

**Gutachten  
zur Verordnung einer im-  
missionsgesteuerten Ge-  
schwindigkeitsbegrenzung  
auf der A10 zwischen Salz-  
burg und Golling**

Dr. Jürg Thudium  
12.06.2008 / 5801.80 V2

Oekoscience AG

Postfach 452  
CH - 7001 Chur

Telefon: +4181 250 3310  
[science@oekoscience.ch](mailto:science@oekoscience.ch)

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Veranlassung einer flexiblen Tempobeschränkung</b>	<b>1</b>
<b>3.</b>	<b>Ansatz einer Immissionssteuerung</b>	<b>2</b>
<b>4.</b>	<b>Schwellenwert für die Schaltung von Tempo 100</b>	<b>3</b>
<b>5.</b>	<b>Eingangsdaten</b>	<b>4</b>
<b>6.</b>	<b>Von der Asfinag zu speichernde Daten</b>	<b>5</b>
<b>7.</b>	<b>Anpassung an Veränderungen</b>	<b>6</b>
<b>8.</b>	<b>Eignung der Meßstelle Hallein zur flexiblen Temposteuerung</b>	<b>6</b>
<b>9.</b>	<b>Steuerungskomponente NOx</b>	<b>7</b>
<b>10.</b>	<b>Verwendete Emissionsfaktoren</b>	<b>9</b>
<b>11.</b>	<b>Flussdiagramm der Tempo100-Steuerung</b>	<b>12</b>
<b>12.</b>	<b>Ersatzwertverfahren</b>	<b>14</b>

# 1. Einleitung

Die Abteilung 16 - Umweltschutz - des Amtes der Salzburger Landesregierung hat Dr. Jürg Thudium von der Fa. Oekoscience beauftragt, ein Gutachten zur Verordnung einer immissionsgesteuerten Geschwindigkeitsbegrenzung mittels einer Verkehrsbeeinflussungsanlage (VBA) auf der Tauernautobahn A10 zwischen Salzburg und Golling zu erstellen.

# 2. Veranlassung einer flexiblen Tempobeschränkung

In manchen Bereichen rund um die österreichischen Autobahnen wird der Jahresmittel-Grenzwert und zum Teil auch der Kurzzeitgrenzwert für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) seit Jahren überschritten. Auf Grund von autobahnnahen Messstellen mit entsprechenden Parallelmessungen muss auch die Belastung mit lungengängigen ultrafeinen Partikeln und mit Russ als hoch angenommen werden. Die Emissionen der Autobahnen liefern ebenfalls einen erheblichen Beitrag zur PM<sub>10</sub>-Konzentration, die in einigen Regionen mit Autobahnen ebenfalls über dem Grenzwert liegt, vor allem über die Sekundärpartikelbildung aus den Stickstoffoxiden. Verschiedene Maßnahmen sollen die lufthygienische Belastung reduzieren. Eine Maßnahme betrifft die Geschwindigkeit der Personenkraftwagen (PKW), Lieferwagen (Lfw) und Motorräder (MR): Eine Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 130 auf 100 km/h bringt eine erhebliche Reduktion der Stickstoffoxid- und partikelgebundenen Emissionen. Die auf der A10 zwischen Salzburg und Golling geltende permanente Geschwindigkeitsbegrenzung soll flexibilisiert werden. Die permanente Geschwindigkeitsreduktion gilt auch dann, wenn der lufthygienische Effekt gering ist. Die flexible Geschwindigkeitsreduktion soll nur temporär gelten, jedoch dann, wenn es lufthygienisch am meisten bringt, d.h. wenn der Beitrag der Pkw zur Luftverschmutzung am größten ist. Dies hängt von den meteorologischen Bedingungen und vom Verkehrsfluß ab.

### 3. Ansatz einer Immissionssteuerung

Die Aufgabe einer immissionsgesteuerten Geschwindigkeitsbegrenzung besteht darin, die Geschwindigkeit der Pkw, Lieferwagen und Motorräder nur zu einem Teil der Zeit zu begrenzen und damit aber einen optimalen lufthygienischen Effekt zu erzielen. Begrenzt man die Geschwindigkeit immer bei hohem Pkw-Aufkommen, wird man dies auch dann tun, wenn ein starker Wind sowieso für gute Luftqualität sorgt, und niemand wird diese Begrenzung einsehen. Begrenzt man die Geschwindigkeit immer bei schlechten Ausbreitungsbedingungen, so wird man dies auch dann tun, wenn nur relativ wenige Pkw fahren und der erreichte Effekt damit gering ist, z.B. in der Nacht.

Der optimale Steuerparameter bezieht sich vielmehr auf die von den Pkw, Lfw und MR verursachten Immissionen, d.h. den Anteil der Immission, welcher von dieser Klasse herrührt. Dieser hängt vom Verkehrsaufkommen dieser Fahrzeugkategorien und von den Ausbreitungsbedingungen ab.

Die Ausbreitung von Luftschadstoffen ist ein komplexer Vorgang. In topographisch gegliedertem Gelände ist sie noch komplexer als über dem flachen Land. Dies liegt an der Kanalisierung der Strömungen innerhalb der Talflanken und an den zäheren Inversionen (wenn wärmere Luft über kälterer liegt und der Wegtransport der Schadstoffe nach oben stark behindert ist). Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, daß eine bestimmte Emissionsmenge (z.B. von einem bestimmten Lastwagen) in einem Alpental im Durchschnitt die 2.5 - 3fache Immission (Luftschadstoffkonzentration in der Luft) erzeugt wie im flachen Land. Generell aber erzeugt eine bestimmte Emissionsmenge im Mittel nachts etwa die 3-4fache Immission wie über Mittag.

Das Verhältnis zwischen erzeugter Immission und ursächlicher Emission wird also von der Topographie der Umgebung und den meteorologischen Ausbreitungsbedingungen bestimmt. Der von Oekoscience entwickelte Modellansatz geht empirisch von diesem Verhältnis aus, welches für jede Stunde aus Messungen (Luftschadstoffe, Verkehr) bestimmt wird. Für jede Stunde eines Zeitraumes sind die realen Ausbreitungsbedingungen über das I/E-Verhältnis ( $= \tau$  [Tau]) empirisch bekannt und müssen nicht über Annahmen parametrisiert werden. Dabei muß ein zeitlich variabler, also dynamischer Hintergrund berücksichtigt werden (entsprechend den von früheren und anderen Emissionen herrührenden Immissionen).

Im Falle des NO<sub>2</sub> muß berücksichtigt werden, daß dieser Stoff zu einem großen Teil erst in der Atmosphäre aus NO entsteht. Die Verhältnisse zwischen NO,

NO<sub>2</sub>, Ozon und anderen oxidierenden Luftschadstoffen sind sehr komplex, was zur Folge hat, daß sich Änderungen beim Gesamtstickstoffoxid NO<sub>x</sub> in nicht proportionalen Änderungen beim NO<sub>2</sub> nieder schlagen. Auch hier verfolgt das Modell von Oekoscience einen empirischen Ansatz, der den veränderlichen Konversionsverhältnissen sowie den je nach Fahrzeugkategorie unterschiedlichen Anteilen direkt emittierten NO<sub>2</sub> dynamisch folgt und nicht auf einer statischen Näherungsformel beruht.

Der verwendete Steuerparameter ist also die von der Klasse der PKW erzeugte direkte Immission, welche nicht direkt meßbar ist. Sie ist mit Hilfe des  $\tau$ -Verhältnisses aber berechenbar, für jede Stunde nämlich gleich dem Produkt von  $\tau$  und Pkw-Emission:

$$I_{\text{dirPKW}} = \tau * E_{\text{aPKW}}$$

mit  $I_{\text{dirPKW}}$  : Von den Pkw in der aktuellen Halbstunde direkt erzeugte Immission

$\tau$  : Transferfaktor

$E_{\text{aPKW}}$  : Von den PKW in der aktuellen Halbstunde freigesetzte Emission.

Die Verfügung einer Geschwindigkeitsreduktion für Pkw erfolgt zu Zeiten der höchsten Werte für  $I_{\text{dirPKW}}$ . Würden die Zeiten einer Geschwindigkeitsreduktion (x% der Gesamtzeit) zufällig übers Jahr ausgewählt, so wäre der erreichte Reduktionseffekt bei den Immissionen ebenfalls im Mittel x% des möglichen Gesamteffektes (wenn die Geschwindigkeitsreduktion immer gelten würde). Dank der immissionsklimatischen Steuerung ist der erreichte Effekt aber 2 – 3-mal höher.

Mit dieser Art von Steuerung ist die zu erwartende Akzeptanz langfristig höher als bei einer permanenten Tempo100-Verfügung einzuschätzen.

## 4. Schwellenwert für die Schaltung von Tempo 100

Die Verfügung einer Geschwindigkeitsreduktion für Pkw erfolgt zu Zeiten der höchsten Werte für den Beitrag der Pkw an die Immissionen ( $I_{\text{dirPKW}}$ ; s. Kap. 3). Konkret wird geschaltet, wenn dieser Beitrag über einem bestimmten Schwellenwert liegt. Dieser Schwellenwert ist ortsspezifisch und vom jeweiligen Bundesland

zu bestimmen. Entsprechend § 1 Abs 1 Z 2 der VBA-Verordnung - IG-L wird er im Land Salzburg so bestimmt, daß erwartet werden kann, daß der erzielte lufthygienische Effekt der flexiblen Tempobeschränkung über das gesamte Jahr mindestens 75% des Effektes einer permanenten Tempo100-Beschränkung erreicht.

Grundsätzlich soll Tempo 100 gelten, sobald der Halbstundenwert der gesamten NO<sub>2</sub>-Immission 150 µg/m<sup>3</sup> überschreitet. Ebenso soll an einem Tag mit einem NO<sub>2</sub>-Minimum in den frühen Morgenstunden > 80 µg/m<sup>3</sup> eine permanente Tempobeschränkung bis mindestens 18 Uhr gelten. Beide Bestimmungen dienen dem Schutz vor einer Überschreitung des Kurzzeitgrenzwertes für NO<sub>2</sub> gemäß IG-Luft (200 µg/m<sup>3</sup>). NO<sub>2</sub> bildet sich zu wesentlichen Teilen erst allmählich in der Atmosphäre aus NO. Um einer Entwicklung hin zu hohen NO<sub>2</sub>-Immissionen die Spitze zu brechen, muß deshalb schon deutlich vor Erreichen des Kurzzeitgrenzwertes von 200 µg/m<sup>3</sup> eingeschritten werden, aber dennoch erst dann, wenn es sich um eine seltene Extremsituation handelt. In der Praxis haben diese Bestimmungen eine geringe Bedeutung, insbesondere die erste, da in solchen Situationen zu meist schon der Pkw-Beitrag zur NO<sub>x</sub>- oder NO<sub>2</sub>-Immission über dem Schwellenwert liegt.

Eine durchgeführte Änderung des Schaltzustandes (Tempo 100 oder nicht) muß mindestens eine Stunde gelten, um irritierende Schaltfrequenzen zu vermeiden. Aus dem gleichen Grunde werden die Schwellenwerte um ±1 µg/m<sup>3</sup> geschert: Bei nicht geschaltetem Tempo 100 ist der Schwellenwert zur Einschaltung um 1 µg/m<sup>3</sup> höher, bei geschaltetem Tempo 100 ist der Schwellenwert zur Ausschaltung um 1 µg/m<sup>3</sup> niedriger.

## 5. Eingangsdaten

Die Erfassung der Eingangsdaten (Immissionen und Verkehrszahlen) hat grundsätzlich nach 'State of the Art' zu erfolgen.

### **Immissions-Messungen:**

Die Standards, die in Österreich für Messstellen zur Prüfung der Einhaltung von Grenzwerten gemäß IG-Luft gelten, sind auch für diese Anwendung zu erfüllen.

### **Verkehrserfassungen:**

Zu erfassen sind Stundenwerte des Verkehrsaufkommens und der mittleren Fahrgeschwindigkeit unterteilt nach 8+1 Fahrzeugkategorien; Halbstundenwerte der Summe an leichten und schweren Fahrzeugen.

## 6. Von der Asfinag zu speichernde Daten

Bei der Asfinag müssen aus Gründen der Rückverfolgung die folgenden Daten halbstündlich gespeichert werden:

Datum  
Zeit  
Schaltentscheidung für Tempo 100 (Boolean)  
Optimierungskomponente (NO<sub>x</sub> oder NO<sub>2</sub>)  
Aktuelle Schwelle für Imm. PKW für Tempo 100  
Direkter Beitrag der PKW-Klasse zur NO<sub>x</sub>-Immission  
Direkter Beitrag der PKW-Klasse zur NO<sub>2</sub>-Immission  
Empirischer Ausbreitungsparameter  $\tau$  (Oekoscience-Modell)  
Summe der leichten Fz. (MR + PKW + LNF)  
Summe der schweren Fz. (üb. Kategorien)  
Stundensumme Busse  
Stundensumme MR  
Stundensumme PKW  
Stundensumme LNF  
Stundensumme LKW  
Stundensumme LZ  
Stundensumme SZ  
Stundensumme PKW mA  
Stundensumme Sonstige  
Gesamtemission  
Emission der PKW-Klasse (MR + Pkw + LNF)  
Differenz von G\_PKW zwischen Standard-Tempo und aktuellem Tempo  
Messwert NO<sub>x</sub>  
Messwert NO<sub>2</sub>  
Plausibilitätscode für NO<sub>x</sub>  
Plausibilitätscode für NO<sub>2</sub>  
Plausibilitätscodesumme aller 9 Verkehrskategorien  
Mittlere Geschwindigkeit Busse  
Mittlere Geschwindigkeit MR  
Mittlere Geschwindigkeit PKW  
Mittlere Geschwindigkeit LNF  
Mittlere Geschwindigkeit LKW  
Mittlere Geschwindigkeit LZ  
Mittlere Geschwindigkeit SZ  
Mittlere Geschwindigkeit PKW mA

Mittlere Geschwindigkeit Sonstige

Anhand dieser Parameter kann das Schaltergebnis des Algorithmus jederzeit nachvollzogen werden.

## 7. Anpassung an Veränderungen

Die in den Algorithmus zur Schaltung einer immissionsgesteuerten Geschwindigkeitsbegrenzung eingehenden Parameter müssen allenfalls an veränderte fachliche Gegebenheiten angepaßt werden, was zu einer notwendigen Anpassung der Verordnung auf Landesebene führen könnte. Solche Veränderungen können die folgenden Fachgebiete betreffen (nicht abschließende Liste):

Emissionsfaktoren je Fahrzeugkategorie und ihre Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit.

Änderung des Zählsystems für das nach Fahrzeugkategorien unterteilte Verkehrsaufkommen.

Anteile direkt emittierten NO<sub>2</sub> am gesamten emittierten Stickstoffoxid je Fahrzeugkategorie.

Anteil des NO<sub>2</sub> am NO<sub>x</sub> in der Immission auf Grund der klimatischen Bedingungen.

## 8. Eignung der Meßstelle Hallein zur flexiblen Temposteuerung

Die meteorologischen und immissionsseitigen Messungen in der Region Hallein waren Gegenstand einer immissionsklimatischen Untersuchung. Nebst der Meßstelle Hallein (A10) wurden auch die Messungen im Ort Hallein, in Winterstall sowie die Temperaturprofile bei Hallein und Salzburg in die Analyse miteinbezogen.

Es hat sich gezeigt, daß die Meßstelle Hallein (A10) aus den folgenden Gründen gut zur flexiblen immissionsabhängigen Temposteuerung auf der A10 geeignet ist:

- Die Windverteilung an der Meßstelle ist typisch für ein nach Nord-Süd ausgerichtetes Alpental. Die Hauptwindrichtungen verlaufen ziemlich pa-

parallel zur A10 (NNW-SSE), was ausgeprägte Luv-Lee-Situationen vermeidet.

- Die Windrichtungen an der Meßstelle an der A10 weisen eine hohe Koinzidenz mit denjenigen auf der Eisenbahnbrücke im Ort Hallein auf → lokale Effekte haben einen kleinen Einfluß auf die Windrichtungen an der Meßstelle an der A10.
- Inversionen sind in der Region Hallein relativ häufig, und weisen keine großen Auffälligkeiten auf: Im Winter häufiger als im Sommer, in der unteren Schicht häufiger als in der oberen, und vor allem nachts häufiger als über Mittag.
- Die Immissionen an allen Meßstellen sind während Inversionsphasen deutlich erhöht. Wie in Fallstudien mit der 200 m erhöht liegenden Meßstelle Winterstall gezeigt werden konnte, erfolgt die Entlastung nach solchen Phasen wesentlich durch vertikalen Wegtransport der verschmutzten Luft. Dünne Inversionsschichten können zu besonders hohen Immissionen in Bodennähe führen.
- Das Zusammenspiel zwischen Emissionen, Windgeschwindigkeit, Inversionshäufigkeit und Immissionen zeigt ein vertrautes Muster, welches trotz lokalspezifischen Eigenheiten (was sich in bestimmten Parametern in der Steuerungssoftware zeigen wird) darauf schließen läßt, daß mit dieser Meßstelle die Temposteuerung lufthygienisch sinnvoll gehandhabt werden kann.

## 9. Steuerungskomponente NO<sub>x</sub>

Die Steuerungssoftware ist darauf ausgelegt, daß sowohl nach NO<sub>x</sub> als auch nach NO<sub>2</sub> (Immissionsbeitrag der Pkw) gesteuert werden kann.

Für NO<sub>2</sub> spricht, daß hier auch die Grenzwertüberschreitung aufgetreten ist. Jedoch ist NO<sub>2</sub> ein Teil von NO<sub>x</sub>, der andere Teil des NO<sub>x</sub> (NO) ist Vorläufer des NO<sub>2</sub>. Das bedeutet, daß mit einer Reduktion des NO<sub>x</sub> auch NO<sub>2</sub> reduziert wird.

Die Schaltzeiten bei Steuerung nach NO<sub>x</sub> sind denn auch nicht sehr verschieden von denjenigen bei Steuerung nach NO<sub>2</sub>; letztere verlagern sich etwas zu Zeiten mit günstigen Konversionsbedingungen (NO zu NO<sub>2</sub>), was sich insbesondere an Sonn- und Feiertagen bemerkbar macht, wenn ein gleicher NO<sub>x</sub>-Beitrag zu einem höheren NO<sub>2</sub>-Beitrag führt, weil dann die gesamte NO<sub>x</sub>-Konzentration niedriger und der gesamte relative Anteil von NO<sub>2</sub> höher ist.

Das NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>-Verhältnis hat sich in den letzten Jahren insbesondere straßennah nach oben verschoben infolge der erhöhten direkten Emission an NO<sub>2</sub> von modernen Dieselfahrzeugen. In einiger Entfernung von der Straße wirkt sich dies weniger aus.

Die gesamte Bevölkerung des Salzachtales ist eher von den gesamten (NO<sub>x</sub>-) Emissionen der A10 betroffen denn von den Direktmissionen an NO<sub>2</sub>. Dies spricht für NO<sub>x</sub> als Steuerungsparameter. Damit wird die Steuerung von den komplexen Entwicklungen rund um die Direktmission an NO<sub>2</sub> unabhängig.

Im Weiteren erfolgt der Beitrag des Straßenverkehrs zur PM<sub>10</sub>-Konzentration nicht nur über die primäre Emission, sondern in erheblichem Masse über die Sekundärpartikelbildung aus dem NO<sub>x</sub>. (z.B. 1, 2): Diese ist umso intensiver, je höher der Beitrag des Verkehrs (bei der Tempo100-Schaltung: der Pkw) zur NO<sub>x</sub>-Immission ist.

Daraus folgt, daß über die NO<sub>x</sub>-Steuerung auch ein erheblicher Beitrag der Pkw zur PM<sub>10</sub>-Reduktion erfolgt. Es kommt hinzu, daß die primär emittierten ultrafeinen und besonders gesundheitsschädlichen Partikel (wie Russ) ziemlich parallel zum NO<sub>x</sub> emittiert werden, hohe Immissionen an diesen Partikeln können näherungsweise anhand der NO<sub>x</sub>-Messungen erkannt werden, aber nicht anhand von PM<sub>10</sub>-Messungen.

Zusammenfassend wird aus fachlicher Sicht empfohlen, NO<sub>x</sub> als Steuerungsparameter zu verwenden.

#### **Literatur:**

1. Feinstaubmessungen in Reiden/Sedel im Januar/Februar 2006:

André Prévôt<sup>1</sup>, RamiAlfarra<sup>1</sup>, Sönke Szidat<sup>2</sup>, Miriam Wehrli<sup>2</sup>, Valentin Lanz<sup>3</sup>, Hans-Arno Synal<sup>4</sup>, JiscaSandradewi<sup>1</sup>, und Urs Baltensperger<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Labor für Atmosphärenchemie, Paul Scherrer Institut, <sup>2</sup>Uni Bern, <sup>3</sup>Empa Dübendorf, <sup>4</sup>PSI/ETH Zürich.

2. Primary versus secondary components in particulate matter. Overview of the aerosol mass spectrometer measurements in the AEROWOOD project and generally in Switzerland:

André S.H. Prévôt<sup>1</sup>, M.R. Alfarra<sup>1</sup>, S. Weimer<sup>1,3</sup>, Jisca Sandradewi<sup>1</sup>, Nolwenn Peron<sup>1</sup>, E. Weingartner<sup>1</sup>, U. Baltensperger<sup>1</sup>, S. Szidat<sup>2,1</sup>, V. Lanz<sup>3</sup>, C. Hueglin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Paul Scherrer Institut, <sup>2</sup>University of Berne, <sup>3</sup>Empa Dübendorf.

## 10. Verwendete Emissionsfaktoren

Im Algorithmus werden die aktuellen Emissionen auf der A10 berechnet. Dazu werden die kontinuierlichen nach Kategorien unterteilten Fahrzeugzahlen mit den zugehörigen Emissionsfaktoren verknüpft. Die Emissionsfaktoren hängen stark von der Fahrgeschwindigkeit ab (ansonsten die Temporeduktion lufthygienisch ja keinen Sinn machen würde); deshalb werden auch kontinuierlich die mittleren Geschwindigkeiten jeder Fahrzeugkategorie gemessen und in die Emissionsberechnung miteinbezogen.

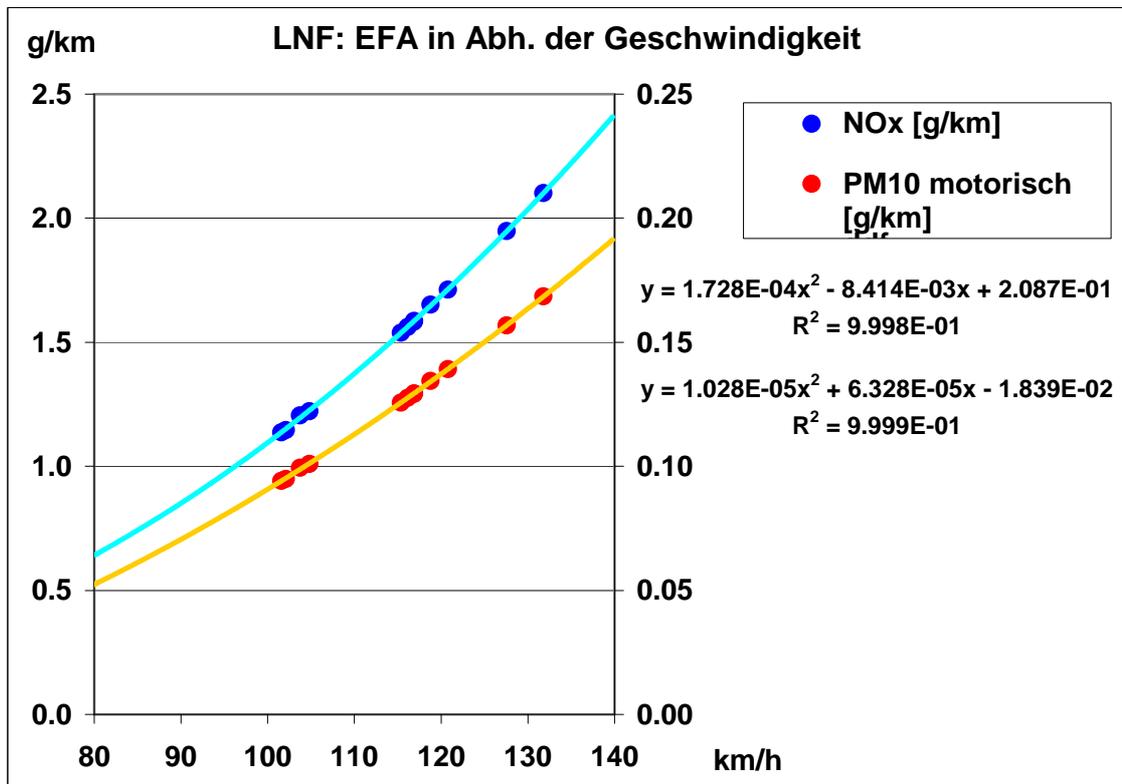
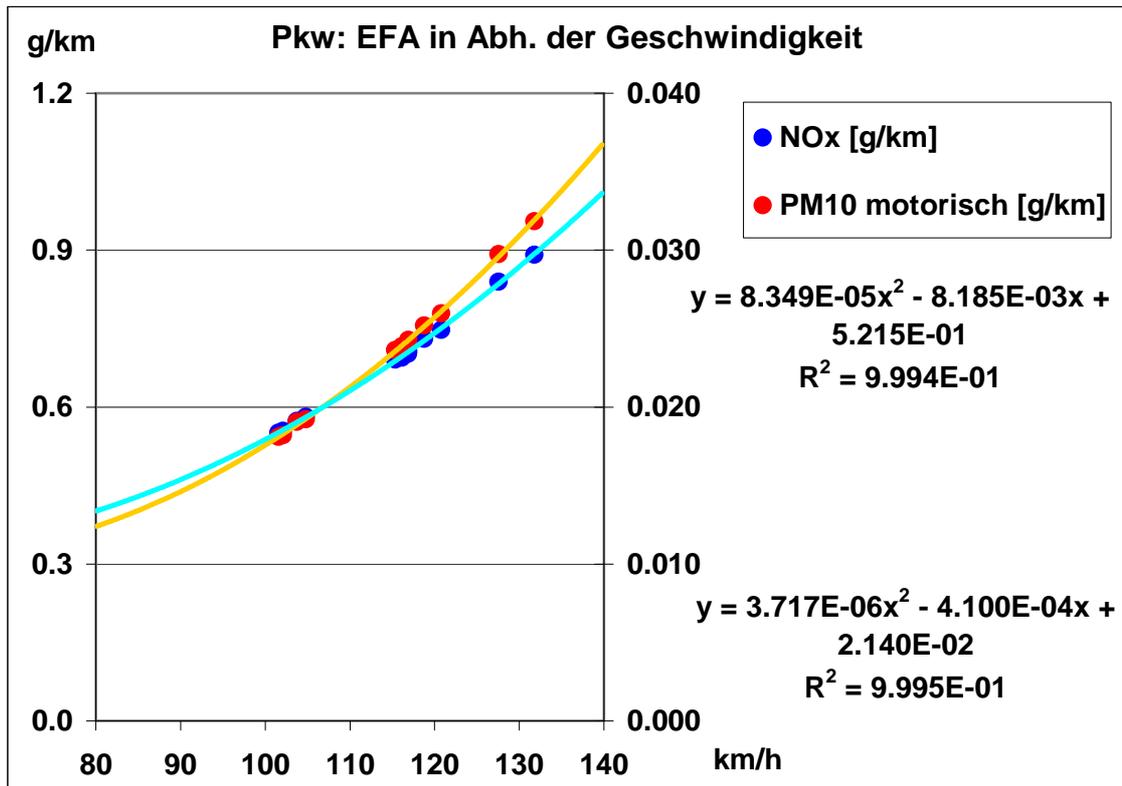
Im Allgemeinen wird für die Bestimmung der Emissionsfaktoren das Handbuch HBEFA 2.1 vom Feb. 2004 herangezogen. Neuere Erkenntnisse haben gezeigt, dass diese Angaben an vielen Stellen zu revidieren sind. Eine neue Version ist auf Herbst 2008 angesagt, könnte sich aber noch weiter verzögern.

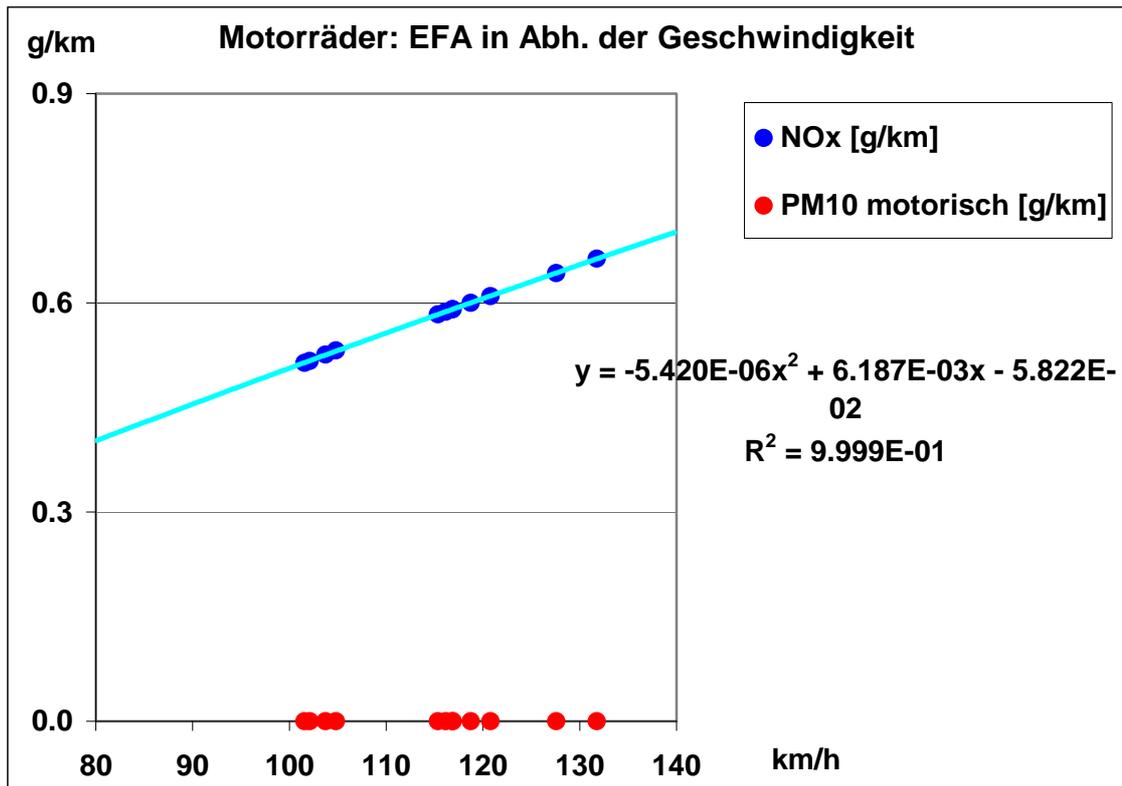
Im Frühjahr 2007 sind dem Land Tirol von der TU Graz revidierte Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit für die Autobahn A12 vorgelegt worden. Diese werden für alle immissionsgesteuerten Autobahnabschnitte verwendet, bis offiziell neue Emissionsfaktoren vorliegen.

Im Folgenden werden diese Emissionsfaktoren in ihrer Geschwindigkeitsabhängigkeit aufgezeigt.

Zitat aus: „Evaluation: Tempo 100 auf der Unterinntalautobahn im Winter 2006/07, Teil 1: Effekte auf Fahrgeschwindigkeiten, Emissionen und Immissionen“. Im Auftrag der Tiroler Landesregierung, Oekoscience, April 2007.

„Die TU Graz hat für die beiden Streckenabschnitte der A12 bei Vomp und Kundl und für die verschiedenen Tempolimits nachts und tagsüber mittlere Emissionsfaktoren für Pkw, Motorräder und Lieferwagen bestimmt. Diese zeigen alle eine strenge Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit allein, so daß daraus geschlossen werden kann, daß mit dem heutigen Kenntnisstand die mittlere Geschwindigkeit allein (und allenfalls noch die Längsneigung) den Emissionsfaktor bestimmt. Die folgenden drei Abbildungen zeigen diese Abhängigkeiten.





Emissionsfaktoren (EFA) in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit für Pkw, Lieferwagen und Motorräder, nach Angaben der TU Graz 2007.

Die Kurven zeigen Korrelationskoeffizienten von mehr als 0.999, zum Teil mehr als 0.9999, d.h. die Geschwindigkeit allein bestimmt für geringe Längsneigung die Emissionsfaktoren.

Bei den Pkw und Lieferwagen nehmen die EFA von (wirklich gefahrenem) Tempo 130 km/h auf 100 km/h um etwa 40% ab.“

Die Emissionsfaktoren der schweren Fahrzeuge wurden wie folgt angegeben:

Fahrzeugkategorie	NOx	PM10 motorisch
	[g/km]	[g/km]
Solo LKW	4.25	0.088
Last- und Sattelzüge	5.74	0.106
Reisebus	7.53	0.177

Die Emissionsfaktoren beziehen sich auf das Jahr 2007. Es wird angenommen, daß die Abhängigkeit vom Jahr und bei den schweren Fahrzeugen auch die Ab-

hängigkeit von der Geschwindigkeit proportional zu den entsprechenden Änderungen gemäß HBEFA2.1 verläuft.

## 11. Flussdiagramm der Tempo100-Steuerung

S. nächste Seite.

Es bedeuten:

Kfz-Kategorie: 8+1 Fahrzeugkategorien: Pkw, Motorräder, Lfw, Pkw mit Anhänger, Busse, Lkw, Lastenzüge, Sattelzüge, nicht klassierte Fz.

Kfz-Klasse: Leichtverkehr (Pkw, Motorräder, Lfw) und Schwerverkehr (übrige).

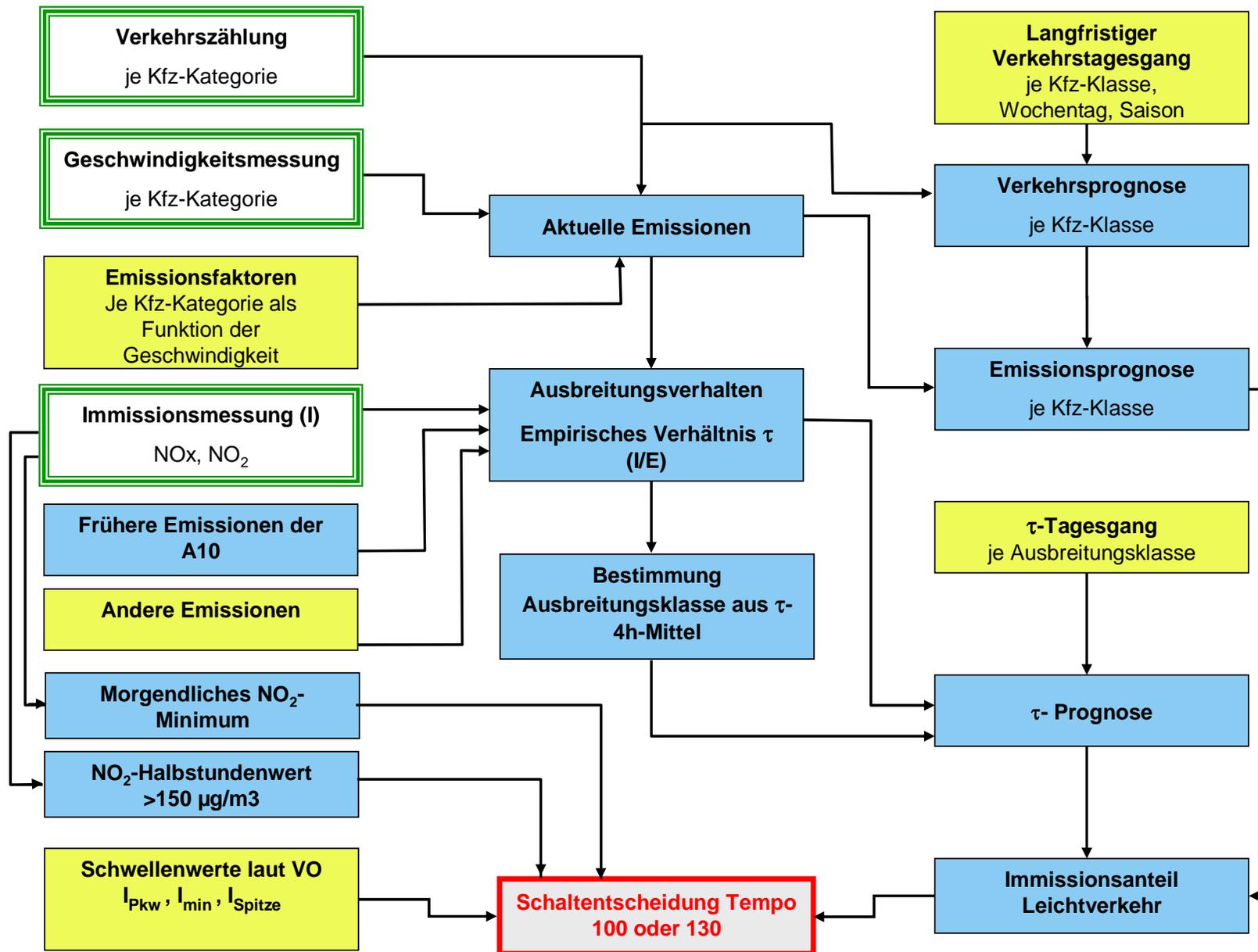
Gelbe Felder: Fest vorgegebene Parameter.

Grüne Felder: Messungen.

Blaue Felder: Operationen.

Rotes Feld: Entscheidung.

### Flussdiagramm des Steueralgorithmus für die Tempo100-Schaltung



## 12. Ersatzwertverfahren

Unter gewissen Bedingungen können fehlende Werte mit Ersatzwerten ergänzt werden. Dies wird im Folgenden beschrieben.

### 1. Geschwindigkeitsmessungen fehlen:

Beim Ausfall von Geschwindigkeitsmessungen werden für die entsprechenden Fahrzeugkategorien Standardgeschwindigkeiten angenommen, für den jeweiligen Autobahnabschnitt typische Geschwindigkeiten.

### 2. Zurückliegende Emissionen fehlen:

Für die Bestimmung des Ausbreitungsparameters  $\tau$  werden auch die Emissionen verwendet, die bis zu drei Stunden zurückliegen. Wenn diese fehlen, werden sie durch die eine Stunde später vorliegenden Emissionen ersetzt. Fehlen auch die aktuellen Emissionen, kann der Pkw-Anteil an den Stickstoffoxidmissionen nicht bestimmt werden → Ausfall der Anlage.

### 3. Ausfall eines einzelnen Halbstundenwerts der Stickstoffoxidmissionen in der Nacht:

Zwischen 22 und 4 Uhr wird der Ausfall eines einzelnen Halbstundenwertes der Stickstoffoxidmissionen kompensiert durch den jeweiligen Vorwert (Wert eine halbe Stunde zuvor). Solche kurzfristigen Ausfälle gibt es aus qualitätstechnischen Gründen. Dauert der Ausfall länger oder ereignet sich ein halbstündiger Ausfall zwischen 4 und 22 Uhr, kann der Pkw-Anteil an den Stickstoffoxidmissionen nicht bestimmt werden → Ausfall der Anlage.

Es ist deshalb wichtig, daß die routinemäßigen Kalibrationen stets zwischen 22 und 4 Uhr angesetzt werden, ansonsten es übers Jahr zu erheblichen Anlagenausfällen kommt.

### 4. Programmstart zur ungeraden Halbstunde:

Startet das System so, daß es zu einer ungeraden Halbstunde (xx:30) erstmals die Tempo100-Schaltung prüft und liegen gleichzeitig keine zurückliegenden Emissionswerte vor, so wird die Emission der leichten und schweren Fahrzeuge mit festen Faktoren geschätzt.