1_154,140; Ra154.2
AQ_A02_2_185,113	AQ_A02_1_157,105
AQ_A02_2_183,004	AQ_A02_1_157,545
AQ_A02_2_178,500	AQ_A02_1_161,320
EFQ_A02_2_170,590; Ra171.2	EFQ_A02_1_162,380; Ra162.2
AQ_A02_2_168,649	AQ_A02_1_169,924
AQ_A02_2_167,250	EFQ_A02_1_170,240; Ra170.2
AQ_A02_2_160,988	AQ_A02_1_172,300
AQ_A02_2_160,395	AQ_A02_1_180,206
AQ_A02_2_156,663	EFQ_A02_1_181,050; Ra181.2
EFQ_A02_2_153,800; Ra154.4	AQ_A02_1_183,958
AQ_A02_2_149,510	AQ_A02_1_186,637
	EFQ_A02_1_191,160; Ra191.2
	AQ_A02_1_194,617

2. auf der A 9 Pyhrn Autobahn:

<b>Querschnitt (bei km)</b>	
<b>Fahrtrichtung Spielfeld</b>	<b>Fahrtrichtung Knoten Voralpenkreuz</b>
AQ_A09_1_166,061	AQ_A09_2_213,800
AQ_A09_1_167,800	EFQ_A09_2_211,180; Ra211.4
AQ_A09_1_170,650	AQ_A09_2_207,195
AQ_A09_1_194,050	AQ_A09_2_201,000
AQ_A09_1_198,079	AQ_A09_2_196,997
AQ_A09_1_202,595	EFQ_A09_2_196,430; Ra196.2
EFQ_A09_1_203,815; Ra204.2	AQ_A09_2_192,998
AQ_A09_1_208,014	AQ_A09_2_172,250
EFQ_A09_1_211,330; Ra211.2	AQ_A09_2_169,450
AQ_A09_1_214,777	AQ_A09_2_166,403

**§ 5  
Inkrafttreten**

Diese Verordnung tritt mit 15. Dezember 2008 in Kraft.

Für den Landeshauptmann:  
Landesrat Wegscheider

## 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 besteht vor allem aus der Nutzung von Berechnungsergebnissen kombiniert mit aktuellen Messdaten (Meteorologie und Verkehr) bestehen. Der messtechnische Aufwand zum Betrieb des Systems und damit auch die Erhaltungskosten lassen sich mit dieser Methode optimieren. 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 beitragen, sondern auch andere Quellen (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.

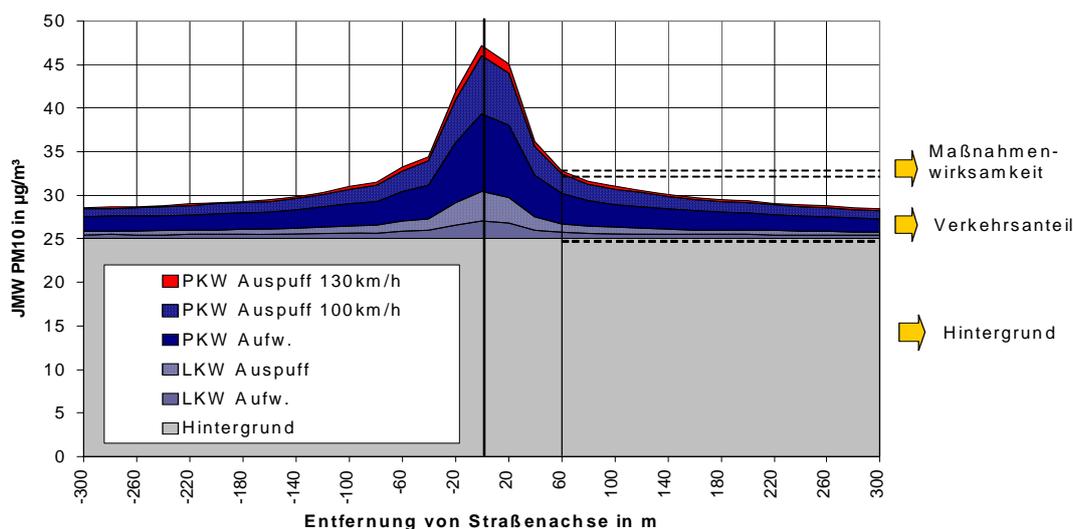


Abbildung 1: Typischer Verlauf der jahresdurchschnittlichen  $PM_{10}$ -Belastung quer zur Autobahn

Die Anforderungen der Verordnung werden deshalb in 2 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 der PKW-ähnlichen Fahrzeuge, damit die Aktivierung der Geschwindigkeitsbegren-

zung 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

Das Fließbild des Algorithmus kann der Abbildung 2 entnommen werden. 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.), sodass sich diese Daten auf den zukünftigen Schaltzeitraum beziehen.

Zuerst werden die PM<sub>10</sub>-Messdaten eingelesen und überprüft. Zur Beurteilung der Luftgüte wird der gleitende 24h-Mittelwert und nicht der Tagesmittelwert herangezogen, da für diesen Mittelwert einfacher eine kurzfristige Prognose erstellt werden kann. Überschreitet der Prognosewert den Schwellenwert von 50 µg/m<sup>3</sup>, führt dies zu einer Aktivierung der Geschwindigkeitsbeschränkung.

Wird dieser Schwellenwert nicht überschritten, wird das zweite Modul gestartet. Zuerst wird die aktuelle PKW-Verkehrsbelastung 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 PKW-Emissionen 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 PKW-Immissionsbeitrages. Überschreitet dieser einen vorher definierten Schwellenwert (Kap. 1.3.), so wird das Tempolimit aktiviert.

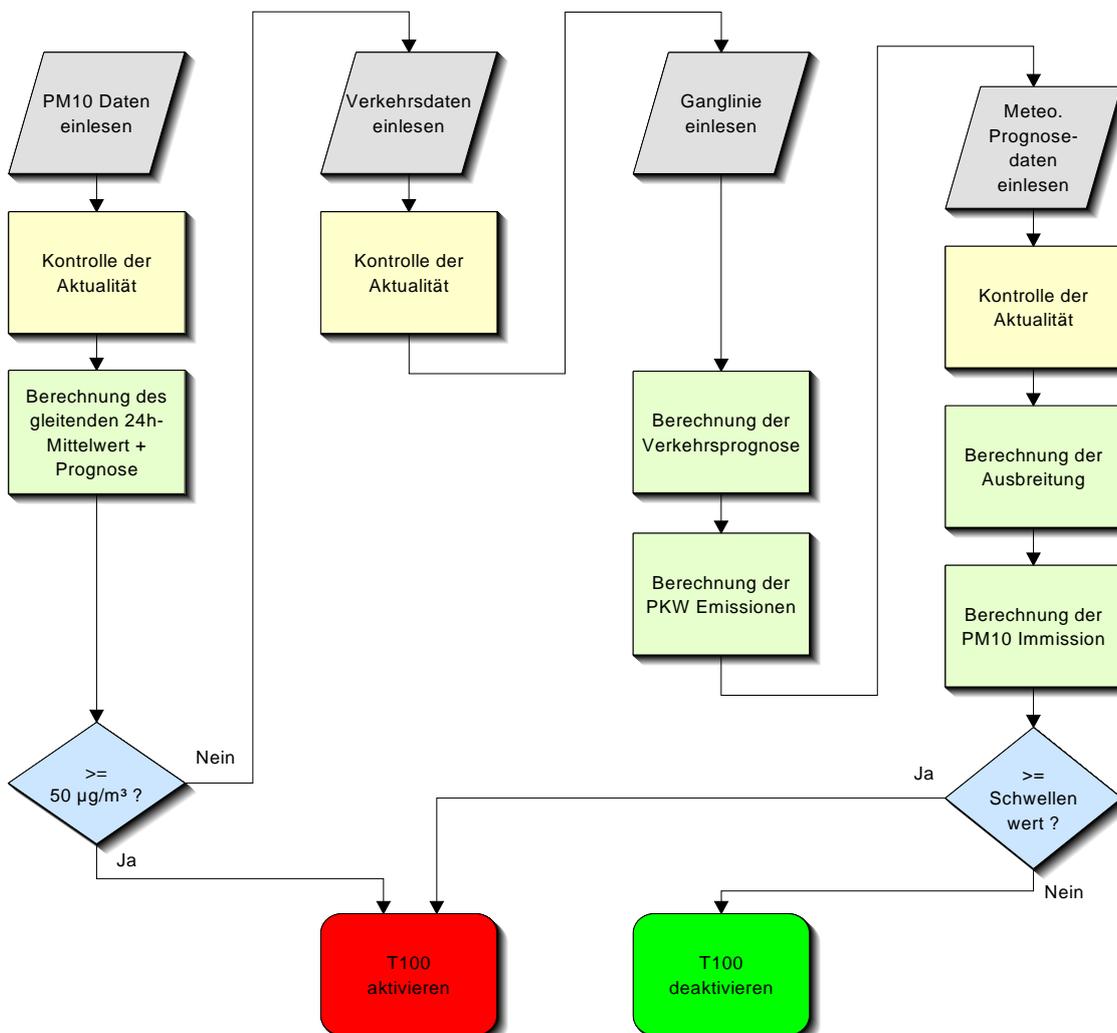


Abbildung 2: Ablaufschema Schaltung VBA – Umwelt

### 1.2.1. Schnittstellendefinition

Zur Steuerung der flexiblen VBA mit vorher beschriebenem Konzept sind folgende aktuelle Eingangsdaten für jeden getrennt geschalteten Teilkorridor notwendig:

- Aktuelle PM<sub>10</sub>-Konzentrationen;
- Folgende Parameter an relevanten Aufpunkten: mittlere Windgeschwindigkeit, mittlere Windrichtung und thermische Stabilität (bzw. Ausbreitungsklasse) aus Messungen oder Modellberechnungen;
- Zählung aller vom Tempolimit betroffener Fahrzeugkategorien (PKW, Krad, Lfw);
- Statische oder dynamische Ganglinien.

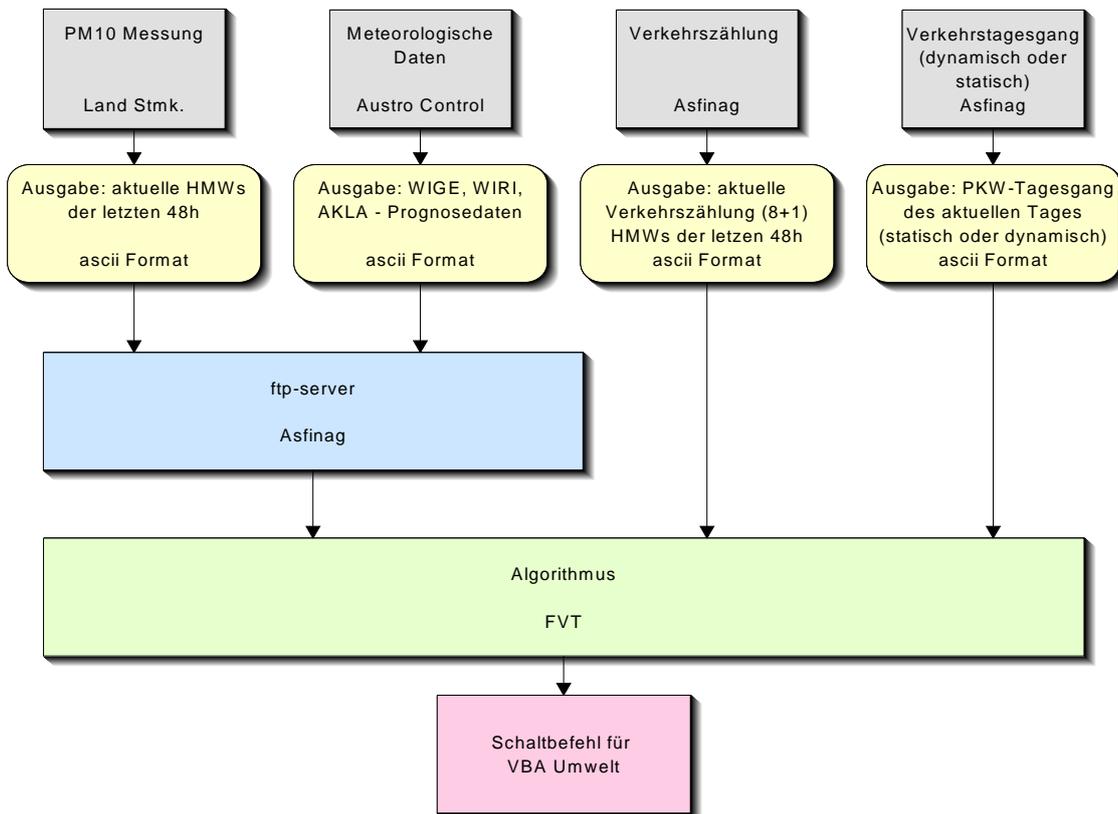


Abbildung 3: Definition der Schnittstellen für die VBA Umwelt

### 1.2.2. Datenkontrolle

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass die Eingangsdaten von den Verantwortlichen (Land Steiermark, Austro Control und ASFİNAG) 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. PM<sub>10</sub>-Messdaten

Grundsätzlich sind zur Bildung der 24h-Mittelwerte 40 gültige Halbstundenmittelwerte notwendig. Der Algorithmus überprüft, ob der letzte gültige MW24 mehr als 3 Stunden zurückliegt (bzw. der letzte Messwert 7 Stunden zurückliegt). Ist das der Fall, werden die Messdaten der Ersatzmessstation (§ 2 Z 2) herangezogen. Ein kurzzeitiger Ausfall der Messdaten kann dadurch anhand der Prognosedaten kompensiert werden. Die Messdaten der Ersatzstation werden analog überprüft. Liegt auch dieser gültige MW24 mehr als 3 Stunden zurück, dann wird der Algorithmus abgebrochen und kein Tempolimit angezeigt.

### 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 3 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 aufgrund der Übertragung der Messdaten auftreten. Dies wird dadurch berücksichtigt, dass anhand der Prognose wird 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 PM<sub>10</sub>-Belastung

Eine Prognose einer Grenzwertüberschreitung für den maximalen Tagesmittelwert an PM<sub>10</sub> ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Definitionsgemäß wird ein Tagesmittelwert von 00:00 bis 24:00 eines Kalendertages ermittelt. In der Früh ist die Prognose, ob an diesem Tag der Grenzwert überschritten wird, wesentlich unsicherer als am Abend. Deshalb würde am Morgen „sicherheitshalber“ schon öfter ein Tempolimit geschaltet werden als die Messung nachträglich ergeben hätte. Daher wird als Kriterium nicht den Tagesmittelwert, sondern der gleitende 24h-Mittelwert herangezogen. Dieser ist dann kurzfristig mit sehr hoher Genauigkeit prognostizierbar. In Abbildung 4 wird beispielsweise der aktuelle gleitende 24h-Mittelwert mit der vorherigen 3 h-Prognose dieses Mittelwertes korreliert. Bei der Berechnung der Prognose wird auch die Steigung der letzten 3 Stunden 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 24 h-Mittelwert addiert. Insgesamt ergibt sich für den prognostizierten 24 h-Mittelwert folgende Gleichung 1:

$$MW24_{prog} = MW24_{mess} + \Delta MW24_{mess} = \frac{2}{n_1} \sum_{i=n_0-48}^{n_0} HMW_i - \frac{1}{n_2} \sum_{i=n_0-\Delta n-48}^{n_0-\Delta n} HMW_i$$

Erläuterung der Gleichung 1:

MW24 <sub>mess</sub>	gemessener MW24 [µg/m <sup>3</sup> ]
MW24 <sub>prog</sub>	prognostizierter MW24 [µg/m <sup>3</sup> ]
ΔMW24 <sub>mess</sub>	gemessene Steigung des MW24 für das betrachtete Zeitintervall
HMW <sub>i</sub>	Halbstundenmittelwert [µg/m <sup>3</sup> ]
n <sub>0</sub>	letzter gemessener Halbstundenmittelwert
n <sub>1</sub>	Anzahl der gemessenen Halbstunden der letzten 24h
n <sub>2</sub>	Anzahl der gemessenen Halbstunden der letzten 24h - Δn
Δn	Prognosezeitraum, Anzahl der Halbstunden

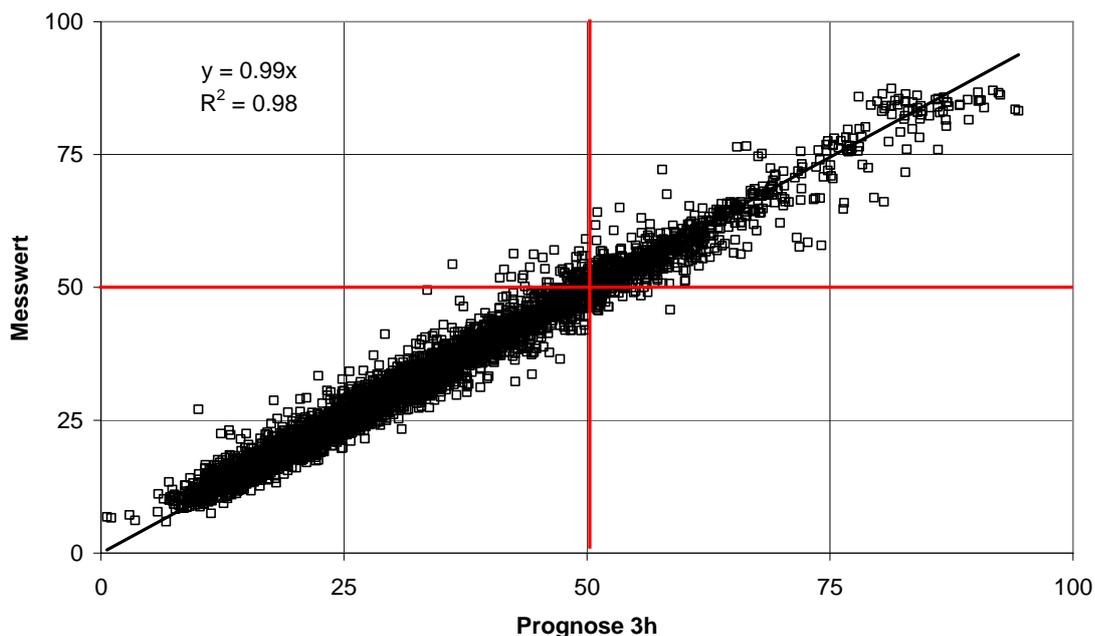


Abbildung 4: Korrelation des aktuellen gleitenden 24h-Mittelwerts mit dem 3 Stunden vorher prognostiziertem Wert (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 1.2.3.2. Prognose der Verkehrsdaten

Für die kurzfristige Prognose der PKW-Verkehrsdaten 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.

Gleichung 2:

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

Erläuterung der Gleichung 2:

$q_{\text{prog}}$	prognostizierte Verkehrsbelastung [Kfz/30min]
$q_{\text{mess}}$	letzte gezählte Verkehrsbelastung [Kfz/30min]
$W_{\text{mess}}$	Wert in der Ganglinie zum Zeitpunkt der letzten Zählung [Kfz/30min]
$W_{\text{prog}}$	in der Ganglinie zum Zeitpunkt der Schaltung (Prognosewert) [Kfz/30min]

### 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 mindestens 3 Stunden. Innerhalb des beschriebenen Algorithmus 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 Emissionen

Die Emissionen des Kfz-Verkehrs werden grundsätzlich nach dem Ansatz

$Emission = Emissionsfaktor \times Verkehrsleistung$   
berechnet.

Auf Basis der prognostizierten Verkehrsmengen für die Pkw-ähnlichen Fahrzeuge werden die Auspuffemissionen für 2 Kategorien getrennt berechnet. Da die letztgültige Version des Handbuchs für Emissionsfaktoren [1] den neuesten Stand der Datenlage nicht berücksichtigt, wurden aktuelle Berechnungen mit dem Modell GLOBEMI durchgeführt [2].

Für die betrachteten Fahrzeugkategorien ergeben sich folgende Emissionsfaktoren:

$EF_{Pkw}$  (Personenkraftwagen): 0,025 g/km

$EF_{Lfw}$  (leichte Nutzfahrzeuge): 0,075 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 [kg/h/km]
$E_i$	Emissionen der einzelnen Fahrzeugkategorien (i = PKW, Lfw) [kg/h/km]
$q_{i, prog}$	prognostizierte Verkehrsbelastung [Kfz/30min]
$EF_i$	Emissionsfaktoren der Fahrzeugkategorien (i = PKW, Lfw) [g/km]

Die Aufwirbelungsemissionen können im Algorithmus nicht berücksichtigt werden, da auf keine unterschiedlichen Daten bei 100 km/h und 130 km/h zurückgegriffen werden kann.

#### 1.2.5. Berechnung der Immission

Zur Berechnung des Immissionsbeitrages wurde die Verdünnung des Schadstoffes  $PM_{10}$  in Abhängigkeit von verschiedenen Ausbreitungssituationen untersucht. Dazu wurden Luv-Lee Messungen neben der Südautohahn (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 Formel kann die Verdünnung eines Luftschadstoffes senkrecht zu einer Linienquelle (Straße) gut beschrieben werden:

Gleichung 4:

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

Gleichung 5:

$$\tau = \frac{[10 + 70 \cdot e^{(-WIGE_{prog})}] \cdot [20 + 0.08 \cdot AKLA_{prog}^3]}{25,30}$$

Erläuterung der Gleichungen 4 und 5:

I	berechneter Immissionsbeitrag während der Schaltung in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$E_{gesamt}$	Emission aller Fahrzeugkategorien in kg/h/km
$\tau$	Faktor für Verdünnung in $\mu\text{g}/\text{m}^3/(\text{kg}/\text{km}/\text{h})$
$WIGE_{prog}$	mittlere prognostizierte Windgeschwindigkeit in m/s
$AKLA_{prog}$	prognostizierte Ausbreitungsklasse nach ÖNORM

In Abbildung 5 wird der verwendete Ansatz mit den Messdaten und den Ergebnissen verschiedener Ausbreitungsrechnungen mit dem Modell GRAL verglichen.

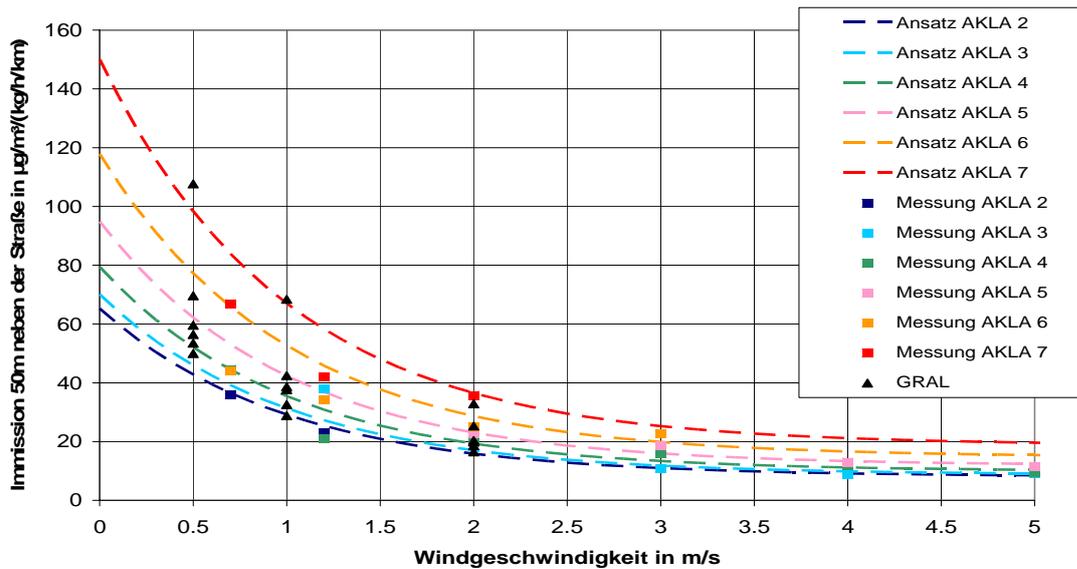


Abbildung 5: Vergleich des verwendeten Ansatzes mit Messungen und Modellergebnissen

#### 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 24h-Mittelwert (MW24) an  $PM_{10}$  der betrachteten Luftgütemessstation ist größer oder gleich  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Der berechnete Immissionsbeitrag der  $PM_{10}$ -Auspuffemissionen der PKW in 50 m Entfernung neben der Autobahn (unabhängig von der Windrichtung) ist größer oder gleich dem festgesetzten Schwellenwert.

Aufgrund der ersten Bedingung wird zu jenen Situationen geschaltet, an denen die Gesamtbelastung sehr hoch ist. Das betrifft hauptsächlich das Winterhalbjahr. Je nach verwendeter Luftgütemessstation beträgt die Häufigkeit der Halbstunden mit T-100-Aktivierung 5-20% bezogen auf ein Jahr (20-75 Tage mit Überschreitung des Kurzzeitgrenzwertes).

Die zweite Bedingung überprüft, ob die Zusatzbelastung überdurchschnittlich hoch ist. Davon werden auch Halbstunden in den Sommermonaten betroffen sein. Vor allem wird aber zu Situation mit hohem Verkehrsaufkommen und schlechten Ausbreitungsbedingungen T-100 aktiviert (Morgenspitze und Abendspitze). Nach ersten Auswertungen wird die Häufigkeit ca. 50% der Halbstunden eines Jahres betragen.

Die erste Bedingung wird zu einer höheren Maßnahmenwirksamkeit führen als vorher berechnet, da auch Situationen betroffen sein werden, welche die zweite Bedingung nicht erfüllen. Insgesamt wird dieser Einfluss aber gering sein, da die berechnete Zusatzbelastung und die gemessene Gesamtbelastung miteinander korrelieren.

#### 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 wird der Schaltbefehl für das Schaltintervall 6:30-7:00 ermittelt (Start des Programms)
- Die aktuellsten Eingangsdaten beziehen sich auf die Halbstunde 5:00-5:30
- Für die Eingangsdaten wird eine 1,5 h-Prognose erstellt (für 6:30-7:00)
- Um 6:45 wird der Schaltbefehl für das Schaltintervall 7:00-7:30 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 Model GRAL [4] modelliert. An ausgewählten Aufpunkten können so die immissionsseitigen Beiträge der PKW-Auspuffemissionen 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 PKW-Emissionen sein.

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/inne/n. 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 4 Teilkorridore auf 50 m festgelegt. Dadurch werden die geforderten 75 % Maßnahmenwirksamkeit praktisch flächendeckend und nicht nur bei ausgewählten Aufpunkten erreicht.*

Nach Ablauf eines Betriebsjahres muss der gewählte Schwellenwert evaluiert werden. Dazu wird anhand von Ausbreitungssimulationen überprüft, welche Maßnahmenwirksamkeit gegenüber einem permanenten, ganzjährigen Tempolimit erreicht wurde. Wurden die geforderten 75 % Maßnahmenwirksamkeit nicht erreicht oder deutlich überschritten, dann wird der Schwellenwert dementsprechend angepasst.

#### 1.3.2. Vorläufige Abschätzung der Schwellenwerte

Bis zum endgültigen Ergebnis der flächendeckenden Simulationsrechnungen werden die Schwellenwerte für Modul 2 folgendermaßen abgeschätzt:

Die lokalen Ausbreitungsbedingungen wurden nicht berücksichtigt und es wurde vereinfachend angenommen, dass die Winddaten an den relevanten Aufpunkten einer gemessenen meteorologischen Zeitreihe am Standort Puntigam entsprechen. Diese Daten wurden von der ZAMG Steiermark zur Verfügung gestellt. Für den Korridor Ost wurden auf Basis der Verkehrsdaten der derzeit verfügbaren Zählquerschnitte MQ\_A02\_1\_173,500 und MQ\_A02\_2\_173,500 die Emissionen der Fahrzeugkategorien PKW und Lfw gemäß Gleichung 3 berechnet. Die Verdünnung wird nun in Abhängigkeit der gemessenen mittleren Windgeschwindigkeit und der Ausbreitungsklasse nach ÖNORM M 9440 gemäß den Gleichungen 4 und 5 berechnet. Die so berechneten Immissionsbeiträge der relevanten Fahrzeugkategorien in 50 m Entfernung von der Straßenachse wurden auf eine Dezimalstelle gerundet. In Abbildung 6 ist die Häufigkeit der Immissionsbeiträge dargestellt. Am häufigsten treten Konzentrationen zwischen 1-2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  auf, der maximale berechnete Immissionsbeitrag beträgt 18,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Zur Beurteilung der Maßnahmenwirksamkeit wird das Produkt aus Häufigkeit und Immissionsbeitrag ermittelt. Die Summenhäufigkeit dieses Produktes ist auch in Abbildung 6 dargestellt. Ab einem Schwellenwert von 2,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  wird ein Anteil am Jahresmittelwert von über 75 % erreicht, der Anteil an den dazu notwendigen Jahrestunden beträgt nur ca. 45 % (Abbildung 7). Wird zusätzlich noch der PKW-Verkehr betrachtet, so ist ca. 60 % der jährlichen PKW-Fahrleistung von einem Tempolimit betroffen.

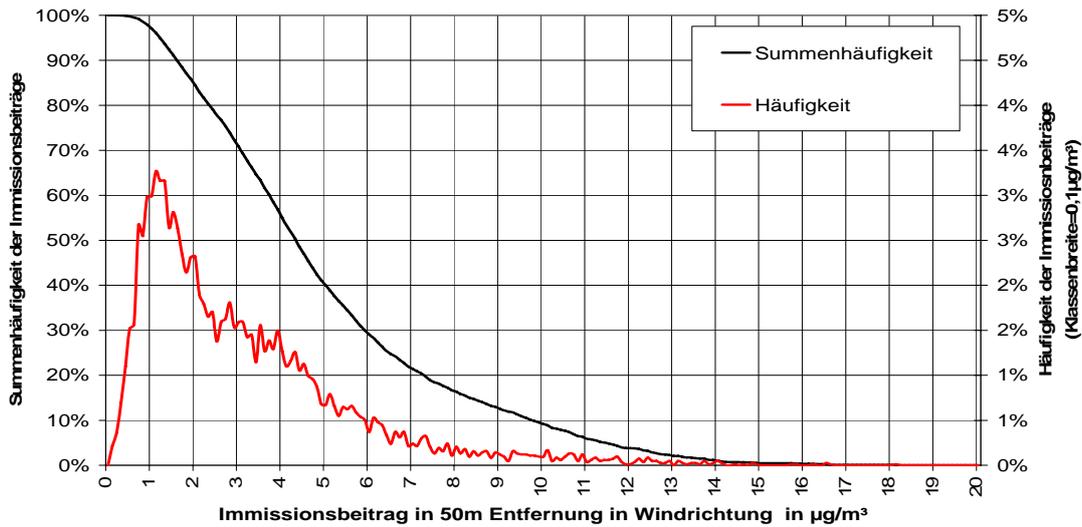


Abbildung 6: Häufigkeit und Summenhäufigkeit der Immissionsbeiträge

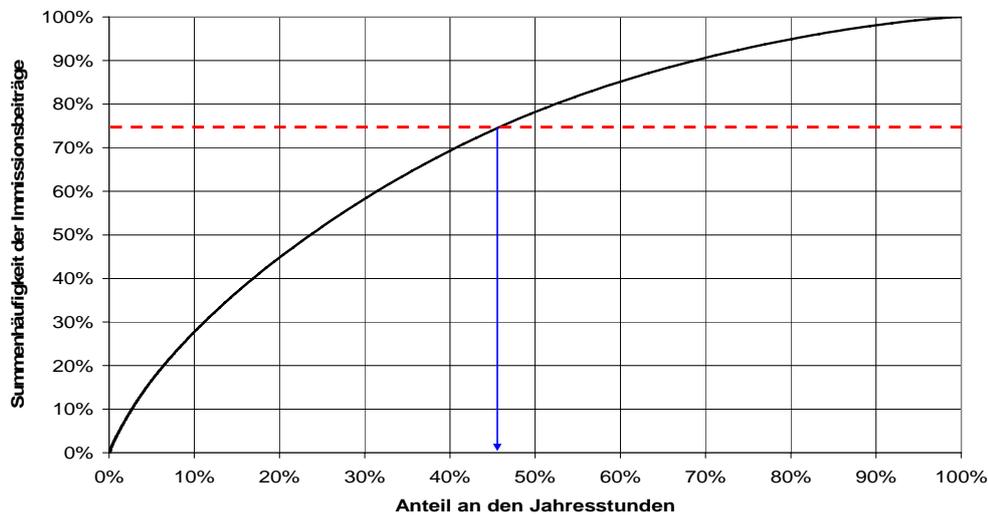


Abbildung 7: Summenhäufigkeit der Immissionsbeiträge im Verhältnis zu den Jahresstunden

Zusätzlich wurde überprüft, ob die geforderte Maßnahmenwirksamkeit in allen Windrichtungssektoren erreicht wurde. Dazu wurde die gleiche Berechnung für alle 36 Windrichtungssektoren getrennt durchgeführt. Die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung kann Abbildung 8 entnommen werden. Das Ergebnis der Berechnung ist in Abbildung 9 dargestellt. Für einige Windrichtungssektoren beträgt die Maßnahmenwirksamkeit über 75 %, dafür in anderen knapp unter 75 %. Der Schwellenwert für den Bereich Ost wird deshalb aus Sicherheitsgründen auf  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  abgesenkt. Mit der gleichen Methode wurden die Schwellenwerte für alle 4 Korridore abgeschätzt. Unter Verwendung der gleichen meteorologischen Daten sind die Schwellenwerte linear von der Emission der relevanten Fahrzeugkategorien abhängig. Es ergeben sich damit folgende Schwellenwerte je Korridor:

Korridor	Verkehrserfassung	Schwellenwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ost	MQ_A02_173,500	2,5
Süd	MQ_A09_210,547	1,4
West	MQ_A02_191,809	1,9
Nord	MQ_A09_174,550	1,7

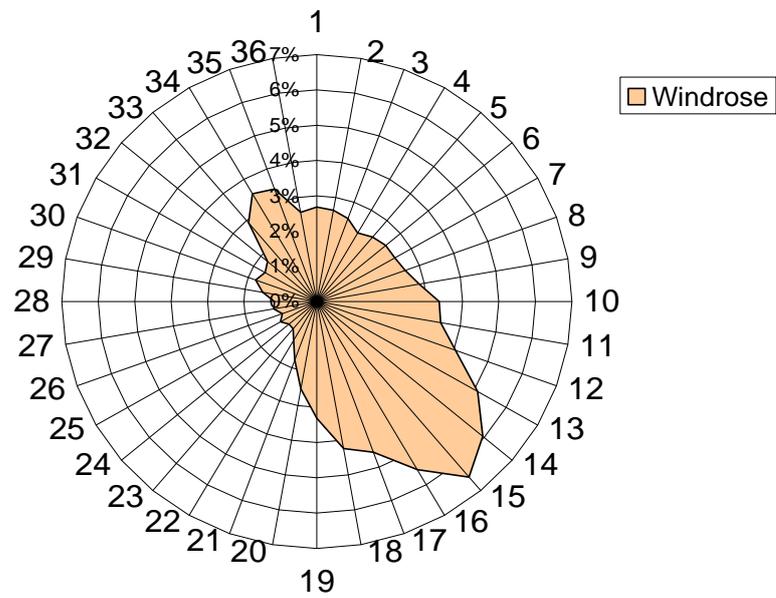


Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungssektoren am Standort Puntigam

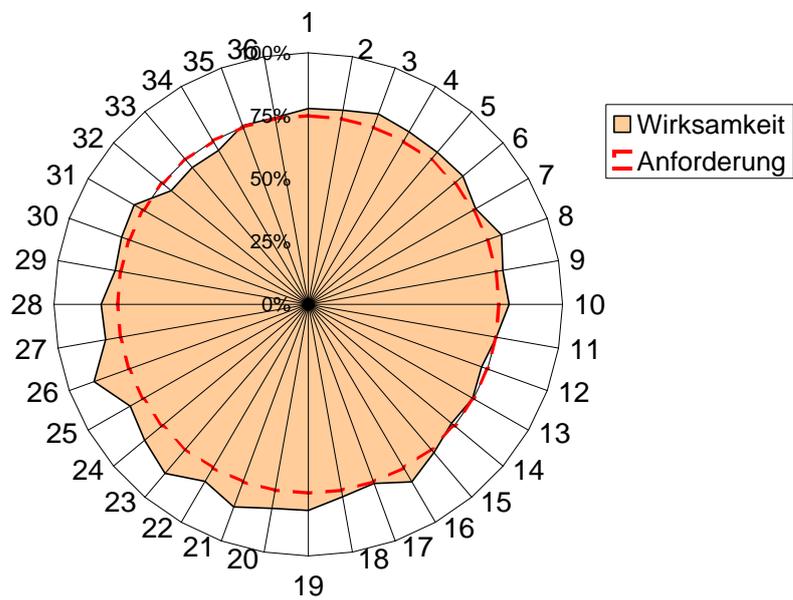


Abbildung 9: Darstellung der Maßnahmenwirksamkeit in Abhängigkeit der Windrichtungssektoren

## 2. Parameter

### Beschreibung der Parameter für den Algorithmus

Modul I		
Luftgütemessung		
HMWi	gemessener Halbstundenmittelwert an PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>
MW24 <sub>mess</sub>	gemessener gleitender 24h-Mittelwert	
MW24 <sub>prog</sub>	prognostizierter gleitender 24h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>
ΔMW24 <sub>mess</sub>	gemessene Steigung des 24h-Mittelwertes	
n0	letzter gemessener Halbstundenmittelwert	-
n1	Anzahl der gemessenen Halbstunden der letzten 24h	-
n2	Anzahl der gemessenen Halbstunden der letzten 24h - Δn	-
Δn	Prognosezeitraum, Anzahl der Halbstunden	-
SW1	Schwellenwert für Modul 1	50 µg/m <sup>3</sup>
Modul II		
Verkehrszählung		
qPKW <sub>prog</sub>	prognostizierte Verkehrsbelastung der PKW	Kfz/30min
qLNF <sub>prog</sub>	prognostizierte Verkehrsbelastung der leichten Nutzfahrzeuge	Kfz/30min
qPKW <sub>mess</sub>	gemessene Verkehrsbelastung der PKW	Kfz/30min
qLNF <sub>mess</sub>	gemessene Verkehrsbelastung der leichten Nutzfahrzeuge	Kfz/30min
W <sub>n0</sub>	Wert in der Ganglinie zum Zeitpunkt der letzten Zählung	Kfz/30min
W <sub>n0+Δn</sub>	Wert in der Ganglinie zum Zeitpunkt der Schaltung (Prognosewert)	Kfz/30min
Emissionsberechnung		
E <sub>gesamt</sub>	Summe der berechneten PM <sub>10</sub> -Emissionen	g/km/h
E <sub>PKW</sub>	Berechnete PM <sub>10</sub> -Emissionen der PKW	g/km/h
E <sub>LNF</sub>	Berechnete PM <sub>10</sub> -Emissionen der leichten Nutzfahrzeuge	g/km/h
EF <sub>PKW</sub>	PM <sub>10</sub> Emissionsfaktor der PKW	0,025 g/km
EF <sub>LNF</sub>	PM <sub>10</sub> Emissionsfaktor der leichten Nutzfahrzeuge	0,027 g/km
Immissionsberechnung		
WIGE <sub>prog</sub>	prognostizierte mittlere Windgeschwindigkeit für den Zeitraum der Schaltung	m/s
AKLA <sub>prog</sub>	prognostizierte Ausbreitungsklasse für den Zeitraum der Schaltung	-
τ	Verdünnungsfaktor (Immission/Emission)	µg/m <sup>3</sup> /(g/km/h)
I	berechneter Immissionsbeitrag	µg/m <sup>3</sup>
SW2 <sub>O</sub>	Schwellenwert für Modul 2 für den Korridor Ost	2,5 µg/m <sup>3</sup>
SW2 <sub>S</sub>	Schwellenwert für Modul 2 für den Korridor Süd	1,4 µg/m <sup>3</sup>
SW2 <sub>W</sub>	Schwellenwert für Modul 2 für den Korridor West	1,8 µg/m <sup>3</sup>
SW2 <sub>N</sub>	Schwellenwert für Modul 2 für den Korridor Nord	1,7 µg/m <sup>3</sup>

### 3. Literaturverzeichnis

- [1] Umweltbundesamt (2004): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1A (28. Februar 2004)
- [2] Hausberger S. (1997): Globale Modellbildung für Emissions- und Verbrauchsszenarien im Verkehrssektor, Dissertation am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU-Graz, Graz
- [3] ÖNORM M 9440 (1992): Ausbreitung von luftverunreinigenden Stoffen in der Atmosphäre
- [4] Öttl D. et al. (2006) Dispersion modeling in complex terrain with frequent low wind speed conditions. Environmental Sciences and Environmental Computing Voll III (Zanetti). EnviroComp Institute and Air&Waste Management Association, 2007
- [5] Öttl, D. (2000): Weiterentwicklung, Validierung und Anwendung eines Mesoskaligen Modells. Dissertation am Institut für Geographie der Universität Graz, p. 155.

**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 Fahrzeuge.

Zusammenfassende Darstellung der Klassifizierungsgruppen gemäß der TLS-Richtlinie:

Klassifizierungsgruppe (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)
Grundklassifizierung	nk KFZ	Krad	Pkw	Lfw	PkwA	Lkw	LkwA	Sattel-Kfz	Bus