Schadstoffemissionen bei verschiedenen Geschwindigkeiten

Emissions nocives à différentes vitesses

Teilbericht

Etappe 1: 30/50 km/h

Touring Club der Schweiz, Emmen
Vizedirektion Technik und Umwelt
P. Züger, Dipl. Ing. ETH
D. Burch, Dipl. Ing. HTL
P. Riedwyl, Dipl. Ing. HTL
A. Porchet, lic. sc. nat., Biologe

Forschungsauftrag 63/92 auf Antrag des
Bundesamtes für Strassenbau (ASB)

September 1995

Schadstoffemissionen bei verschiedenen Geschwindigkeiten

Emissions nocives à différentes vitesses

Etappe 1: 30/50 km/h

Bei diesen Messungen geht es um die Untersuchung des Verbrauchs und der Schadstoffemissionen in Abhängigkeit der signalisierten Höchstgeschwindigkeit innerorts (50 oder 30 km/h).

Mit der Mobilen AbgasMessAnlage (MAMA) wurden in zwei Messgebieten (Wesemlin, Luzern; Länggasse, Bern) mit zwei verschiedenen Fahrern (defensiv und offensiv) Messfahrten bei Tempo 50 und 30 km/h absolviert.

Es zeigte sich, dass Tempo 30 zu einer Verminderung von Verbrauch und Schadstoffemissionen (nicht bei Kohlenwasserstoffen) führt. Der Fahrstil wird gleichmässiger. Der Einfluss der Fahrweise (defensiv oder offensiv) auf die Schadstoffemissionen ist teilweise grösser als derjenige des Temporegimes (T50/T30).

Die Unterschiede zwischen T50 und T30 sind lufthygienisch höchstens von lokaler Bedeutung. Eine Untersuchung dieses Themas war aber nicht Ziel der vorliegenden Studie.

Andere Aspekte wie Wohn- und Lebensqualität (Lärm, Sicherheit, etc.) sind ebenfalls zu betrachten bei der Beurteilung von Tempo 30.

Inhaltsverzeichnis

	Anhangverzeichnis	**4**
	Verzeichnis der Abkürzungen	**5**
	Zusammenfassung	**6**
	Résumé	**7**
1.	**Messvorhaben**	**8**
1.1	Einleitung	8
1.2	Auftrag	9
1.3	Zielsetzung	9
2.	**Die Mobile AbgasMessAnlage (MAMA)**	**10**
2.1	Methodik	10
2.2	Übertragbarkeit der MAMA-Ergebnisse	10
3.	**Messbedingungen**	**12**
3.1	Messgebiete/Messorte	12
3.2	Messstrecken	14
3.3	Verschiedene Temporegimes	17
3.4	Fahrweise/Anzahl Fahrer	18
3.5	Messparameter der MAMA	18
3.6	Tageszeit der Messungen	19
3.7	Übrige Messbedingungen	20
4.	**Messprogramm**	**20**
4.1	Anzahl der Messfahrten	20
4.2	Gültigkeit/Ungültigkeit einer Fahrt	21
4.3	Zeitplan	22
5.	**Ergebnisse**	**23**
5.1	Verbrauch	23
5.2	Kohlendioxid-Emissionen	25
5.3	Stickoxid-Emissionen	27
5.4	Kohlenmonoxid-Emissionen	29
5.5	Kohlenwasserstoff-Emissionen	31
5.6	Mittlere Geschwindigkeiten	33
5.7	Verteilung der Betriebszustände	35
5.8	Gangwahl	37
5.9	Verkehrsaufkommen	37
6.	**Zusammenfassung der Ergebnisse**	**38**
7.	**Diskussion**	**39**
8.	**Fazit**	**43**
9.	**Literatur- und Quellenverzeichnis**	**44**

Anhangverzeichnis

			Seite
Anhang	1	Auszug aus Massnahmenplan des Kantons Zürich	45
Anhang	2	Die **M**obile **A**bgas**M**ess**A**nlage (MAMA)	46
Anhang	3	Auszug aus "Die **M**obile **A**bgas**M**ess-**A**nlage – Ein Vergleich mit dem Schweizer Personenwagenpark"	48
Anhang	4	Messstrecke 1: Luzern, Wesemlin	51
Anhang	5	Messstrecke 2: Bern, Länggasse	52
Anhang	6	Zusätzliche Messstrecke: Luzern, Hirtenhof	53
Anhang	7	Zusätzliche Messstrecke: Luzern, Industriestrasse	54
Anhang	8	Graphik: Auswahl der Fahrer	55
Anhang	9	Mitglieder der Begleitkommission	56

Verzeichnis der Abkürzungen

ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V.
ASB	Bundesamt für Strassenbau
CO	Kohlenmonoxid
CO_2	Kohlendioxid
HC	Kohlenwasserstoffe
NO_x	Stickoxide
MAMA	**M**obile **A**bgas**M**ess**A**nlage
TCS	Touring Club der Schweiz

Kurzfassung

Im Rahmen des Forschungsprojektes "Schadstoffemissionen bei verschiedenen Geschwindigkeiten" wurde die erste Etappe (30 und 50 km/h) realisiert.

In fast allen kantonalen Massnahmenplänen wird vorgeschlagen, durch die Reduktion der Höchstgeschwindigkeit von 50 auf 30 km/h in bestimmten Zonen die Schadstoffemissionen zu vermindern. Zusätzlich erwartet man von Tempo 30 eine Verbesserung der Wohnqualität (Sicherheit, Lärm usw.).

Mit der **M**obilen **A**bgas**M**ess**A**nlage (MAMA) wurden in zwei verschiedenen Messgebieten und mit zwei verschiedenen Fahrern Messfahrten unter zwei Temporegimes (T30 und T50) durchgeführt.

Das Wesemlin-Quartier im Nordosten der Stadt Luzern bot sich als Gebiet mit Steigungen und Gefällen an. In Bern war die Wahl auf eine Messstrecke im Länggasse-Quartier gefallen. Anders als in Luzern ging die Umsignalisation von Tempo 50 auf Tempo 30 in Bern mit umfassenden baulichen Massnahmen einher.

Um einen grossen Bereich von verschiedenen Fahrweisen abdecken zu können, wurden ein defensiver und ein offensiver Fahrer eingesetzt.

Die Messergebnisse zeigen, dass beim Wechsel vom Temporegime T50 zu T30 der Benzinverbrauch und die Schadstoff-Emissionen (Kohlenwasserstoffemissionen nicht) deutlich abnehmen. Der Einfluss der Fahrweise (defensiv oder offensiv) auf die Schadstoffemissionen ist teilweise grösser als derjenige des Temporegimes.

Die Erhöhung des zeitlichen Anteils des Betriebszustandes "Konstantfahrt" und die entsprechende Abnahme bei Beschleunigung und Verzögerung bei beiden Fahrweisen (defensiv und offensiv) sind Ausdruck eines gleichmässigeren Fahrstils.

Es handelt sich beim Trägerfahrzeug der MAMA um ein einziges Auto. Die Erkenntnisse aus den Messungen mit der MAMA können in ihrer relativen Bedeutung tendenziell auf einen Grossteil des Schweizer Personenwagenparks übertragen werden.

Prozentuale Angaben können ein Ergebnis in gänzlich anderem Licht darstellen als absolute Angaben. Absolut gesehen bewegt man sich bei einem Auto mit Katalysator bei diesen Innerortsgeschwindigkeiten auf einem sehr geringen Emissionsniveau.

Die Unterschiede zwischen T50 und T30 sind lufthygienisch höchstens von lokaler Bedeutung. Eine Untersuchung dieses Themas war aber nicht Ziel der vorliegenden Studie.

Résumé

Il s'agit ici de la première étape du projet de recherches sur les «émissions nocives à différentes vitesses». Lors de cette étape, les émissions ont été déterminées à des vitesses de 30 et 50 km/h.

On trouve dans presque tous les plans cantonaux des mesures des propositions pour diminuer les émissions nocives dans certaines zones en réduisant la vitesse limite de 50 km/h à 30 km/h. De plus on aspire à améliorer la qualité de vie (sécurité, bruit etc.).

Des mesures ont été effectuées avec la station mobile de mesure des gaz d'echappement (MAMA pour "**M**obile**A**bgas**M**ess**A**nlage") à deux endroits différents, et par deux conducteurs, à deux régimes de vitesse (30 et 50).

Le quartier Wesemlin, situé au nord-est de la ville de Lucerne, était, avec ses montées et ses pentes, un parcours d'essai approprié. A Berne, le choix a été fixé sur un tronçon dans le quartier Länggasse. La signalisation de la réduction de vitesse, de 50 à 30 km/h, a exigé de plus amples mesures préparatoires dans cette ville qu'à Lucerne.

Pour que les résultats puissent être extrapolés à différents modes de conduite, les essais ont été effectués dans deux modes de conduite, c'est-à-dire défensif et offensif.

Les résultats de ces mesures ont montré qu'en modifiant le régime de vitesse de 50 à 30 km/h la consommation d'essence et les émissions nocives diminuent nettement (excepté pour les hydrocarbures). Cependant, on peut aussi constater que le mode de conduite (défensif ou offensif) exerce, en partie, une plus grande influence sur les émissions nocives que le régime de vitesse.

L'augmentation de la part «vitesse constante» du temps d'utilisation et la réduction correspondante des «démarrages» et «ralentissements» pour les deux modes de conduite (défensif ou offensif)est le reflet d'une manière de conduire plus régulière.

La MAMA est une voiture unique en son genre. Les résultats des mesures, obtenus avec cette voiture, peuvent tendantiellement être reportés dans leur signification relative à une grande partie du parc automobile suisse.

Un résultat peut se présenter sous un tout autre jour si les indications sont en pour-cent ou en valeur absolue. Une voiture à catalyseur émet très peu de substances nocives en roulant aux vitesses prescrites dans les localités.

Les différences entre les vitesses 50 et 30 sont, en matière d'hygiène de l'air, tout au plus d'importance locale. Le but de cette étude n'était pas de réaliser une analyse sur ce thème.

1. Messvorhaben

1.1 Einleitung

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um die erste Etappe des Forschungsprojektes "Schadstoffemissionen bei verschiedenen Geschwindigkeiten". Im Zentrum dieser ersten Etappe stehen die Geschwindigkeiten von 30 und 50 km/h.

Im Zusammenhang mit der Einrichtung und der wissenschaftlichen Beobachtung von Tempo 30-Zonen sind Aussagen zu diesem Geschwindigkeitspaar hochaktuell. Die Diskussion um die entsprechenden Vor- und Nachteile ist noch lange nicht abgeschlossen. Es geht dabei um die Aspekte Umweltschutz und Verkehrssicherheit.

Diese Forschungsarbeit beleuchtet das Thema vor allem aus dem Blickwinkel der Auswirkungen auf die Schadstoffemissionen und den Verbrauch. Weitere Aspekte wie Sicherheit, Lärm etc., die für die Wohnqualität von Bedeutung sind, sind nicht Gegenstand der vorliegenden Studie.

In diesem Bericht geht es ebenfalls nicht darum, einen umfassenden Überblick zum Thema Tempo 30 zu geben. Im Zentrum stehen eindeutig die mit der **M**obilen **A**bgas**M**ess**A**nlage (MAMA) durchgeführten Messungen.

Mehr und mehr wird die globale Emissionsbetrachtung (zum Beispiel gemäss Luftreinhaltekonzept: Erreichung des Standes von 1950 bei den Schwefeldioxid-Emissionen bis 1990 und Erreichung des Standes von 1960 bei den Stickoxid- und den Kohlenwasserstoffemissionen bis 1995) ergänzt durch eine lokale Sicht. Die weitere Verbesserung der Luftqualität in Städten und Agglomerationen kann vor allem durch effektive Emissionsverminderungen in diesen Gebieten realisiert werden.

Einer der Emittenten, der in Städten und Agglomerationen zu den Gesamtemissionen beiträgt, ist der Personenwagenverkehr. In fast allen kantonalen Massnahmenplänen (Beispiel Anhang 1: Auszug aus Massnahmenplan des Kantons Zürich) wird deshalb vorgeschlagen, durch Einführung von niedrigeren Geschwindigkeiten die Schadstoffemissionen des Personenwagenverkehrs zu vermindern. Dazu gehört auch die Reduktion der Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h auf 30 km/h in bestimmten Zonen. Viele Tempo 30-Zonen sind bereits eingeführt, oder stehen kurz vor der Einführung.

Die Vor- und Nachteile von Tempo 50 oder 30 wurden schon in verschiedenen Untersuchungen dargestellt. Die dabei formulierten Beurteilungen der Herabsetzung der erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 50 auf 30 km/h decken den gesamten Bereich ab von "sehr sinnvoll" bis "kontraproduktiv".

Bei den bisher durchgeführten Untersuchungen ist zu beachten, dass sie entweder nicht für die schweizerische Situation (Topographie, Fahrzeugpark etc.) zutreffen und/oder auf Schadstoffemissionswerten basieren, die auf einem Prüfstand erhoben wurden.

Die **M**obile **A**bgas**M**ess**A**nlage (MAMA) des TCS ermöglicht die Messung des Verbrauchs und der Schadstoffemissionen direkt im Verkehr. Dieser einzigartigen Möglichkeit bedient man sich, um zur Klärung der Frage der Vor- und Nachteile der verschiedenen Innerortsgeschwindigkeiten beizutragen. Mit Hilfe der MAMA kann ein direkter Vergleich der Verhältnisse mit "alter" und mit "neuer" Höchstgeschwindigkeit realisiert werden.

1.2 Auftrag

Mit der **M**obilen **A**bgas**M**ess**A**nlage wurden in zwei verschiedenen Messgebieten und mit zwei verschiedenen Fahrern Messfahrten unter ebenfalls zwei verschiedenen Temporegimes durchgeführt. Die Ergebnisse müssen in einer Art aufbereitet werden, dass sie für die Praxis von grösstmöglichem Nutzen sind. Nicht nur bei Ämtern und Instituten, sondern auch bei Politikern und Privaten sollen sie mehr Klarheit geben in der Frage der Umweltrelevanz von Tempo 30 gegenüber Tempo 50 km/h.

1.3 Zielsetzung

Oberziel

Mittels der **M**obilen **A**bgas**M**ess**A**nlage will man eine wichtige Grundlage schaffen für eine fachlich korrekte Beurteilung der in fast allen kantonalen Massnahmenplänen vorgeschlagenen Einführung von niedrigen Geschwindigkeiten. Die Messbedingungen müssen in einer Art und Weise definiert werden, dass die Messergebnisse eine Beantwortung der – bereits im Kreditbegehren genannten – folgenden Fragen ermöglichen:

• Wie verhalten sich die Emissionen an Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO_2), Kohlenwasserstoffen (HC) und Stickoxiden (NO_x) bei Regimes mit einer erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 50 beziehungsweise 30 km/h?
• Wie verhält sich der Verbrauch bei Regimes mit einer erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 50 beziehungsweise 30 km/h?

Unterziele

Zusätzlich soll auch eine Antwort gesucht werden auf die Frage, wie sich das Fahrverhalten in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ändert. Das Fahrverhalten wird ausgedrückt durch die Durchschnittsgeschwindigkeit, die Verteilung der Fahrzeit auf die vier Betriebszustände Stillstand, Konstantfahrt, Beschleunigung und Verzögerung und die Verteilung der gefahrenen Geschwindigkeiten.

Des weiteren wird mit Erkenntnissen gerechnet, die unter Umständen bei der Anlegung von Tempo 30-Zonen hilfreich sein können (Strassenführung, Schwellen, Vortrittsregelung, Topographie etc.). Darunter sind Erfahrungen, Beobachtungen, etc. zu verstehen, die während der Messfahrten gemacht wurden.

Es sollten auch Hinweise darauf resultieren, in welchen Gängen bei welchem Temporegime gefahren werden kann.

Weitere Aspekte (Verkehrssicherheit, Lärm, etc.), die für die Beurteilung tieferer Geschwindigkeiten ebenfalls von Bedeutung sind, sind nicht Gegenstand der vorliegenden Studie.

2. Die Mobile AbgasMessAnlage (MAMA)

2.1 Methodik

Die **M**obile **A**bgas**M**ess**A**nlage (MAMA) besteht im wesentlichen aus drei Teilen. Bei Teil 1 handelt es sich um das Trägerfahrzeug. Zur Zeit ist es ein VW Golf, ausgerüstet mit 1.8 l-Motor, geregelter Einspritzung und Dreiwegkatalysator. Die Anlage kann aber jederzeit in ein anderes Trägerfahrzeug eingebaut werden.

Als Teil 2 kann man die eigentliche Analyseanlage bezeichnen. Die vier Bausteine dieser Anlage erlauben eine sehr präzise Analyse der während der Fahrt anfallenden Abgase des Trägerfahrzeugs.

Teil 3 bildet der Computer. Zusammen mit den genauen Angaben über die Geschwindigkeit und den Verbrauch errechnet er die gewünschten Daten auf der Basis der von der Analyseeinheit zur Verfügung gestellten Emissionskonzentrationen.

Während der Fahrt auf einem sorgfältig anhand verschiedener Kriterien ausgewählten Messparcours werden permanent der Verbrauch gemessen, und die Abgase analysiert. Am Ende einer Messfahrt liegen die Werte für die einzelnen Parameter in der gewünschten Form vor. Nach statistischen Gesichtspunkten wird entschieden, wie oft der ausgewählte Parcours zu absolvieren ist.

Eine genauere Beschreibung dieser exklusiven Anlage ist einerseits im Anhang 2, anderseits in einzelnen der im Literaturverzeichnis genannten Quellen enthalten.

2.2 Übertragbarkeit der MAMA-Ergebnisse

Bei der MAMA handelt es sich um eine Messanlage im Wert von Fr. 500'000.–. Diese sehr exklusive Anlage (in Europa existiert nur noch eine andere des gleich hohen technischen Entwicklungsstandes bei Volkswagen in Wolfsburg) macht Schadstoffemissionsmessungen direkt im Verkehr möglich. Bisher waren solche Messungen mit vertretbarem Aufwand nur mittels Simulation auf dem Prüfstand möglich.

Im Hinblick auf eine genaue und exakte Aussage für den gesamten schweizerischen Personenwagenpark wäre es optimal und wünschenswert, dass man 30 oder 40 solcher Fahrzeuge hätte, von denen jedes eine Kategorie des schweizerischen Fahrzeugparkes repräsentieren könnte.

Da dies mit immensen Kosten verbunden wäre, gilt es, die Möglichkeiten der einzigen zur Verfügung stehenden Anlage optimal zu nützen. Bereits bei der Beschaffung dieser Anlage wurde viel Wert darauf gelegt, als Trägerfahrzeug das Auto auszuwählen, das am ehesten geeignet ist, als einzelnes Fahrzeug den schweizerischen Fahrzeugpark zu vertreten.

Vergleiche von Ergebnissen der MAMA mit solchen von verschiedenen Fahrzeugkollektiven haben gezeigt, dass die mobile Anlage bezüglich der absoluten Werte für den Benzinverbrauch und die Kohlendioxidemissionen als gutes Abbild der Autos mit Katalysator gelten kann.

Stellt man die Resultate der MAMA für die Schadstoffemissionen (Stickoxide, Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid) den Resultaten der Vergleichskollektive gegenüber, so wird deutlich, dass sich die absoluten Niveaux je nach Messbedingungen zum Teil deutlich unterscheiden. Es lassen sich auch keine eindeutigen und allgemein gültigen Faktoren für das Verhältnis zwischen Emissionswerten der MAMA und solchen des Fahrzeugparks definieren.

Im vorliegenden Fall und in allen bisherigen Messprojekten geht, beziehungsweise ging, es nicht um eine Betrachtung der absoluten Niveaux, sondern um den Vergleich verschiedener Werte.

Unabhängig von Zylinderzahl, Hubraum und anderen technischen Daten gelten heute für alle Autos die gleichen Schadstoffgrenzwerte, die bei Autos mit Benzinmotor einen Katalysator zur Bedingung machen. Die physikalischen Randbedingungen wie Luftwiderstand, Rollwiderstand etc. gelten für alle Autos in gleicher Art und Weise. Aufgrund dieses Sachverhaltes können relative Unterschiede zum Beispiel zwischen zwei verschiedenen Temporegimes wie im vorliegenden Fall in ihrer Tendenz auf den Personenwagenpark übertragen werden.

Die **M**obile **A**bgas**M**ess**A**nlage eignet sich besonders für Vergleichs-Untersuchungen.

Trotz gewisser Einschränkungen (siehe Anhang 3, beziehungsweise Bericht "Die **M**obile **A**bgas**M**ess**A**nlage – Ein Vergleich mit dem Schweizer Personenwagenpark?") wird aus den zur Verfügung stehenden Mitteln das Maximum herausgeholt, um für die Entscheidungen zugunsten einer Verminderung der Luftbelastung durch die Personenwagen auf Zahlen und Fakten anstatt auf Annahmen und Schätzungen basieren zu können.

3. Messbedingungen

3.1 Messgebiete/Messorte

Am sinnvollsten sind "Vorher-/Nachher-Messungen" auf derselben Strecke. Deshalb kam für die Wahl der Strecke dem Kriterium, dass zuerst Messungen noch bei Tempo 50 ("Vorher-Messungen") und nachher bei Tempo 30 ("Nachher-Messungen") möglich sind, die grösste Bedeutung zu.

Speziell für die Schweiz ist es wichtig, dass ein Gebiet ausgewählt wird, das Schlüsse zulässt über den Einfluss von Steigungen und Gefällen auf die Unterschiede zwischen Tempo 30- und Tempo 50-Zonen (T30-/T50-Zonen).

Wichtig ist ebenfalls das Kriterium der Beeinflussung der Fahrweise durch andere Verkehrsteilnehmer, seien das nun andere Autos, Fussgänger oder der öffentliche Verkehr.

Der Beeinflussung der Fahrweise durch bauliche Gegebenheiten (Verkehrsberuhigungsmassnahmen, Breite der Strasse, geringer Knotenpunktabstand, etc.) muss Rechnung getragen werden.

Die Messstrecken müssen neben den Wohnzonen auch Gewerbe- und Industriegebiete abdecken.

Diese Anforderungen führten zur Charakterisierung von vier Messgebieten.

Aus Diskussionen mit den Mitgliedern der Begleitkommission kristallisierte sich heraus, dass die Messungen mit zwei verschiedenen Fahrern durchgeführt werden sollten. Damit das Aufwandbudget für die Messfahrten trotzdem eingehalten werden konnte, beschränkte man sich deshalb schliesslich auf zwei Messgebiete.

•	**Messgebiet 1: Steigungen/Gefälle**
•	**Messgebiet 2: Beeinflussung der Fahrweise durch bauliche Gegebenheiten**

Der Übergang von der theoretischen Charakterisierung zur Auswahl passender real existierender Messgebiete war mit grossem Aufwand verbunden. Dies vor allem, weil es darum ging, Gebiete zu finden, in denen Vorher- und Nachher-Messungen möglich waren. Zusätzlich erschwerend kam hinzu, dass es sich um zwei spezielle Gebiete handeln musste: Das eine musste über Steigungen und Gefälle verfügen, und beim andern musste die Umsignalisation auf T30 mit baulichen Massnahmen einhergehen.

Es ist unerlässlich, dass bei der Auswahl der Messgebiete Kompromisse gemacht werden. Selten ist *das* optimale Messgebiet zu finden. So kann zum Beispiel auch ein Messgebiet in der Ebene leichte Steigungen aufweisen, oder eine kleine Baustelle kann zu eventuellen Störungen führen.

Das lässt sich bei Messungen direkt im Verkehr nicht verhindern, denn gerade der Einbezug der Realität mit ihren "Unsicherheiten" macht ja die Qualität dieses Messprinzips aus. Auf dem Prüfstand können die Randbedingungen sehr genau und reproduzierbar festgelegt werden. Entsprechende Messungen können demzufolge die Realität nur beschränkt wiedergeben.

Diese Randbedingungen führten zur Auswahl der folgenden zwei Messgebiete:

Luzern
Das Wesemlin-Quartier im Nordosten der Stadt Luzern bot sich als Gebiet mit Steigungen und Gefällen an.

Bern
In Bern war die Wahl auf eine Messstrecke im Länggasse-Quartier gefallen. Dort war die Umsignalisation von Tempo 50 auf Tempo 30 mit der Durchführung von baulichen Massnahmen verbunden.

Bei diesen beiden Messgebieten fiel die Umsignalisation in eine Zeit, als die Arbeiten zu diesem Forschungsprojekt im Anlaufen begriffen waren. Um die günstige Gelegenheit nicht zu verpassen, wurden sofort Messungen bei der signalisierten Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h absolviert.

Aus den Diskussionen mit den Mitgliedern der Begleitgruppe ergab sich nachträglich die Forderung nach einem zweiten Fahrer. Zu diesem Zeitpunkt waren die beiden Messgebiete bereits umsignalisiert worden. Vorher-Messungen, also Messungen bei der Geschwindigkeit von 50 km/h, waren deshalb mit einem zweiten Fahrer nicht mehr möglich.

Dieses Problem wurde gelöst, indem der offensive Fahrer die Vorher-Messungen bei Tempo 50 in zwei zusätzlichen Messgebieten absolvierte, die den eigentlichen Messgebieten ähnlich sind.

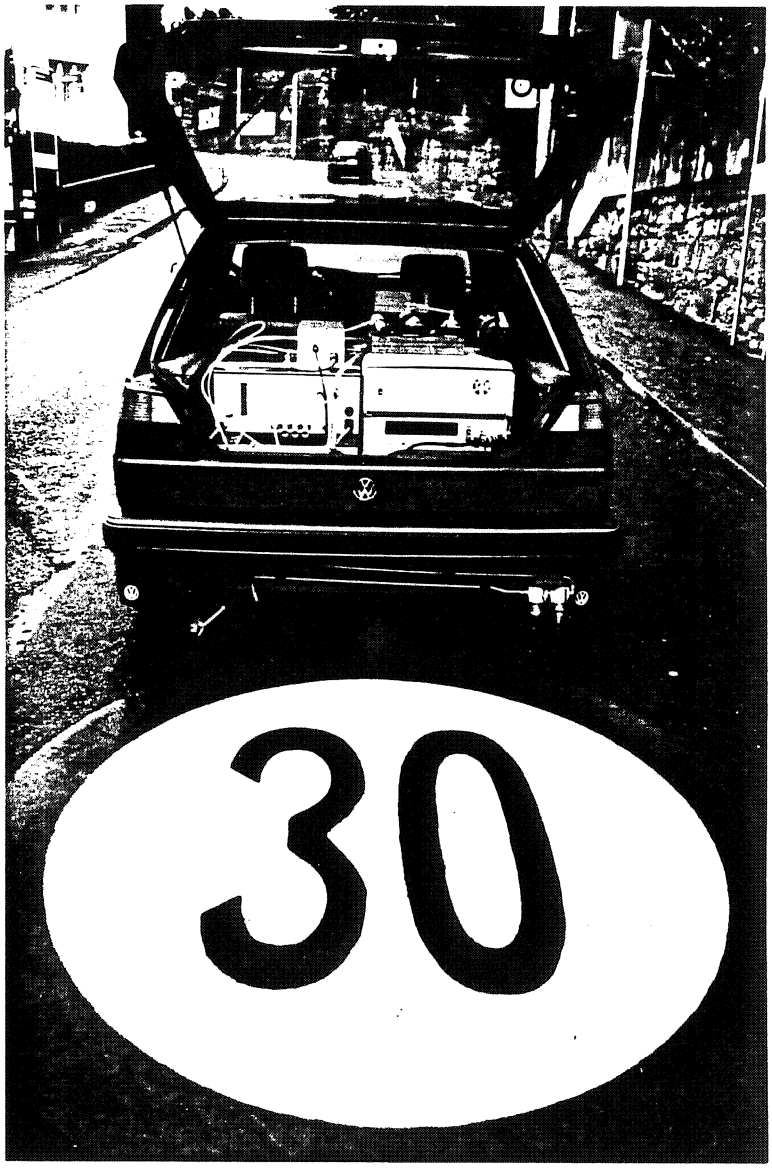
Die aus dem Vergleich von Messergebnissen aus zwei verschiedenen Gebieten resultierenden Aussagen zum offensiven Fahrer sind wohl von geringerer Qualität als jene für den defensiven Fahrer. Sie werden deshalb nicht mit der gleichen Ausführlichkeit behandelt.

Trotzdem ermöglichen sie interessante Ergänzungen zu den Aussagen für den defensiven Fahrer.

3.2 Messstrecken

Um allfällige später auftauchende Fragen zu den Messstrecken zu beantworten, wurden diese mit der Videocamera aufgezeichnet.

Die Mobile AbgasMessAnlage im Wesemlinquartier in Luzern



In den folgenden Tabellen werden die beiden Strecken von Luzern und Bern genau charakterisiert.

Messstrecke 1: Luzern, Wesemlin (Anhang 4)		
Kriterium	**Tempo 50 (Vorher)**	**Tempo 30 (Nachher)**
Geographische Lage	Zentralschweiz, am Vierwaldstättersee	dito
Lage in der Ortschaft	Nordosten von Luzern	dito
Streckenlänge	4.8 km	dito
Bauliche Massnahmen	Einengungen, Schwellen	dito, zusätzlich Markierung der Eingänge zur Tempo 30-Zone, kleine Mittelinseln
Nutzungsart des Gebietes	Wohnquartier mit wenig Gewerbe	dito
Anzahl der Rechtsvortritte	7	7
Anzahl der Fussgänger-streifen	28	28
Topographie	Mit Steigungen und Gefällen über 5 %	dito
Höhe über Meer	Ca. 470 m	dito
Anzahl der Signalanlagen	Keine	dito
Zahl der Bahnübergänge	Keine	dito
Strassenbreite (exkl. Parkplätze)	Variierend zwischen 3 und 9 m	dito
Häufigkeit bestimmter Störeinflüsse	Geringer öffentlicher und Baustellenverkehr	dito

Messstrecke 2: Bern, Länggasse (Anhang 5)		
Kriterium	**Tempo 50 (Vorher)**	**Tempo 30 (Nachher)**
Geographische Lage	Mittelland	dito
Lage in der Ortschaft	Im Nordwesten der Stadt Bern	dito
Streckenlänge	2,5 km	dito
Bauliche Massnahmen	Keine ausser Parkplätzen längs der Strasse	dito, zusätzlich nur noch "Rechts vor links", Betonblöcke zur Verschmälerung der Strasse, Betonblöcke am Eingang zur Tempo 30-Zone, zusätzliche Parkplätze
Nutzungsart des Gebietes	Wohnquartier mit wenig Gewerbe	dito
Anzahl der Rechtsvortritte	7	Nur noch Rechtsvortritte, Stopstrassen aufgehoben
Anzahl der Fussgängerstreifen	2	Keine
Topographie	Vornehmlich flach, mit geringen Steigungen und Gefällen	dito
Höhe über Meer	Ca. 550 m	dito
Anzahl der Signalanlagen	Keine	dito
Zahl der Bahnübergänge	Keine	dito
Strassenbreite vorher (exkl. Parkplätze)	Variabel von 3 m bis 6 m	dito
Häufigkeit von bestimmten Störeinflüssen	Geringer Baustellenverkehr	Kein Baustellenverkehr mehr

Für die Vorher-Messungen mit dem offensiven Fahrer wurden in Luzern einerseits ein Parcours im Hirtenhofquartier (als "Ersatz" für die Wesemlinstrecke, Anhang 6) und anderseits eine Strecke über die Industriestrasse (als "Ersatz" für die Länggasse-Strecke, Anhang 7) ausgewählt.

3.3 Verschiedene Temporegimes

Bei den vorliegenden Messungen geht es um die Unterschiede zwischen Fahrten mit einer signalisierten Höchstgeschwindigkeit von 50 und solchen mit einer signalisierten Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h. Im weiteren Verlauf spricht man demzufolge von den beiden folgenden Temporegimes:

- Temporegime T50: Signalisierte Höchstgeschwindigkeit 50 km/h
- Temporegime T30: Signalisierte Höchstgeschwindigkeit 30 km/h

Es ist strikte zu unterscheiden zwischen "Temporegime" und "Fahrweise". Mit der Fahrweise befasst sich das folgende Kapitel.

Eine Fahrweise exakt nach Tacho ist der Verkehrssicherheit abträglich (weil man dann die Augen auf den Tacho statt auf die Strasse richtet)und führt zu einem dauernden Gasgeben und Bremsen. Massgebend ist die am Fahrzeugtacho angezeigte Geschwindigkeit.

Beim Temporegime T50 gilt grundsätzlich die signalisierte Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h. Bei Überholvorgängen oder in Gefällen wurde ein Toleranzbereich von 10 % gegen oben akzeptiert. Dies entspricht der Realität, wie Beobachtungen gezeigt haben, und kompensiert gewissermassen die Ungenauigkeit des Fahrzeugtachos.

Für das Temporegime T30 gilt die analoge Regelung.

Für den offensiven Fahrer (es kamen zwei verschiedene Fahrer zum Einsatz, siehe nächstes Kapitel) werden die Vorgaben insofern angepasst, als für ihn bei den Temporegimes T50 und T30 eine Grundgeschwindigkeit von 55 bzw. 33 km/h galt. Bei diesem Fahrer werden bei speziellen Fahrzuständen (Gefällstrecken, Überholmanöver, etc.) Überschreitungen der signalisierten Höchstgeschwindigkeit um 20 % toleriert.

Dass für den offensiven Fahrer die Vorgaben bezüglich der einzuhaltenden Höchstgeschwindigkeit anders sind als beim defensiven Fahrertyp, basiert auf Beobachtungen. Denn wer zügig und offensiv fährt, neigt auch eher dazu, die vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit zu überschreiten.

Dieser Meinung ist auch die Begleitkommission. Gemäss Erfahrungen der Polizei wird von einem Teil der offensiven Fahrer die signalisierte Höchstgeschwindigkeit um einen genau kalkulierten Wert überschritten, der nur mit einer geringen Busse geahndet wird.

3.4 Fahrweise/Anzahl Fahrer

Kein Automobilist fährt genau gleich wie der andere. Und selbst der gleiche Automobilist fährt mal so und mal so.

Um den Aufwand für das vorliegende Forschungsprojekt in den geplanten Grenzen zu halten, beschränkt man sich auf zwei verschiedene Fahrer (Definition und Auswahl, siehe Anhang 8).

Im weiteren Verlauf des Berichtes redet man von den folgenden zwei Fahrertypen:

- Defensiver Fahrer
- Offensiver Fahrer

Diese Auswahl der Fahrer, und mithin auch der Fahrstile, ermöglicht schliesslich Aussagen für zwei Extreme. Mit grosser Wahrscheinlichkeit ist das zwischen diesen Extremen Liegende auch abgedeckt, sofern die Tendenz der Extreme eindeutig ist.

Selbst mit Messungen unter Dutzenden von Fahrweisen könnte nicht hundertprozentig ausgeschlossen werden, dass es nicht eine Fahrweise gibt, der zu anderen Resultaten führt als alle anderen.

Mit der Thematik des Fahrverhaltens in Tempo 30-Zonen beschäftigt sich auch der Bericht "Fahrverhalten in Tempo 30-Zonen, Auswertung der Messfahrten" [7], der im Rahmen der Fortschreibung der Emissionsfaktoren erarbeitet wurde.

3.5 Messparameter der MAMA

Die MAMA, die **M**obile **A**bgas**M**ess**A**nlage, ermöglicht die Bestimmung der folgenden Parameter direkt im Verkehr:

- Benzinverbrauch in l/100 km (Liter pro 100 km)
- Emissionen an Kohlenmonoxid (CO) in g/km (Gramm pro Kilometer)
- Emissionen an Kohlendioxid (CO_2) in g/km
- Emissionen an Kohlenwasserstoffen (HC) in g/km
- Emissionen an Stickoxiden (NO_x) in g/km
- Prozentuale Zeitanteile an den vier Betriebszuständen "Stillstand", "Beschleunigung", "Verzögerung" und "Konstantfahrt" (d.h. Fahrverhalten)
- Geschwindigkeitsverteilung (prozentuale Verteilung auf die Geschwindigkeitsbereiche von 0 - 0.5 km/h, 0.5 - 5 km/h, 5 - 15 km/h etc.)
- Stillstandszeit des Motors während der Messfahrt
- Anzahl der Motorstarts
- Startzeit
- Messzeit
- Messstrecke
- Mittl. Geschwindigkeit
- Gemittelte Schadstoffkonzentrationen über die Messfahrt an HC, CO, NO_x, CO_2

All diese Parameter erlauben die Charakterisierung einer Messfahrt.

3.6 Tageszeit der Messungen

Für die erste Etappe des Forschungsprojektes, Tempo 30/50 km/h, waren ursprünglich siebeneinhalb Messtage budgetiert worden. Aus diesem Grunde beschränkte man sich pro Messgebiet auf höchstens vier Messtage, je zwei vor der Einrichtung von Tempo 30 und zwei nachher.

Beobachtungen vor und auch während der Messfahrten zeigten, dass das Verkehrsaufkommen in solchen innerstädtischen Quartieren nur wenig variiert. Eine eigentliche "rush hour" ist weder am Morgen, noch über den Mittag, noch am Abend zu erkennen.

Diese Beobachtungen führten zu den folgenden Messzeiten:

- 7.30 h bis 9.30 h
- 11.00 h bis 13.00 h
- 15.00 h bis 17.00 h

Aus terminlichen Gründen wurden die Vorher-Messungen mit dem offensiven Fahrer zu einem kleinen Teil auch ausserhalb dieser Zeitfenster absolviert. Da in den Messgebieten keine "rush hour" zu beobachten war, schlug sich diese Tatsache nicht in den Messergebnissen nieder.

Bei der Auswahl der Wochentage wurde vor allem darauf Wert gelegt, dass nicht während Ferien-, Feier- oder sonst speziellen Tagen gemessen wird. Abgesehen davon wurden alle Werktage als gleich betrachtet.

3.7 Übrige Messbedingungen

Die Ausrüstung des Trägerfahrzeugs mit den komplizierten Mess- und Auswerteapparaturen führt dazu, dass das Fahrgewicht des Messfahrzeugs ohne Fahrer rund 1'200 kg beträgt. Das Leergewicht liegt bei ca. 1'000 kg. Der durchschnittliche Besetzungsgrad beträgt 1.7 Personen pro Auto.

Das zusätzliche Gewicht der MAMA gegenüber einem durchschnittlich besetzten Auto kommt vor allem in topographisch anspuchsvollem Gelände zum Tragen. Da es sich um Vergleichsmessungen handelt und es nicht um das absolute Niveau von Emissionen und Verbrauch geht, ist der Einfluss der zusätzlichen Last von untergeordneter Bedeutung.

Bei den Messfahrten des defensiven Fahrers hat die Beladung des Messfahrzeugs ausser der messtechnischen Ausrüstung samt Peripheriegeräten nur den Fahrer umfasst. Weitere Passagiere wurden keine transportiert.

Bei den Fahrten des offensiven Fahrers war neben dem Fahrer zusätzlich der für die Anlage Verantwortliche an Bord.

4. Messprogramm

4.1 Anzahl der Messfahrten

Je mehr Messwerte vorliegen, desto besser wird die statistische Aussage, die sich formulieren lässt. Aus diesem Grunde wurde während der oben genannten Zeiten durchgehend gemessen.

Für die verschiedenen Temporegimes, Fahrer und Messstrecken ergaben sich die folgenden Zahlen für die absolvierten Messfahrten:

Messort	Temporegime T50 defensiver F.	Temporegime T50 offensiver F.	Temporegime T30 defensiver F.	Temporegime T30 offensiver F
Luzern, Wesemlin	22	–	16	14
Luzern, Hirtenhof [1])	4	9	–	–
Bern, Länggasse	15	–	13	16
Luzern, Industriestr. [1])	4	10	–	–

[1]) Ergänzungsmessungen zu Tempo 50 des offensiven Fahrers und Kontrollmessungen des defensiven Fahrers

4.2 Gültigkeit/Ungültigkeit einer Messfahrt

Soll mit 10 oder 20 oder auch 30 Messfahrten auf einer bestimmten Messstrecke unter für diese ausgewählte Messstrecke repräsentativen Verkehrsbedingungen gemessen werden, so ist damit zu rechnen, dass gewisse Einzelfahrten nicht verwendet werden können.

Von einer Verwendung ist dann abzusehen, wenn ein während einer Messfahrt auftretendes Ereignis als nicht repräsentativ bezeichnet werden muss.

Solche Ereignisse können sein:
- Behinderung durch Kehrichtabfuhr
- Behinderung durch Unfall
- Behinderung durch andere Verkehrsteilnehmer
- Behinderung durch Kanalreinigung
- Behinderung durch Baumpflege
- Behinderung durch Strassenmarkierung
- Behinderung durch Umleitung
- Behinderung durch Baustelle

Das Kriterium für die Nichtverwendung einer Messfahrt ist deren Dauer. Wenn diese sich signifikant von der Mehrheit der übrigen Messfahrten unterscheidet, so wird auf eine Verwendung verzichtet.

Die folgenden Messfahrten wurden herausgestrichen:

- Drei Fahrten wegen stehendem Lastwagen (Luzern Wesemlin, 16. Juni 1993)
- Eine Fahrt wegen Aufladens einer Mulde (Bern Länggasse, 3. Juni 1993)
- Eine Fahrt wegen Behinderung durch Anwohner (Luzern Hirtenhof, 17. März 1995)

Nicht als Behinderung gilt, wenn aufgrund anderer Verkehrsteilnehmer die erlaubte Höchstgeschwindigkeit nicht ausgefahren werden kann.

4.3 Zeitplan

Die Messungen wurden an den folgenden Tagen durchgeführt:

Montag 3. Mai 1993	Bern, Länggasse, Temporegime T50, defensiver Fahrer
Montag, 10. Mai 1993	Bern, Länggasse, Temporegime T50, defensiver Fahrer
Mittwoch, 16. Juni 1993	Luzern, Wesemlin, Temporegime T50, defensiver Fahrer
Donnerstag, 17. Juni 1993	Luzern, Wesemlin, Temporegime T50, defensiver Fahrer
Donnerstag, 9. Juni 1994	Luzern, Wesemlin, Temporegime T30, defensiver Fahrer
Mittwoch, 15. Juni 1994	Bern, Länggasse, Temporegime T30, defensiver Fahrer
Freitag, 17. Juni 1994	Bern, Länggasse, Temporegime T30, defensiver Fahrer
	Bern, Länggasse, Temporegime T30, offensiver Fahrer
Freitag, 24. Juni 1994	Luzern, Wesemlin, Temporegime T30, offensiver Fahrer
Freitag, 17. März 1995	Luzern, Wesemlin, Temporegime T30, offensiver Fahrer
	Luzern, Hirtenhof, Temporegime T50, offensiver Fahrer
Dienstag, 21. März 1995	Luzern, Industriestrasse, Temporegime T50, defensiver Fahrer
Mittwoch, 22. März 1995	Luzern, Industriestrasse, Temporegime T50, offensiver F.
	Luzern, Hirtenhof, Temporegime T50, defensiver Fahrer

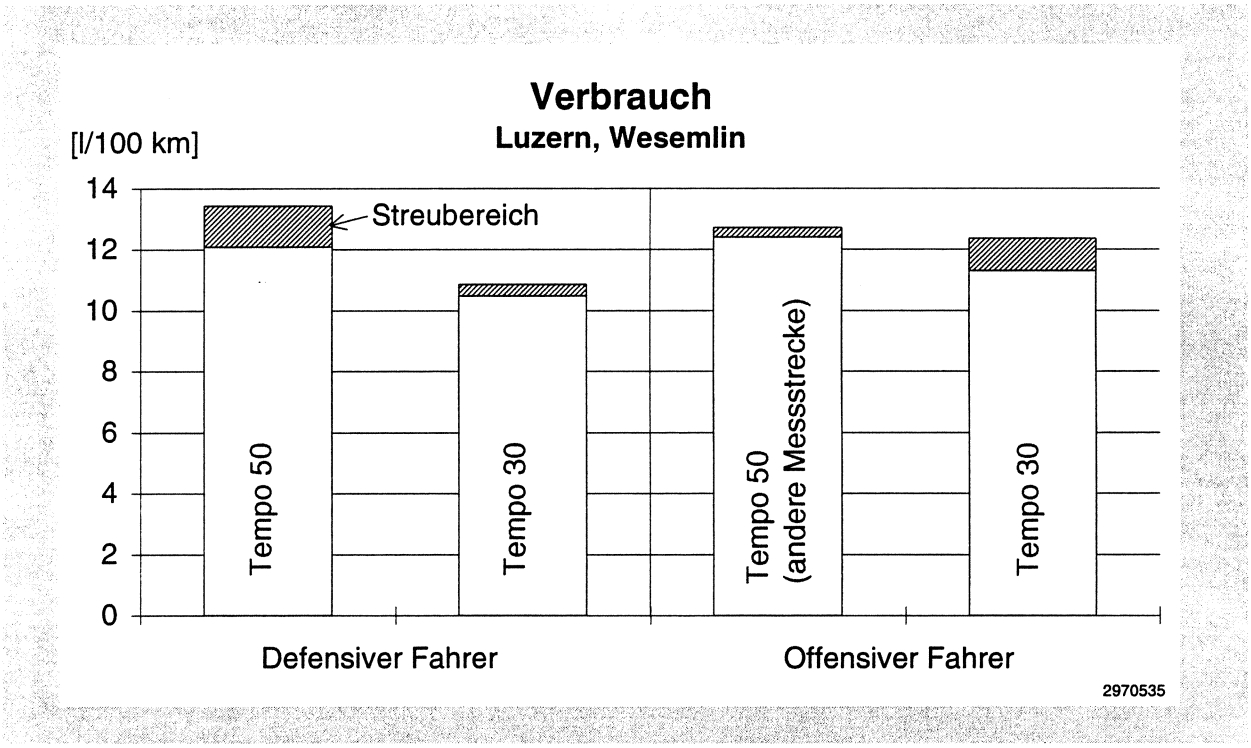
5. Ergebnisse

5.1 Verbrauch

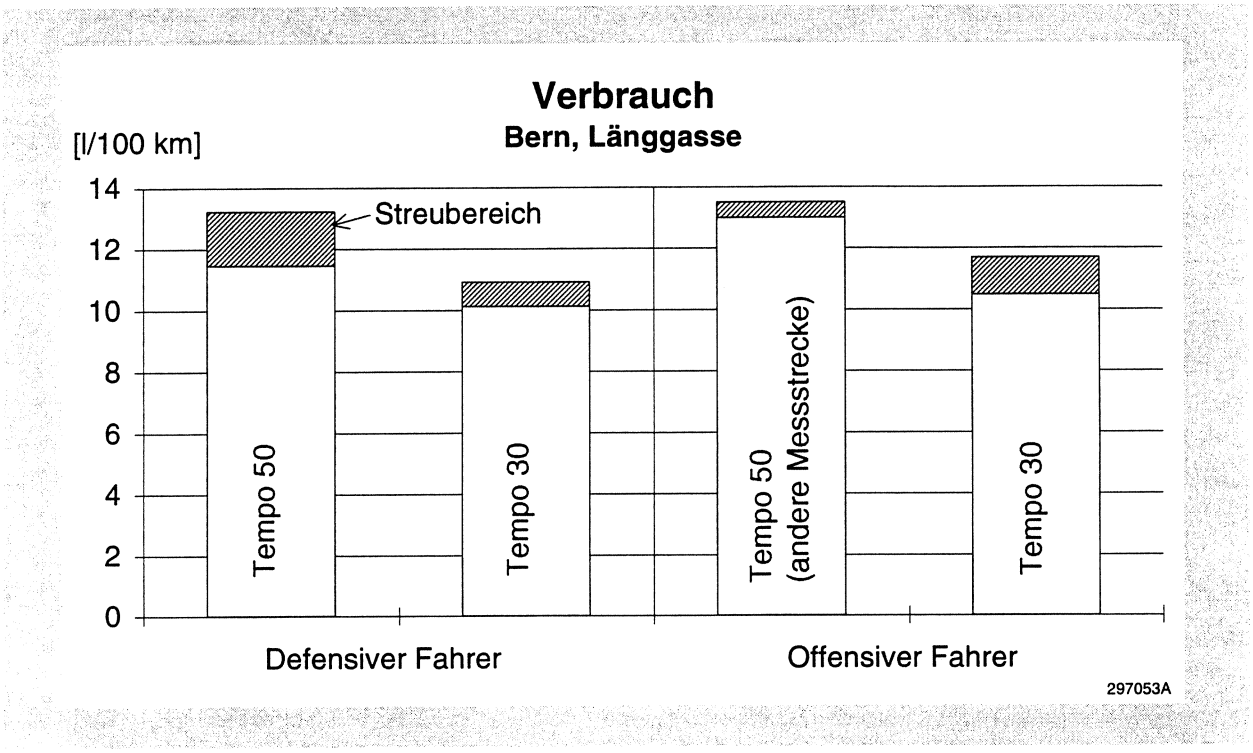
Bei den Ergebnissen wird zur Veranschaulichung der Verteilung der Messwerte um den Mittelwert jeweils noch ein Streubereich angeführt. Dieser Bereich errechnet sich aus der Subtraktion und der Addition der Standardabweichung vom beziehungsweise zum Mittelwert. Es wird davon ausgegangen, dass die verwendeten Daten der Messfahrten die Stichprobe einer Grundgesamtheit darstellen. Überdies ist zu beachten, dass es sich in den folgenden Tabellen um gerundete Zahlen handelt. Auf den ersten Blick als falsch erscheinende Streubereiche lassen sich dadurch erklären.

Luzern, Wesemlin, Verbrauch				
	Temporegime 50 [l/100 km]	Temporegime 30 [l/100 km]	Differenz abs. [l/100 km]	Differenz in % [%]
Defensiver F.	12.76	10.67	- 2.09	- 16.4
Standardabw.	0.67	0.19	–	–
Streubereich	12.09 - 13.43	10.48 - 10.86	–	–
Offensiver F.	12.57 [1])	11.83	- 0.74	- 5.9
Standardabw.	0.16	0.54	–	–
Streubereich	12.41 - 12.73	11.29 - 12.37	–	–

[1]) Andere Messstrecke



Bern, Länggasse, Verbrauch				
	Temporegime 50 [l/100 km]	Temporegime 30 [l/100 km]	Differenz abs. [l/100 km]	Differenz in % [%]
Defensiver F.	12.34	10.51	- 1.83	- 14.8
Standardabw.	0.89	0.40	–	–
Streubereich	11.45 - 13.23	10.11 - 10.91	–	–
Offensiver F.	13.24 [1])	11.09	- 2.15	- 16.2
Standardabw.	0.25	0.61	–	–
Streubereich	12.99 - 13.49	10.48 - 11.70	–	–
[1]) Andere Messstrecke				

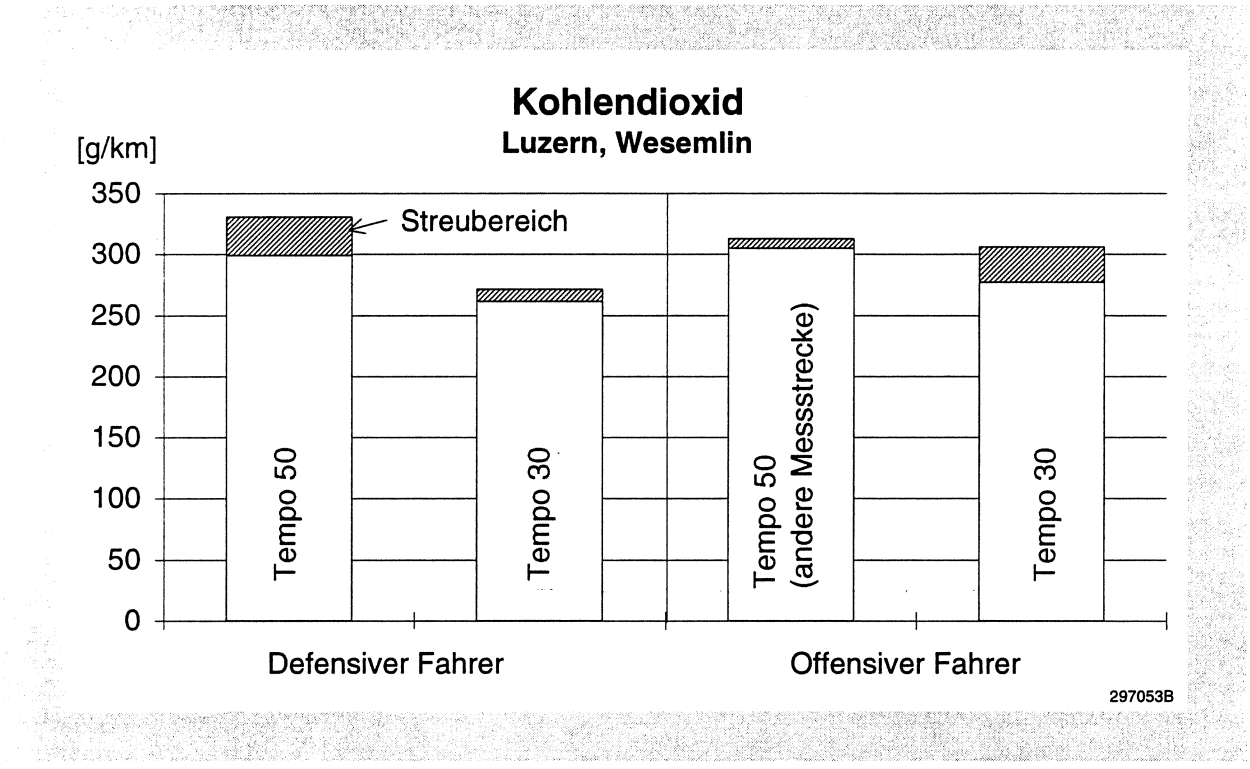


Fazit

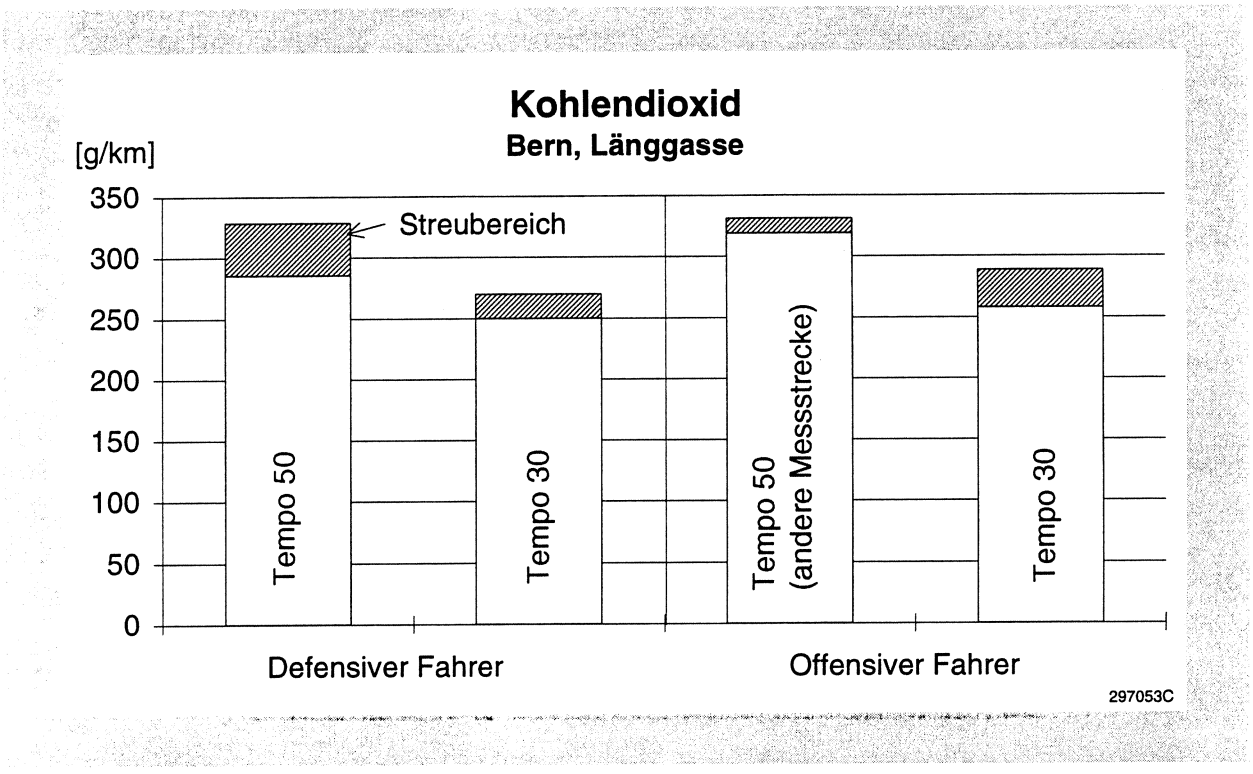
- Das Temporegime T30 führt sowohl beim defensiven als auch beim offensiven Fahrer zu einem deutlich tieferen Verbrauch (die Streubereiche haben keine Schnittmenge).
- Die offensive Fahrweise verursacht einen höheren Verbrauch; ausser bei Luzern für T50. Diese Tatsache hängt unter Umständen mit der Streckenwahl zusammen.
- Die Strecke in Luzern mit ihren Steigungen und Gefällen führt im Gegensatz zum flachen Parcours in Bern zu einem höheren Verbrauch (ausser offensiver Fahrer mit T50 in Luzern; möglicherweise ebenfalls wegen anderer Messstrecke).

5.2 Kohlendioxid-Emissionen

Luzern, Wesemlin, Kohlendioxid				
	Temporegime 50 [g/km]	Temporegime 30 [g/km]	Differenz abs. [g/km]	Differenz in % [%]
Defensiver F. Standardabw. Streubereich	314.9 15.7 299.2 - 330.6	266.4 4.9 261.5 - 271.3	- 48.5 – –	- 15.4 – –
Offensiver F. Standardabw. Streubereich	308.8[1]) 4.1 304.7 - 312.9	291.5 14.6 276.9 - 306.1	- 17.3 – –	- 5.6 – –
[1]) Andere Messstrecke				



Bern, Länggasse, Kohlendioxid				
	Temporegime 50 [g/km]	Temporegime 30 [g/km]	Differenz abs. [g/km]	Differenz in % [%]
Defensiver F. Standardabw. Streubereich	306.9 21.7 285.2 - 328.6	259.8 9.8 250.0 - 269.6	- 47.1 – –	- 15.3 – –
Offensiver F. Standardabw. Streubereich	325[1]) 5.9 319.1 - 330.9	273.1 15.4 257.9 - 288.5	- 51.9 – –	- 16.0 – –
[1]) Andere Messstrecke				

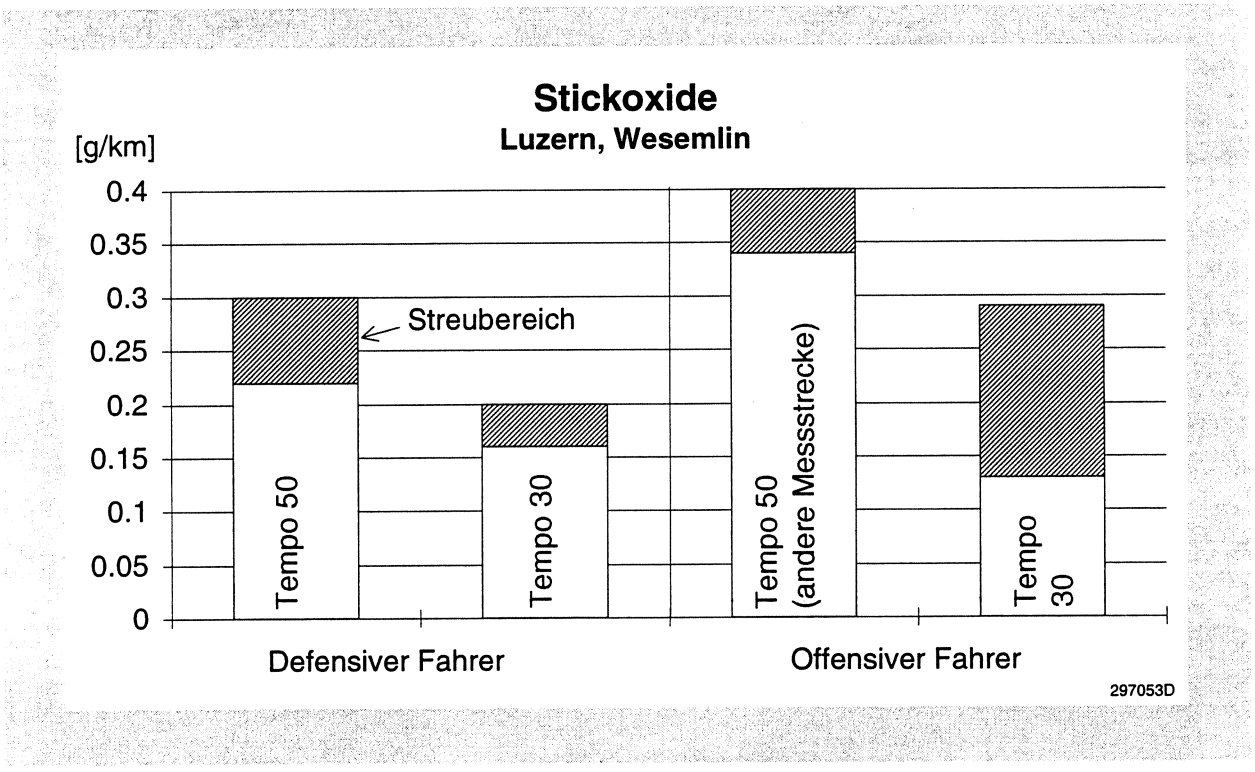


Fazit

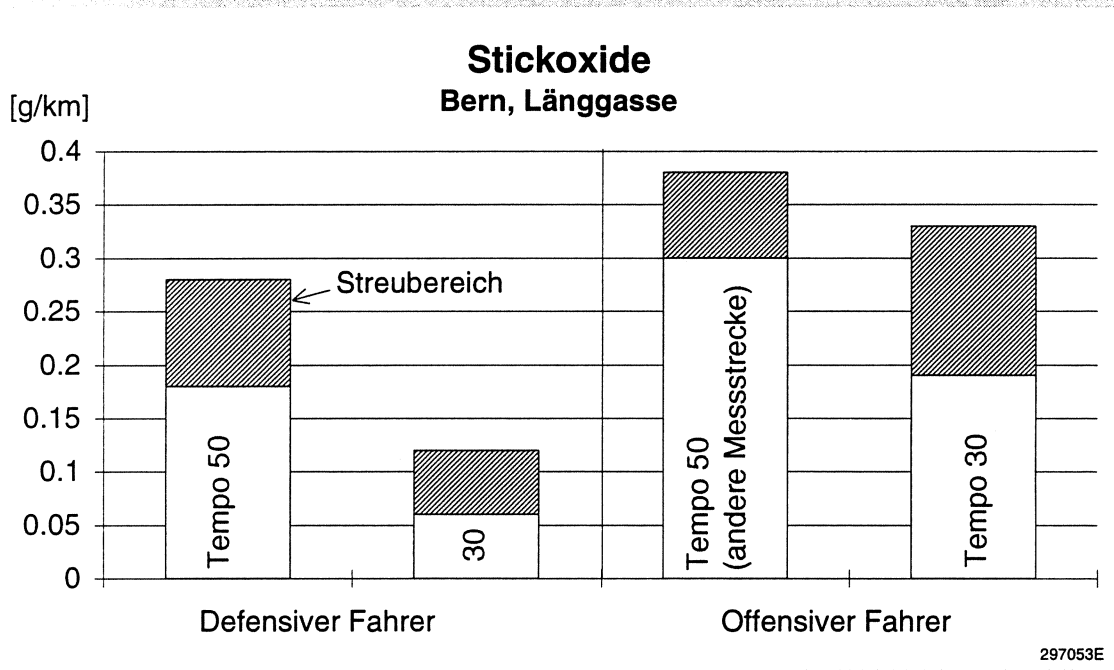
- Die Emissionen an Kohlendioxid verhalten sich generell proportional zum Benzinverbrauch. Die für den Verbrauch gemachten Aussagen gelten demzufolge sinngemäss.
- Die Streubereiche beim offensiven Fahrer in Luzern überschneiden sich geringfügig. Dabei handelt es sich um den Vergleich mit den Ergebnissen der zusätzlichen Messstrecke.

5.3 Stickoxid-Emissionen

Luzern, Wesemlin, Stickoxide				
	Temporegime 50 [g/km]	Temporegime 30 [g/km]	Differenz abs. [g/km]	Differenz in % [%]
Defensiver F.	0.25	0.18	- 0.07	- 28.0
Standardabw.	0.04	0.02	–	–
Streubereich	0.22 - 0.30	0.16 - 0.20	–	–
Offensiver F.	0.37[1])	0.21	- 0.16	- 43.2
Standardabw.	0.03	0.08	–	–
Streubereich	0.34 - 0.40	0.13 - 0.29	–	–
[1]) Andere Messstrecke				



Bern, Länggasse, Stickoxide				
	Temporegime 50 [g/km]	Temporegime 30 [g/km]	Differenz abs. [g/km]	Differenz in % [%]
Defensiver F.	0.23	0.09	- 0.14	- 60.9
Standardabw.	0.05	0.03	–	–
Streubereich	0.18 - 0.28	0.06 - 0.12	–	–
Offensiver F.	0.34[1])	0.26	- 0.08	- 23.5
Standardabw.	0.04	0.07	–	–
Streubereich	0.30 - 0.38	0.19 - 0.33	–	–
[1]) Andere Messstrecke				

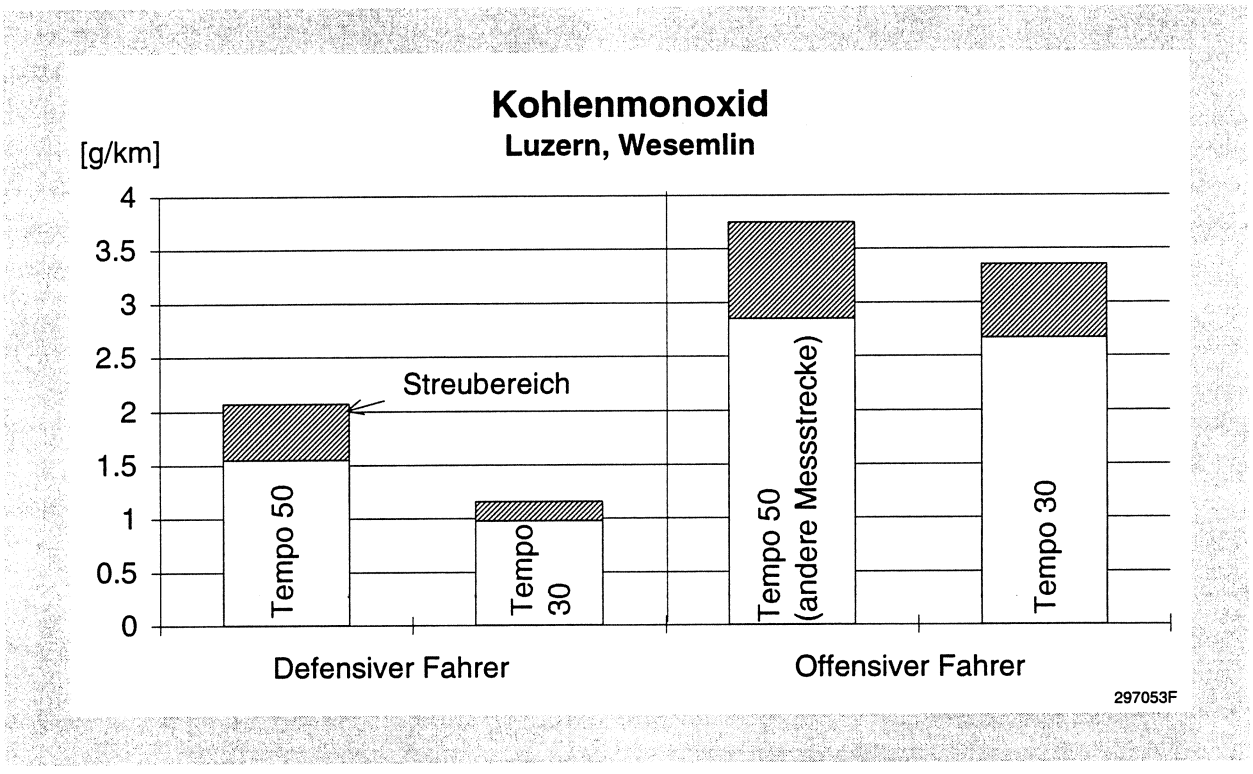


Fazit

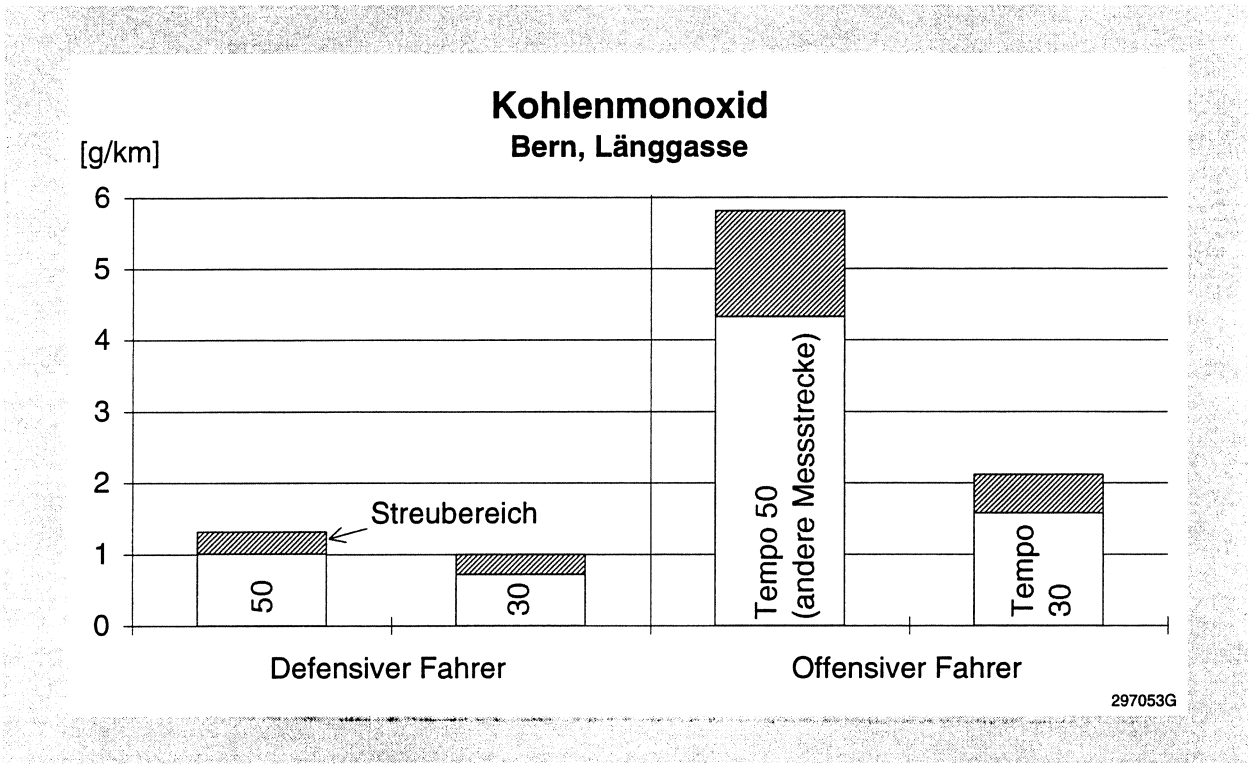
- Das Temporegime T30 führt zu deutlich tieferen Stickoxid-Emissionen. Einzig für den offensiven Fahrer ist für die Messstrecke in Bern eine geringfügige Überschneidung der Streubereiche festzuhalten. Hier handelt es sich aber wiederum um die nachträglich durchgeführten Vorher-Messungen.
- Die offensive Fahrweise führt zu einem höheren Ausstoss an Stickoxiden.

5.4 Kohlenmonoxid-Emissionen

Luzern, Wesemlin, Kohlenmonoxid				
	Temporegime 50 [g/km]	Temporegime 30 [g/km]	Differenz abs. [g/km]	Differenz in % [%]
Defensiver F.	1.81	1.07	- 0.74	- 40.9
Standardabw.	0.26	0.09	–	–
Streubereich	1.55 - 2.07	0.98 - 1.16	–	–
Offensiver F.	3.30[1])	3.01	- 0.29	- 8.8
Standardabw.	0.45	0.34	–	–
Streubereich	2.85 - 3.75	2.67 - 3.35	–	–
[1]) Andere Messstrecke				



Bern, Länggasse, Kohlenmonoxid				
	Temporegime 50 [g/km]	Temporegime 30 [g/km]	Differenz abs. [g/km]	Differenz in % [%]
Defensiver F. Standardabw. Streubereich	1.16 0.15 1.01 - 1.31	0.86 0.14 0.72 - 1.00	- 0.30 – –	- 25.9 – –
Offensiver F. Standardabw. Streubereich	5.07[1]) 0.74 4.33 - 5.81	1.84 0.27 1.57 - 2.11	- 3.23 – –	- 63.7 – –
[1]) Andere Messstrecke				



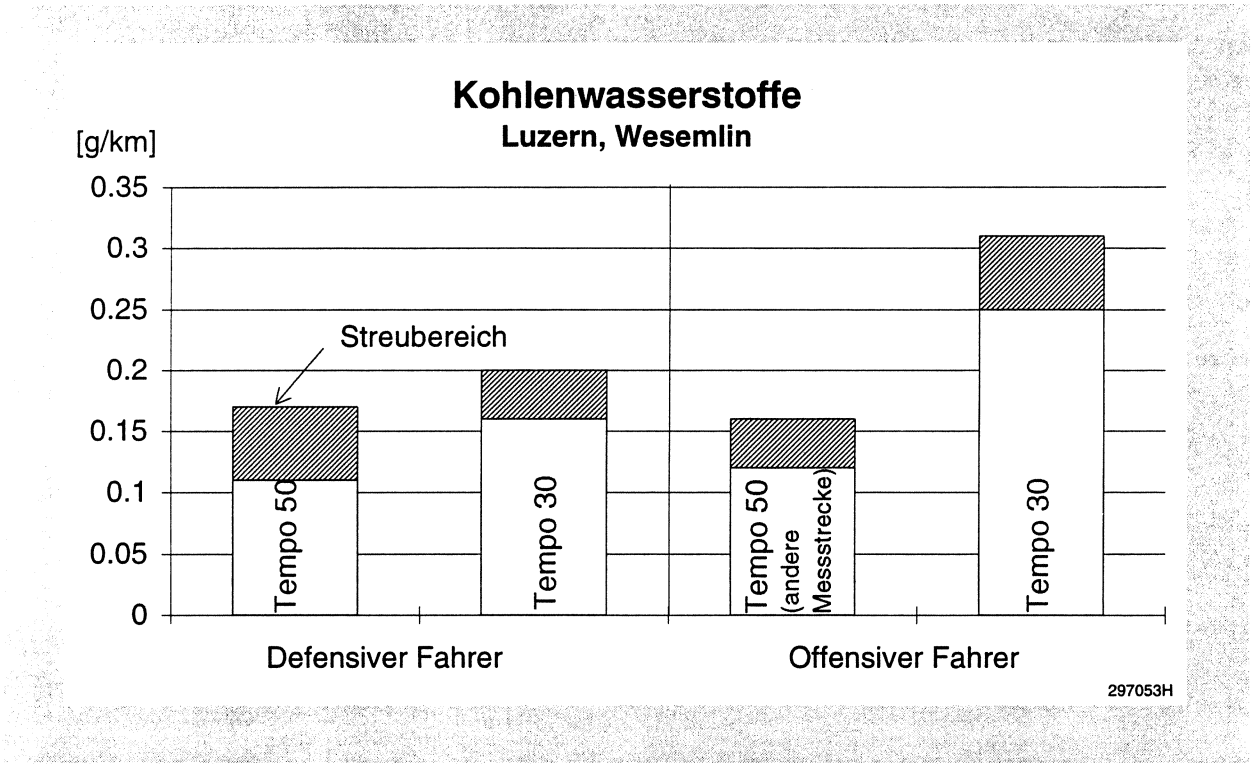
Fazit

- Das Temporegime T30 führt zu deutlich tieferen Kohlenmonoxid-Emissionen. Einzig für den offensiven Fahrer ist in Luzern eine Überschneidung der Streubereiche festzustellen.Hier handelt es sich aber wiederum um die nachträglich durchgeführten Vorher-Messungen.
- Die offensive Fahrweise führt zu einen deutlich höheren Ausstoss an Kohlenmonoxid.

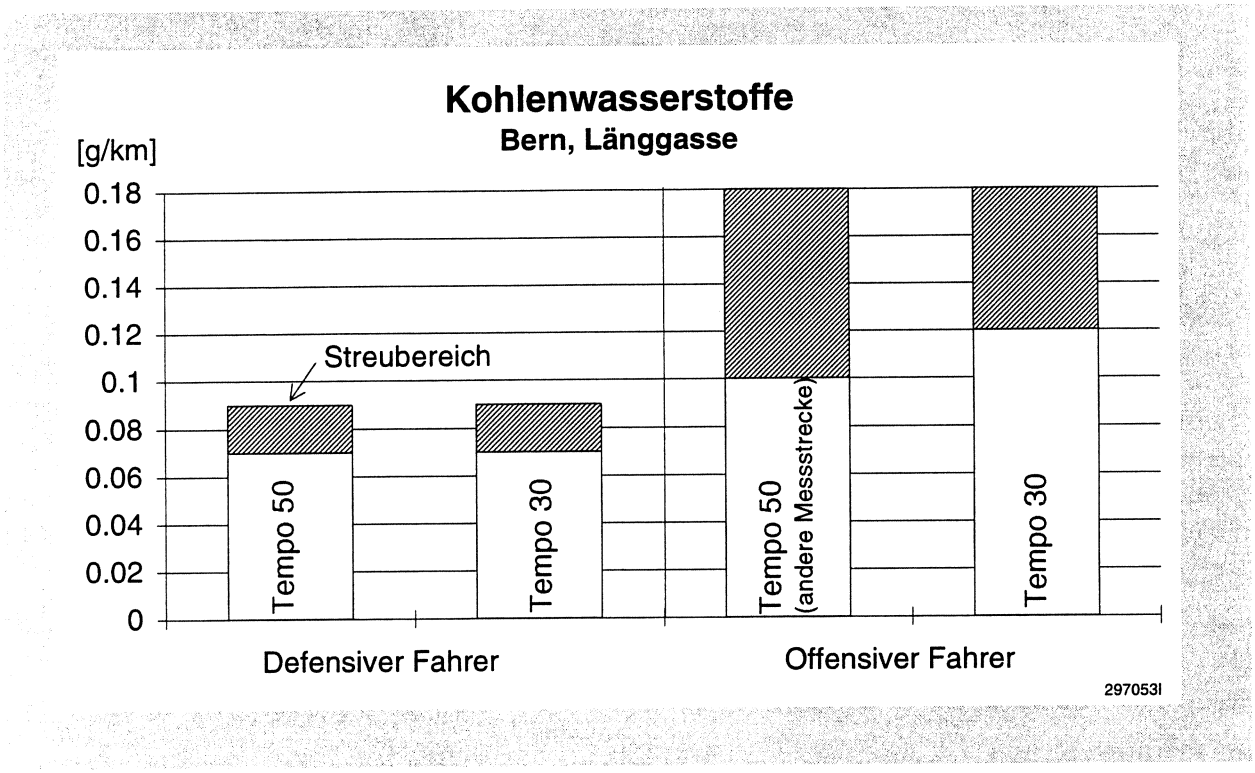
5.5 Kohlenwasserstoff-Emissionen

Luzern, Wesemlin, Kohlenwasserstoffe				
	Temporegime 50 [g/km]	Temporegime 30 [g/km]	Differenz abs. [g/km]	Differenz in % [%]
Defensiver F.	0.14	0.18	+ 0.04	+ 28.6
Standardabw.	0.03	0.02	–	–
Streubereich	0.11 - 0.17	0.16 - 0.20	–	–
Offensiver F.	0.14[1])	0.28	+ 0.14	+ 100
Standardabw.	0.02	0.03	–	–
Streubereich	0.12 - 0.16	0.25 - 0.31	–	–

[1]) Andere Messstrecke



Bern, Länggasse, Kohlenwasserstoffe				
	Temporegime 50 [g/km]	Temporegime 30 [g/km]	Differenz abs. [g/km]	Differenz in % [%]
Defensiver F. Standardabw. Streubereich	0.08 0.01 0.07 - 0.09	0.08 0.01 0.07 - 0.09	- 0.0 – –	- 0.0 – –
Offensiver F. Standardabw. Streubereich	0.14[1]) 0.04 0.10 - 0.18	0.15 0.03 0.12 - 0.18	+ 0.01 – –	+ 7.1 – –
[1]) Andere Messstrecke				



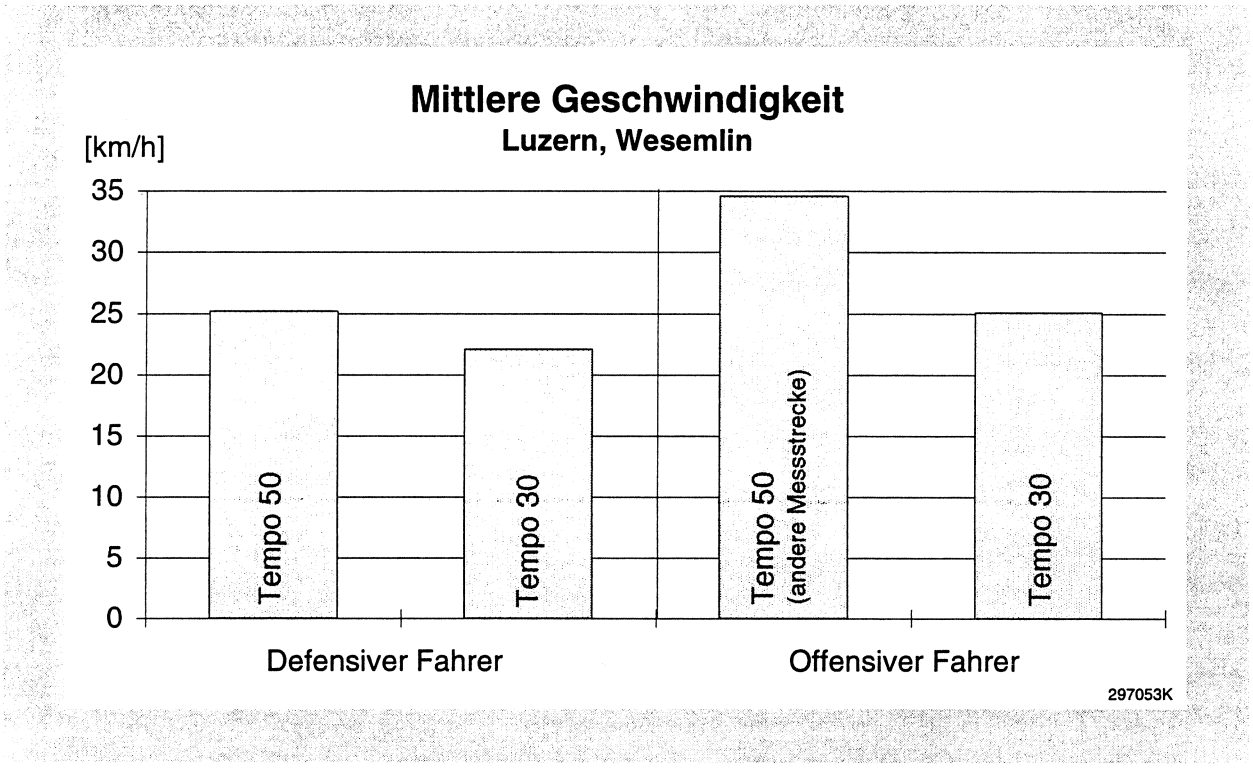
Fazit

- Die Emissionswerte der Kohlenwasserstoffe sind mit Vorsicht zu behandeln, da die bei diesen Geschwindigkeiten emittierten Konzentrationen bei Autos mit Katalysator extrem gering sind.
- Das Temporegime T30 führt zu höheren Kohlenwasserstoff-Emissionen im Messgebiet Luzern, Wesemlin mit vielen Steigungen und Gefällen. Diese Tatsache ist darin begründet, dass bei der tieferen Geschwindigkeit die Schubphasen häufiger sind.

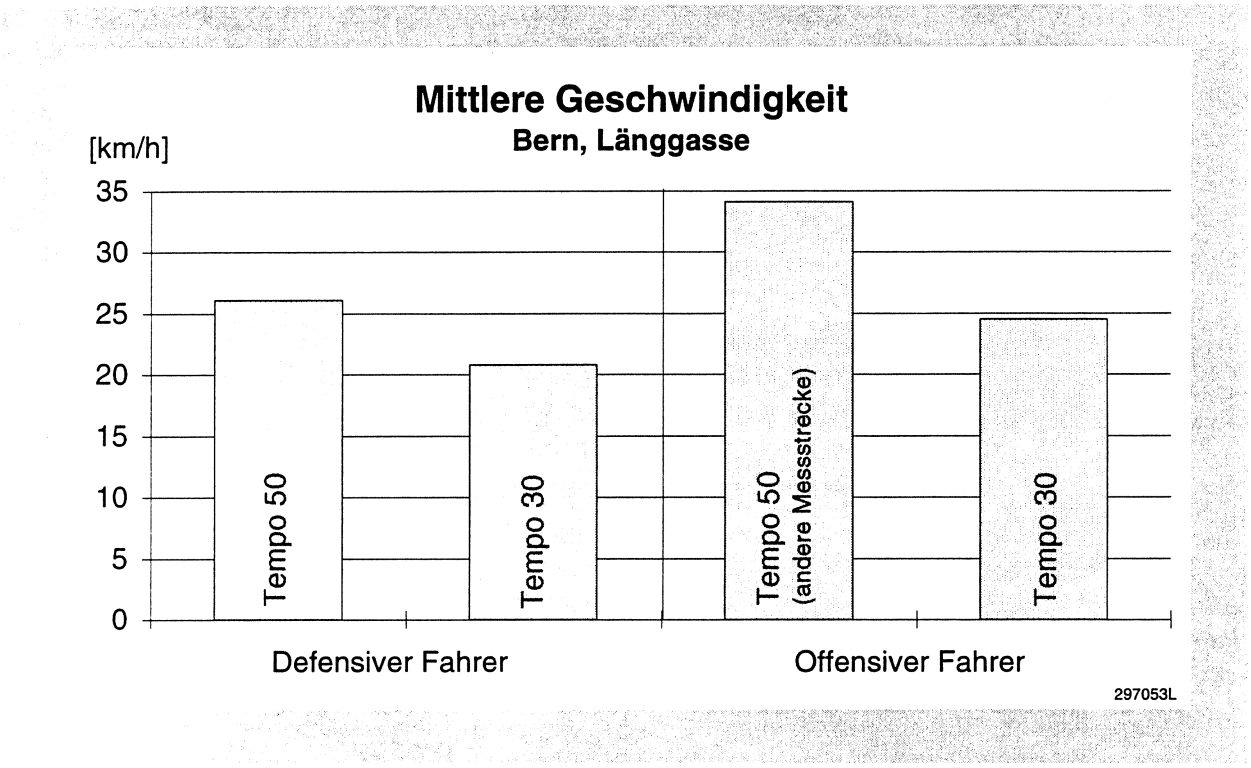
- Im Messgebiet Bern, Länggasse ist kein Unterschied zwischen den beiden Regimes festzustellen. Da dieses Gebiet flacher ist, kommt der Einfluss von Schubphasen weniger zum Tragen.
- Die offensive Fahrweise führt zu einem höheren Ausstoss an Kohlenwasserstoffen.

5.6 Mittlere Geschwindigkeiten

Luzern, Wesemlin, mittlere Geschwindigkeit				
	Temporegime 50 [km/h]	Temporegime 30 [km/h]	Differenz abs. [km/h]	Differenz in % [%]
Defensiver F.	25.2	22.1	- 3.1	- 12.3
Offensiver F.	34.6[1])	25.1	- 9.4	- 27.2
[1]) Andere Messstrecke				



Bern, Länggasse, mittlere Geschwindigkeit				
	Temporegime 50 [km/h]	Temporegime 30 [km/h]	Differenz abs. [km/h]	Differenz in % [%]
Defensiver F.	26.1	20.8	- 5.3	- 20.3
Offensiver F.	34.1[1])	24.5	- 9.6	- 28.2
[1]) Andere Messstrecke				



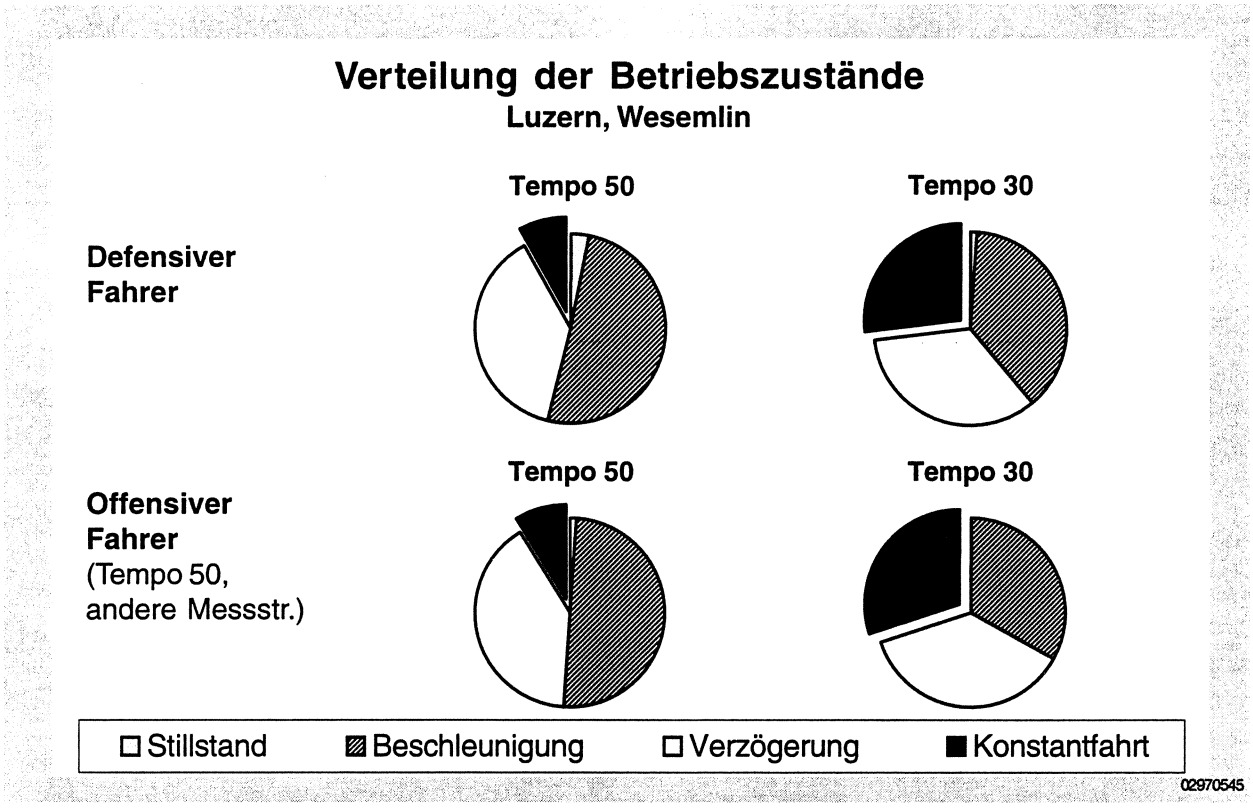
Fazit

- Aus mathematischen Gründen wird für die mittlere Geschwindigkeit auf die Angabe eines Streubereiches verzichtet. Die Mittelung von mittleren Geschwindigkeiten führt zu falschen Resultaten.
- Das Temporegime T30 führt zu tieferen mittleren Geschwindigkeiten.
- Bei der offensiven Fahrweise ist der Unterschied der mittleren Geschwindigkeit zwischen den beiden Temporegimes T50 und T30 grösser als bei defensiver Fahrweise.

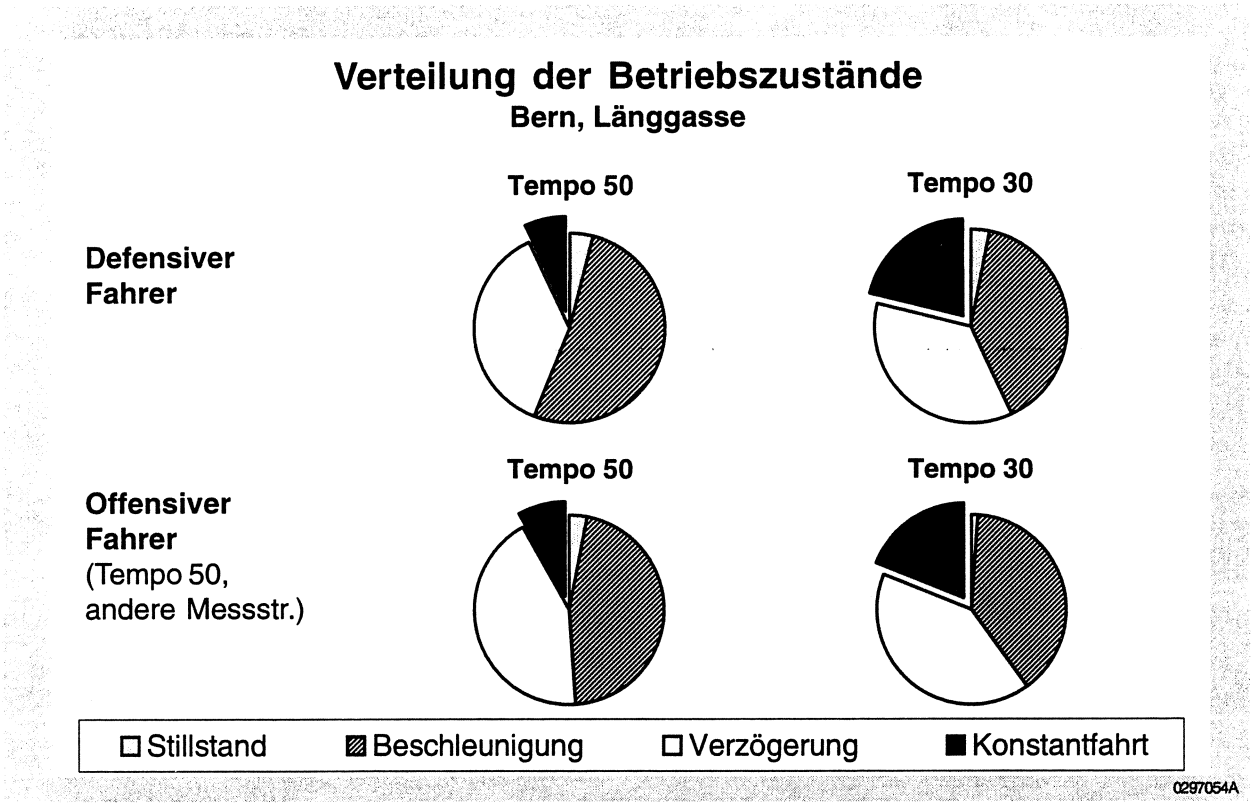
5.7 Verteilung der Betriebszustände

Luzern, Wesemlin, Verteilung der Betriebszustände			
Defensiver Fahrer	Temporegime 50 [%]	Temporegime 30 [%]	Differenz abs. [%]
Stillstand	3	1	- 2
Beschleunigung	51	38	- 13
Verzögerung	38	34	- 4
Konstantfahrt	8	27	+ 19
Summe	100	100	
Offensiver Fahrer	Temporegime T50 [%][1])	Temporegime T30 [%]	Differenz abs. [%]
Stillstand	1	0	- 1
Beschleunigung	50	33	- 17
Verzögerung	40	37	- 3
Konstantfahrt	9	30	+ 21
Summe	100	100	

[1]) Andere Messstrecke



Bern, Länggasse, Verteilung der Betriebszustände			
Defensiver Fahrer	Temporegime 50 [%]	Temporegime 30 [%]	Differenz abs. [%]
Stillstand	4	3	- 1
Beschleunigung	52	40	- 12
Verzögerung	37	36	- 1
Konstantfahrt	7	21	+ 14
Summe	100	100	
Offensiver Fahrer	Temporegime T50 [%][1])	Temporegime T30 [%]	Differenz abs. [%]
Stillstand	3	1	- 2
Beschleunigung	46	39	- 7
Verzögerung	43	41	- 2
Konstantfahrt	8	19	+ 11
Summe	100	100	
[1]) Andere Messstrecke			



- Die obigen Tabellen und Diagramme enthalten die Werte zur Verteilung der Zeitdauer einer Messfahrt auf die verschiedenen Betriebszustände.
- In beiden Messgebieten geht der Wechsel vom schnelleren zum langsameren Temporegime mit einer deutlichen Zunahme beim Anteil der Konstantfahrt und einer entsprechenden Abnahme bei den Beschleunigungen und Verzögerungen einher. Oder anders gesagt, die Fahrweise wird gleichmässiger
- Auch der offensive Fahrer absolvierte den Messparcours mit einem hohen Anteil an Konstantfahrt.
- Im ersten Messgebiet (Luzern, Wesemlin), in welchem die Umwandlung in eine Tempo 30-Zone nur mit geringen baulichen Massnahmen einherging, fällt die Zunahme des Anteils der Konstantfahrt deutlicher aus.

5.8 Gangwahl

Luzern

Es war zu beobachten, dass der defensive Fahrer unter dem Temporegime T50 vor allem im dritten Gang fuhr, teilweise im vierten. Im Temporegime T30 wurde vor allem im zweiten, teilweise im dritten gefahren.

Der offensive Fahrer fuhr unter dem Temporegime T50 entsprechend seinem Fahrstil mehr im zweiten und im dritten Gang . Unter dem Temporegime T30 fuhr er oft im ersten, und den Rest fast auschliesslich im zweiten Gang.

Bern

Da das Messgebiet in Bern flacher ist, sind die Anteile an den höheren Gängen geringfügig höher.

5.9 Verkehrsaufkommen

Sowohl in Luzern als auch in Bern liegen die Messstrecken in Gebieten, die nur geringe Schwankungen des Verkehrsaufkommens über den Tag aufweisen. Eine eigentliche "rush hour" ist nicht zu erkennen.

Relativ stark schwankend ist die Zahl der Fussgänger.

Auch aus den Messresultaten lässt sich folgern, dass keine singifikante Abhängigkeit der Messresultate von der Tageszeit besteht.

Luzern

Die offiziellen Untersuchungen der Stadt Luzern zu den Verkehrsmengen schliessen mit dem Fazit, dass sich keine wesentlichen Verkehrsverlagerungen ergeben haben. Genauere Infos zu diesem und auch anderen Themen sind dem Schlussbericht "Ich fahr 30" der "Metron Verkehrsplanungs- und Ingenieurbüro" zu entnehmen [8].

Bern

In Bern resultierte aus der Einführung von Tempo 30 eine Verringerung der Fahrzeugmenge. Gemäss Untersuchung des Verkehrsinspektorats der Stadt Bern sei diese aber nicht einzig auf die Herabsetzung der erlaubten Höchstgeschwindigkeit zurückzuführen, sondern sei auch bedingt durch die Änderung der Vorschriften für die Parkraumbenutzung (ausführlicher Bericht [18]).

6. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Messungen mit der **M**obilen **A**bgas**M**ess**A**nlage haben ergeben, dass die Herabsetzung der signalisierten Höchstgeschwindigkeit von 50 auf 30 km/h (T50 zu T30) die folgenden Auswirkungen auf den Benzinverbrauch, die Schadstoffemissionen, die mittlerere Geschwindigkeit und die Anteile an den Betriebszuständen hat:

Defensiver Fahrer in Luzern

• Benzinverbrauch	- 2.09 l/100 km	- 16.4 %
• Kohlendioxid	- 48.5 g/km	- 15.4 %
• Stickoxide	- 0.07 g/km	- 28.0 %
• Kohlenmonoxid	- 0.74 g/km	- 40.9 %
• Kohlenwasserstoffe	+ 0.04 g/km	+ 28.6 %
• Mittl. Geschwindigkeit	- 3.1 km/h	- 12.3 %
• Anteil Konst.-Fahrt	Zunahme um 19 % (von 8 auf 27 %)	
• Anteil Beschleunigung	Abnahme um 13 % (von 51 auf 38 %)	
• Anteil Verzögerung	Abnahme um 4 % (von 38 auf 34 %)	

Offensiver Fahrer in Luzern

• Benzinverbrauch	- 0.74 l/100 km	- 5.9 %
• Kohlendioxid	- 17.3 g/km	- 5.6 %
• Stickoxide	- 0.16 g/km	- 43.2 %
• Kohlenmonoxid	- 0.29 g/km	- 8.8 %
• Kohlenwasserstoffe	+ 0.14 g/km	+ 100 %
• Mittl. Geschwindigkeit	- 9.4 km/h	- 27.2 %
• Anteil Konst.-Fahrt	Zunahme um 21 % (von 9 auf 30 %)	
• Anteil Beschleunigung	Abnahme um 17 % (von 50 auf 33 %)	
• Anteil Verzögerung	Abnahme um 3 % (von 40 auf 37 %)	

Defensiver Fahrer in Bern

• Benzinverbrauch	- 1.83 l/100 km	- 14.8 %
• Kohlendioxid	- 47.1 g/km	- 15.3 %
• Stickoxide	- 0.14 g/km	- 60.9 %
• Kohlenmonoxid	- 0.30 g/km	- 25.9 %
• Kohlenwasserstoffe	0.0 g/km	0.0 %
• Mittl. Geschwindigkeit	- 5.3 km/h	- 20.3 %
• Anteil Konst.-Fahrt	Zunahme um 14 % (von 7 auf 21 %)	
• Anteil Beschleunigung	Abnahme um 12 % (von 52 auf 40 %)	
• Anteil Verzögerung	Abnahme um 1% (von 37 auf 36 %)	

Offensiver Fahrer in Bern

• Benzinverbrauch	- 2.15 l/100 km	- 16.2 %
• Kohlendioxid	- 51.9 g/km	- 16.0 %
• Stickoxide	- 0.08 g/km	- 23.5 %
• Kohlenmonoxid	- 3.23 g/km	- 63.7 %
• Kohlenwasserstoffe	+ 0.01 g/km	+ 7.1 %
• Mittl. Geschwindigkeit	- 9.6 km/h	- 28.2 %
• Anteil Konst.-Fahrt	Zunahme um 11 % (von 8 auf 19 %)	
• Anteil Beschleunigung	Abnahme um 7 % (von 46 auf 39 %)	
• Anteil Verzögerung	Abnahme um 2 % (von 43 auf 41 %)	

Es ist auch bei der obenstehenden Zusammenfassung der Ergebnisse zu beachten, dass die Resultate des offensiven Fahrers bei Tempo 50 km/h auf einer anderen Strecke realisiert wurden als die Werte bei Tempo 30 km/h.

7. Diskussion

Aus den Messergebnissen geht klar hervor, dass beim Wechsel vom Temporegime T50 zum Temporegime T30 der Benzinverbrauch und die Schadstoff-Emissionen (ausser Kohlenwasserstoffe) deutlich abnehmen. Es zeigt sich allerdings auch, dass der Einfluss der Fahrweise (defensiv oder offensiv) auf den Benzinverbrauch und die Schadstoffemissionen teilweise grösser ist als derjenige des Temporegimes. Bei weitergehenden Bemühungen um eine Verminderung der Luftbelastung muss man dieser Tatsache gerecht werden.

In diese Richtung zielt die vom Programm "Energie 2000" des Bundesamtes für Energiewirtschaft geförderte benzinsparende Fahrweise.

Ebenso resultierten bei Tempo 30 tiefere Durchschnittsgeschwindigkeiten. Die damit einhergehende Erhöhung der Durchfahrtszeit durch eine räumlich meist stark begrenzte Tempo 30-Zone ist absolut gesehen gering.

Augenfällig ist die Erhöhung des Anteils des Betriebszustandes "Konstantfahrt". Eine Erhöhung des Anteils an Konstantfahrt und eine entsprechende Abnahme bei Beschleunigung und Verzögerung bei beiden Fahrweisen (defensiv und offensiv) sind Ausdruck eines gleichmässigeren Fahrstils.

Im ersten Messgebiet (Luzern, Wesemlin), bei welchem die Umwandlung in eine Tempo 30-Zone nur mit geringen baulichen Massnahmen einherging, fällt die Zunahme des Anteils der Konstantfahrt deutlicher aus. Daraus kann gefolgert werden, dass erhebliche bauliche Massnahmen dem Ziel einer möglichst gleichmässigen Fahrweise zuwiderlaufen.

Es war zu beobachten, dass der defensive Fahrer unter dem Temporegime T50 vor allem im dritten Gang, teilweise im vierten, fuhr. Im Temporegime T30 wurde vor allem im zweiten, teilweise im dritten, gefahren. Der offensive Fahrer fuhr unter dem Temporegime T50 entsprechend seinem Fahrstil mehr im zweiten und im dritten Gang. Unter dem Temporegime T30 fuhr er oft im ersten, und den Rest fast auschliesslich im zweiten Gang. Moderne Motoren erlauben auch in Tempo 30-Zonen keineswegs nur die Fahrt im ersten oder zweiten Gang.

Wohl handelt es sich beim Trägerfahrzeug der MAMA nur um ein einziges Automobil. Die Erkenntnisse aus den Messungen mit der MAMA können in ihrer relativen Bedeutung mit entsprechenden Einschränkungen auf einen Grossteil des Schweizer Personenwagenparks übertragen werden (siehe Kapitel 2.2). "In ihrer relativen Bedeutung" meint, dass nicht das absolute Niveau von Emissionen und Verbrauch auf einen Grossteil der anderen Fahrzeuge übertragen werden kann, sondern das Verhältnis der einzelnen Parameter bei den zwei verschiedenen Temporegimes.

Es ist demzufolge davon auszugehen, dass sicher alle Fahrzeuge, die im Hubraum- und Leistungsbereich der MAMA liegen (gleiche gesetzliche Schadstoffgrenzwerte, praktisch gleiche Treibstoffaufbereitung und Abgasnachbehandlung), ein ähnliches Verhalten aufweisen, und daher ebenfalls unter dem Temporegime T30 geringere Emissionen und ein geringerer Verbrauch resultieren.

Aus dem in Kapitel 2.2 genannten Bericht geht ebenfalls hervor, dass sich die andern Autos mit Katalysator in der Tendenz relativ gleich verhalten wie die MAMA.

Relativ gesehen handelt es sich hierbei um bedeutende Emissions- und Verbrauchsverminderungen von 10 bis über 60 %. Absolut gesehen bewegt man sich aber bei einem Auto mit Katalysator bei diesen Innerortsgeschwindigkeiten auf einem sehr geringen Emissionsniveau. Die Unterschiede bewegen sich zum grossen Teil im Bereich von Hundertsteln von einem Gramm pro Kilometer.

Prozentuale Angaben können ein Ergebnis in gänzlich anderem Licht darstellen als absolute Angaben. Die Angabe nur von Prozentwerten, wie es sehr oft gemacht wird, stellt demzufolge eine unvollständige Information dar. Erst die zusätzliche Erwähnung von Absolutwerten lässt eine sinnvolle und korrekte Beurteilung von Ergebnissen zu.

Für die vorliegende Untersuchung heisst das, dass man auf keinen Fall aus den Augen verlieren darf, um welch geringe Emissionsmengen es sich im konkreten Fall handelt. Man muss diese doch sehr kleinen Mengen zwingend auch in Beziehung setzen zu gesamten Emissionsmengen und andern Emittenten.

Vergleicht man die obigen Emissionswerte mit den Schadstoff-Emissionen von einem Personenwagen ohne Katalysator, so wird man unschwer feststellen können, dass die Emissionen dieser Fahrzeuge an Stickoxiden, Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid zehnmal grösser sind. Der Unterschied zwischen einem Auto mit Katalysator und einem ohne ist also um ein Mehrfaches grösser als jener zwischen T50 und T30 für ein Auto mit Katalysator.

Nochmals bedeutend höher liegen die Emissionen eines Lastwagens. Mit Werten für die Stickoxide zwischen 10 und 20 g/km liegen die Lastwagenemissionen um 50- bis 100mal höher als die Emissionen eines Autos mit Katalysator.

Überdies muss man sich auch im klaren darüber sein, dass mit einer Änderung der erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 50 auf 30 km/h bestenfalls eine sehr geringe Verminderung der absoluten Emissionen realisiert werden kann. Für eine hypothetische Tempo 30-Zone kann man annehmen, dass während eines Tages 2'000 Autos je einen Kilometer in der Zone zurücklegen. Aus den Messergebnissen lässt sich für Autos mit Katalysator grob ein Verminderungspotential von 34 l Benzin, 82 kg Kohlendioxid, 220 g Stickoxiden und 2.3 kg Kohlenmonoxid pro Tag abschätzen.

Die Verkehrsemissionen in einem solchen Gebiet sind somit so gering, dass eine Auswirkung auf die Immissionssituation höchstens lokal messbar sein dürfte. Eine Untersuchung dieses Themas war aber nicht Gegenstand der vorliegenden Studie.

Im Bericht Nr. 55 "Schadstoffemissionen des privaten Strassenverkehrs 1950 - 2000" des Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) wurde der Fahrleistungsanteil der Personenwagen auf Innerortsstrecken für 1990 mit 33 % (1995 ebenfalls 33 %), jener auf Ausserortsstrecken mit 40 % (1995: 36 %) und jener auf Autobahnen mit 27 % (1995: 31 %) prognostiziert.

Gemäss dem Bericht "Verminderung der Umweltbelastung durch verkehrsorganisatorische und verkehrstechnische Massnahmen" [20] werden ca. 70 bis 85 % der Fahrzeugkilometer innerorts auf den Hauptstrassen (inklusive Hochleistungsstrassen) zurückgelegt. Für Zürich beispielsweise wurde der Quartierstrassenanteil für 1979 auf 14 % geschätzt. Nur ein kleiner Teil der Fahrleistung wird demzufolge in potentiellen Tempo 30-Zonen zurückgelegt.

Diese Aussagen gelten aber nur unter der Voraussetzung, dass in Tempo 30-Zonen tatsächlich mit der vorgeschriebenen tieferen Geschwindigkeit gefahren wird.

Bei den Messfahrten unter dem Temporegime T30, also bei der signalisierten Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h, konnte beobachtet werden, dass die Akzeptanz dieser Geschwindigkeit sehr schlecht ist. Das Messfahrzeug wurde nicht nur dauernd und zügig überholt, sondern oft fast gestossen.

Die Einführung von Tempo 30-Zonen ist nur glaubhaft, wenn auch dafür gesorgt wird, dass die doch bedeutend tiefere Geschwindigkeit auch eingehalten wird. Andernfalls ist mit kontraproduktiven Effekten zu rechnen, und man leistet einer weiteren Nichtbeachtung der Strassensignalisation Vorschub.

Für die Beurteilung von Tempo 30-Zonen ist der Umweltaspekt nur einer von vielen. Andere Gesichtspunkte, die die Wohn- und Lebensqualität beeinflussen, wie Verkehrssicherheit, Lärm, Einfluss auf den Verkehrsfluss (Ausweichverkehr) etc. sind ebenso zu berücksichtigen.

8. Fazit

—> Tempo 30 führt zu einer Verminderung des Benzinverbrauchs gegenüber Tempo 50.
—> Tempo 30 führt zu einer Verminderung der Schadstoffemissionen (Kohlenwasserstoffe nicht) gegenüber Tempo 50.
—> Die Unterschiede beim Benzinverbrauch und den Emissionen zwischen defensiver und offensiver Fahrweise sind beträchtlich und teilweise grösser als diejenigen zwischen den zwei verschiedenen Temporegimes.
—> Bei Autos mit Katalysator sind die absoluten Emissionen bei Innerortsgeschwindigkeiten sehr gering (Bruchteile eines Gramms). Die relativen Unterschiede (in Prozent) zwischen T30 und T50 können gross sein.
—> Bei Tempo 30 ist der Anteil an Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit höher, der Fahrstil ist gleichmässiger (bei offensiver und defensiver Fahrweise).
—> Aufgrund der geringen Fahrleistungen in Tempo 30-Gebieten sowie der geringen absoluten Emissionen und damit auch der Emissionsunterschiede kann man davon ausgehen, dass der Einfluss von Emissionsverminderungen infolge von Tempo 30 für die lufthygienische Situation höchstens lokal von Bedeutung ist.
—> Andere Aspekte wie Wohn- und Lebensqualität (Lärm, Sicherheit etc.) sind bei der Beurteilung von Tempo 30 ebenfalls zu betrachten.

9. Literatur- und Quellenverzeichnis

[1] **Abgas- und Verbrauchsuntersuchung Tempo 50 und 30**; Lutz Thomas, Bach Christian; EMPA; Dübendorf 1990

[2] **Begleitende Bevölkerungsbefragung, Pilotprojekt Tempo 30**; Büro Dr. Carl Oliva, Soziologische Grundlagenforschung und Entwicklungsplanung; Luzern, Juli 1994

[3] **Bericht Luftreinhalte-Konzept**; im Namen des Schweizerischen Bundesrates; Bern, September 1986

[4] **Die Mobile AbgasMessAnlage – Ein Vergleich mit dem Schweizer Personenwagenpark"**: Touring Club der Schweiz; Peter Züger; Emmen, September 1995

[5] **Dokumentation über Mobile Abgas-Messungen**; Touring Club der Schweiz; Peter Züger; Emmen, 1992

[6] **Einbindung von Tempo 30-Zonen am Beispiel der Stadt Bern**; K.Hoppe; strasse und verkehr Nr. 9, September 1993

[7] **Fahrverhalten in Tempo 30-Zonen, Auswertung der Messfahrten, Arbeitsunterlage 16**; Heusch/Boesefeldt GmbH; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; G. Regniet; Aachen, Juni 1994

[8] **Ich fahr 30, Pilotprojekt Tempo 30, Schlussbericht**; Metron Verkehrsplanungs- und Ingenieurbüro AG; Stadt Luzern, Tiefbauamt; Luzern, Juli 1994

[9] **Langsamer und flüssiger fahren, Niedriggeschwindigkeitsszenarien und ihre Wirkungen**; Nationales Forschungsprogramm Stadt und Verkehr; W. Hüsler, R. Häfliger, I. Schmid, E. Willi; Zürich 1994

[10] **Mit gezielter Öffentlichkeitsarbeit zu einer schlanken Einführung von Tempo 30**; S. Schneider, D. Häberling, Planungsbüro Jud AG, Zürich; strasse und verkehr Nr. 11, November 1994

[11] **Pilotprojekt Tempo 30, Schlussbericht, Bericht des Stadtrates von Luzern an den Grossen Stadtrat von Luzern**; Stadt Luzern; Luzern, September 1994

[12] **Schadstoffemissionen bei verschiedenen Geschwindigkeiten**: Kreditbegehren für Forschungsarbeiten; Touring Club der Schweiz; Peter Züger; Emmen, Mai 1992

[13] **Temporeduzierung im Autoverkehr**: Vorteile für alle! Ein Materialienband für Tempo 30/70/100; Herausgeber Arbeitskreis Verkehr, Cheruskerstrasse 10, D-1000 Berlin 62 (1984)

[14] **Tempo 30 - Buxtehude**; Eine ADAC-Untersuchung im Rahmen des Modellvorhabens "Flächenhafte Verkehrsberuhigung"; Stock Ralf, Schwarzmann Friedrich, Rüdiger Linde; ADAC; München 1988

[15] **Tempo 30, Low-Cost-Massnahmen für die Praxis**; ADAC; München 1995

[16] **Tempo 30 spart Sprit**; Blumenstock K.-U.; mot; Nr. 8, 1991

[17] **Tiefere Tempolimiten zur Reduktion der Stickoxidbelastung**; P. Pitzinger; strasse und verkehr, Nr. 3, März 1995

[18] **T 30 Länggasse, Bilanz "Rollen statt Rasen"**; U. Salvisberg; Verkehrsinspektorat der Stadt Bern; Bern, August 1994

[19] **Umweltauswirkungen von Tempo 30**; Gorissen N., Kippel P.; Umwelt-Bundes-Amt Berlin UBA; Berlin 1988

[20] **Verminderung der Umweltbelastung durch verkehrsorganisatorische und verkehrstechnische Massnahmen**; Metron Verkehrsplangungs- und Ingenieurbüro; W. Hüsler; Windisch, August 1987

Auszug aus Massnahmenplan des Kantons Zürich

4. TEILPLAN GESCHWINDIGKEITSREDUKTIONEN

Geschwindigkeitsreduktionen führen in der Regel zu tieferen Emissionen. Diese Erkenntnis beruht auf zwei Haupteffekten:

- Tiefere Fahrgeschwindigkeiten sind gekoppelt mit tieferen Emissionsfaktoren, d.h. mit geringeren spezifischen Emissionen pro gefahrenem Kilometer
- Veränderungen des Geschwindigkeitsregimes lösen oft Aenderungen im Verkehrsverhalten (Fahrweise, Verkehrsmittelwahl etc.) aus.

Das vorliegende Paket sieht gezielte Geschwindigkeitsreduktionen in Gebieten mit NO_2-Belastungswerten über 50 $\mu g/m^3$ vor, nämlich

- Reduktion der Höchstgeschwindigkeiten um je 20 km/h für PW und Lastwagen auf siedlungsnahen Autobahnabschnitten in Zürich, Winterthur, Walliselen, Opfikon, Kloten, Schlieren, Winterthur, Uster (entsprechend Abb. D1)
- Versuchsweise Reduktion der Höchstgeschwindigkeit auf 50 km/h auf einigen wenigen Hauptstrassenabschnitten im gleichen Gebiet. Ermittlung der lufthygienischen und verkehrsseitigen Auswirkungen
- 30 km/h Zonensignalisation in allen Gemeinden des Massnahmenplangebietes
- Bessere Durchsetzung der Geschwindigkeitslimiten mit neuen technischen Hilfsmitteln

MIETBEDINGUNGEN
CONDITIONS DE LOCATION

- ✗ Für private und öffentliche Hand
  Pour des projets privés ou publics
- ✗ Überall in der Schweiz
  Partout en Suisse
- ✗ Vorabklärungen kostenlos
  Etudes préliminaires gratuites
- ✗ Fr. 3500.– pro Messtag
  Fr. 3500.– par jour de mesure
- ✗ Fr. 1200.– pro Auswertetag
  Fr. 1200.– par jour d'évaluation
- ✗ Vom Vorprojekt bis zum fertigen Bericht
  De l'avant-projet au rapport terminé
- ✗ Rabatt für längere Aufträge
  Rabais pour des projets de longue durée

Die Mobile Abgas-Messanlage (MAMA) misst die Emissionen an HC, NO_x, CO und CO_2 und den Verbrauch des Trägerfahrzeugs. Am Ende erfolgt die Ausgabe in Gramm pro Kilometer bzw. Liter pro 100 Kilometer.

La Station mobile de mesure des gaz d'échappement (MAMA) mesure les émissions de HC, NO_x, CO et CO_2 ainsi que la consommation du véhicule porteur. A la fin, les résultats sont donnés en grammes par kilomètre resp. en litres par 100 kilomètres.

Technik + Umwelt
Technique + environnement

Oktober 1992
octobre 1992

EINSATZ-MÖGLICHKEITEN
POSSIBILITÉS D'UTILISATION

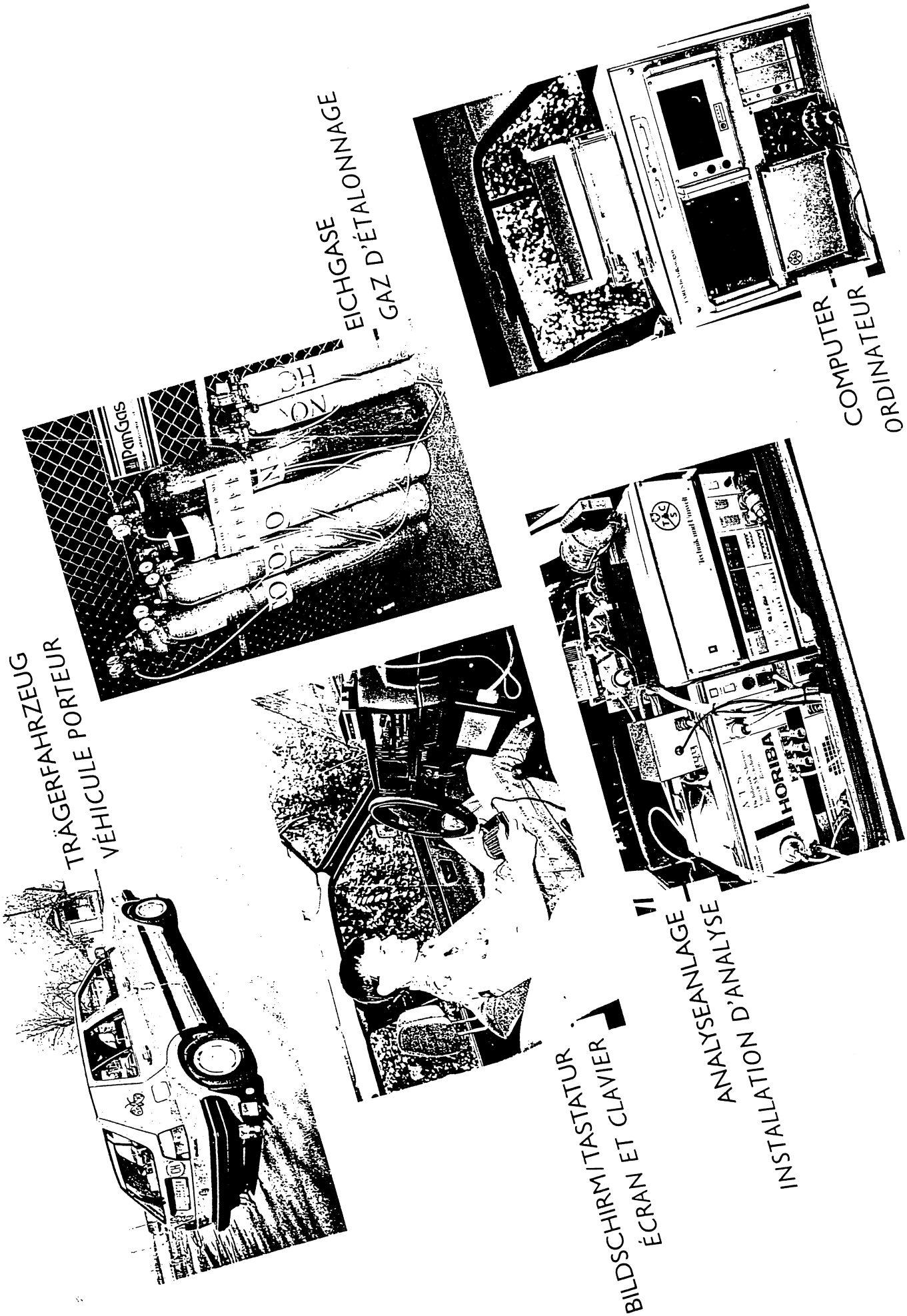
- ✗ Kaltstart
  Démarrage à froid
- ✗ Mit/ohne Motor abstellen
  Avec/sans arrêt du moteur
- ✗ Mit/ohne Katalysator
  Avec/sans catalyseur
- ✗ Tempo / *Vitesse* 30/50
  Tempo / *Vitesse 80/100*
- ✗ Umfahrung
  Contournement
- ✗ Autobahn
  Autoroute
- ✗ Kreuzung
  Carrefour
- ✗ Tunnel
  Tunnel
- ✗ Kreisel
  Giratoire
- ✗ Parkhaus
  Garage à étages

Eine exklusive Dienstleistung des
Un service exclusif du

pour notre environnement.
für unsere Umwelt.

MOBILE ABGAS-MESSANLAGE
STATION MOBILE DE MESURE DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT

TOURING CLUB DER SCHWEIZ
TOURING CLUB SUISSE


TRÄGERFAHRZEUG
VÉHICULE PORTEUR
EICHGASE
GAZ D'ÉTALONNAGE
COMPUTER
ORDINATEUR
BILDSCHIRM/TASTATUR
ÉCRAN ET CLAVIER
ANALYSEANLAGE
INSTALLATION D'ANALYSE
PanGas
HORIBA

Auszug aus "Die Mobile AbgasMessAnlage – Ein Vergleich mit dem Schweizer Personenwagenpark"

Zusammenfassung

Die Mobile AbgasMessAnlage des TCS (MAMA) ist ein einziges Auto. Damit sollen Messungen durchgeführt werden, deren Ergebnisse zu Aussagen über den gesamten schweizerischen Fahrzeugpark führen.

Dieser Bericht zeigt, auf welchen Grundlagen und Schlussfolgerungen basiert wird, damit die MAMA diese Anforderung erfüllen kann.

So wird untersucht, wie gross die Werte für den Benzinverbrauch und die Schadstoffemissionen der mobilen Anlage im Vergleich zu verschiedenen Fahrzeugkollektiven sind.

Die MAMA ist mit dem Ziel konstruiert worden, Schadstoffemissionsmessungen direkt im Verkehr durchführen zu können. Dafür bedarf es dreier Komponenten: Trägerfahrzeug, Analyseanlage, Computer.

Als Trägerfahrzeug für die mobile Anlage kommt jeder Personenwagen in Frage. Als "Vertreter" des Schweizer Personenwagenparks eignet sich ein VW Golf am besten.

Das ausgewählte Trägerfahrzeug verfügt über eine geregelte Einspritzung und einen Dreiweg-Katalysator, die heutzutage bei Autos mit Benzinmotor einzige mögliche Abgasreinigungstechnologie, um die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte einhalten zu können.

Die Vergleiche von Verbrauch und Emissionen werden anhand von Zyklenwerten und Werten von Fahrten bei konstanten Geschwindigkeiten durchgeführt.

Als Vergleichskollektive wurden vor allem Fahrzeuggruppen ausgewählt, die im Rahmen der Fortschreibung der Emissionsfaktoren gemessen (Projekt TÜV/BUWAL) wurden und solche, die beim TCS getestet wurden.

Bezüglich des Benzinverbrauchs und analog bezüglich der Kohlendioxid-Emissionen kann die MAMA als gutes Abbild des Personenwagenparks der Autos mit Katalysator ab Inverkehrssetzungsdatum 1988 gelten.

Bezüglich der übrigen Schadstoffemissionen sind Hochrechnungen nur mit Einschränkungen möglich. Je nach Art der Messstrecke muss mit einem anderen Faktor gerechnet werden.

Die Stärke der MAMA liegt bei Vergleichsmessungen.

9. Rekapitulation

Bezüglich des Benzinverbrauchs und analog bezüglich der Kohlendioxid-Emissionen kann die **M**obile **A**bgas**M**ess**A**nlage als gutes Abbild des Personenwagenparks der Autos mit Katalysator ab Inverkehrssetzungsdatum 1988 gelten.

Bei den Stickoxiden liegt die MAMA deutlich unter den Werten der für den Vergleich herangezogenen Kollektive. Dieses Verhalten zeigt sich sowohl bei den Werten für Zyklen als auch bei den Fahrten mit konstanter Geschwindigkeit.

Der für die Vergleiche ebenfalls herangezogene VW Golf aus dem Katalysator-Langstrekkentest zeigte dasselbe Phänomen.

Bezüglich der Kohlenmonoxidemissionen ist keine eindeutige Tendenz festzustellen. Auf dem FTP 75-Zyklus emittiert die MAMA vergleichsweise wenig, bei den andern Modi, liegt die MAMA jeweils höher als das Vergleichskollektiv.

Bei den Kohlenmonoxid-Emissionen verhält sich die MAMA deutlich anders als die Autos der Vergleichskollektive. Die Emissionen der MAMA sind aber immer grösser als diejenigen der ausgewählten Vergleichskollektive.

Die zum Vergleich herangezogenen Fahrzeugkollektive waren auch untereinander oft sehr verschieden.

Die ebenfalls berücksichtigten Werte eines baugleichen VW Golf, der beim TCS in einem Langstreckentest lief, lagen fast immer auf dem gleichen Nineau wie die MAMA-Werte.

10. Schlussfolgerungen

Bei den bisher durchgeführten Messprojekten mit der MAMA ging es nur um Vergleichsmessungen. So zum Beispiel um Fragen wie, ob bei einer erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 30 oder einer solchen von 50 km/h mehr Schadstoffe emittiert werden, oder wie sich eine bestimmte Fahrweise auf Verbrauch und Emissionen auswirkt.

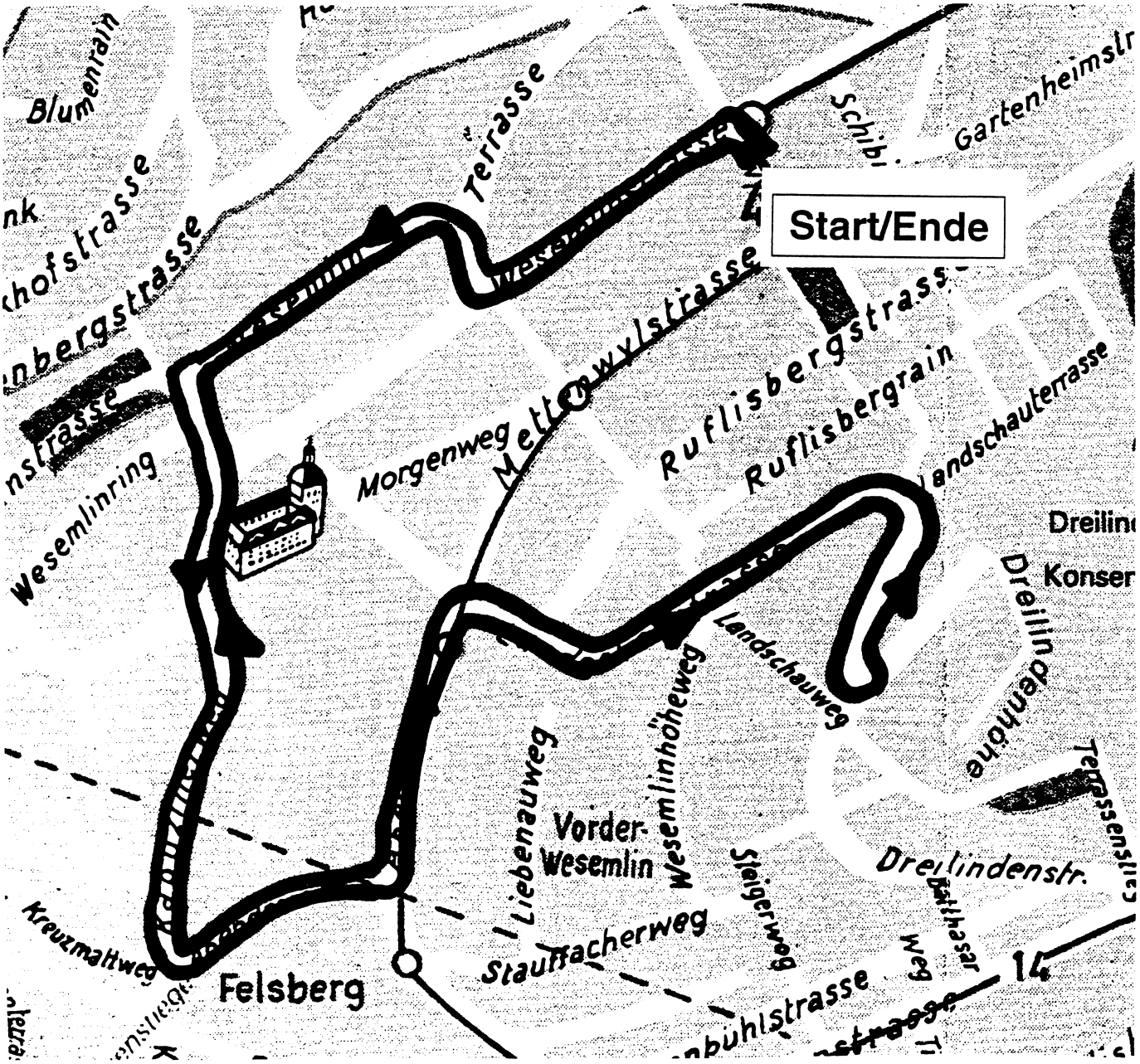
Der absolute Aspekt steht nie im Vordergrund.

Das soll aber keineswegs heissen, dass der absolute Aspekt völlig unwichtig ist. Geht es nämlich um die Beurteilung einer bestimmten Massnahme im Verkehr, so muss auf jeden Fall berücksichtigt werden, auf welch tiefem Emissionsniveau man sich bei Autos mit Katalysator befindet.

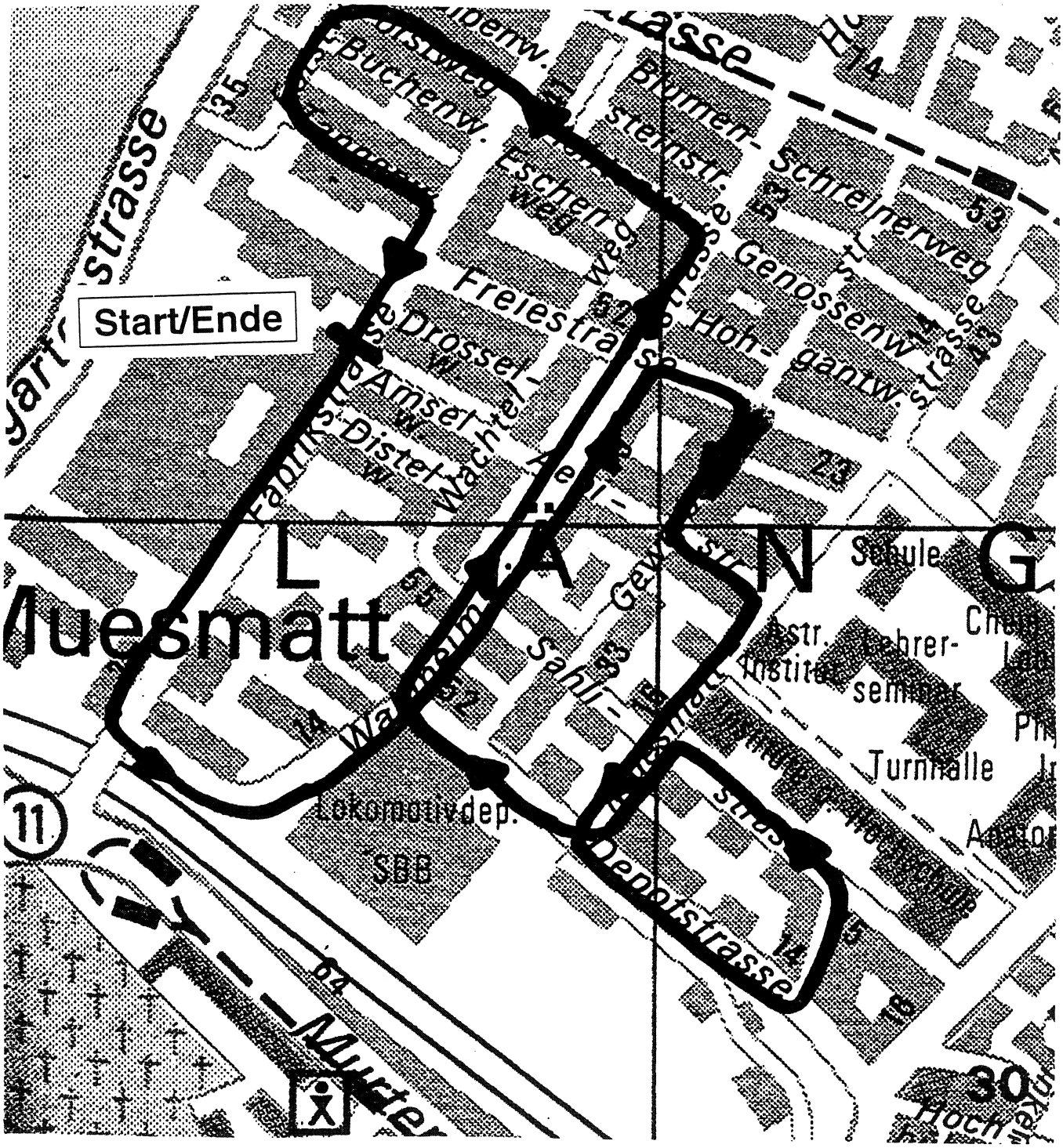
Aus den hier durchgeführten Vergleichen sind die folgenden Erkenntnisse für die weiteren Messprojekte mit der **M**obilen **A**bgas**M**ess**A**nlage zu beachten:

- ☞ Bezüglich Benzinverbrauch und Kohlendioxidemissionen können die Werte der MAMA für Hochrechnungen auf den Personenwagenpark ab 1988 verwendet werden.
- ☞ Bezüglich der Stickoxidemissionen sind Hochrechungen ebenfalls möglich, aber mit Einschränkungen. Je nach Art der gefahrenen Strecke muss mit einem entsprechenden Faktor gerechnet werden.
- ☞ Bezüglich der Kohlenwasserstoff- und der Kohlenmonoxidemissionen sind Hochrechungen nur mit grossen Einschränkungen möglich. Je nach Art der Messstrecke muss mit einem anderen Faktor gerechnet werden.
- ☞ Die Stärke der MAMA liegt eindeutig bei Vergleichsmessungen.
- ☞ Vergleicht man verschiedene Vergleichskollektive untereinander, so sind auch dort grosse Unterschiede auszumachen.

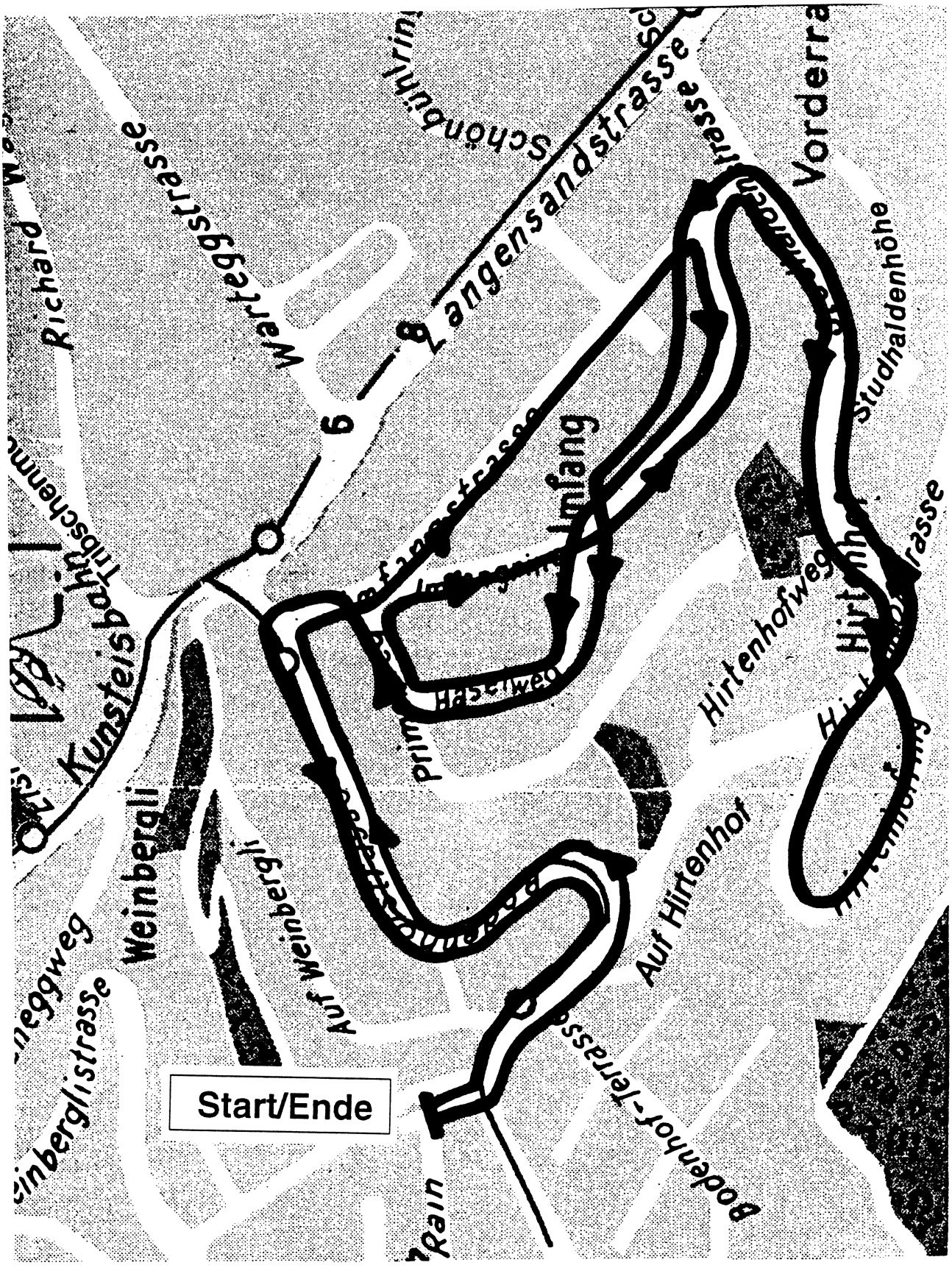
Messstrecke 1: Luzern, Wesemlin



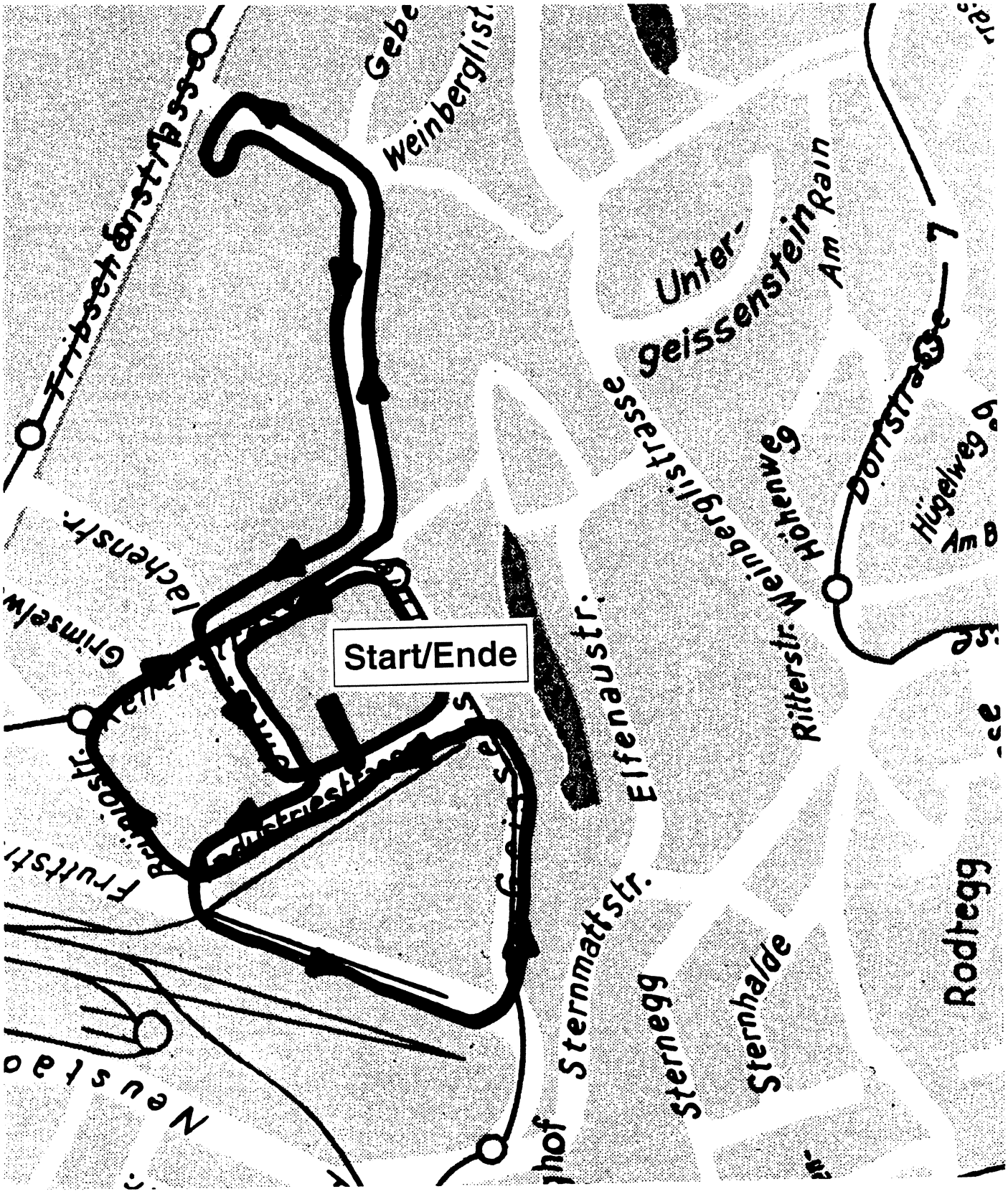
Messstrecke 2: Bern, Länggasse



Zusätzliche Messstrecke: Luzern, Hirtenhof

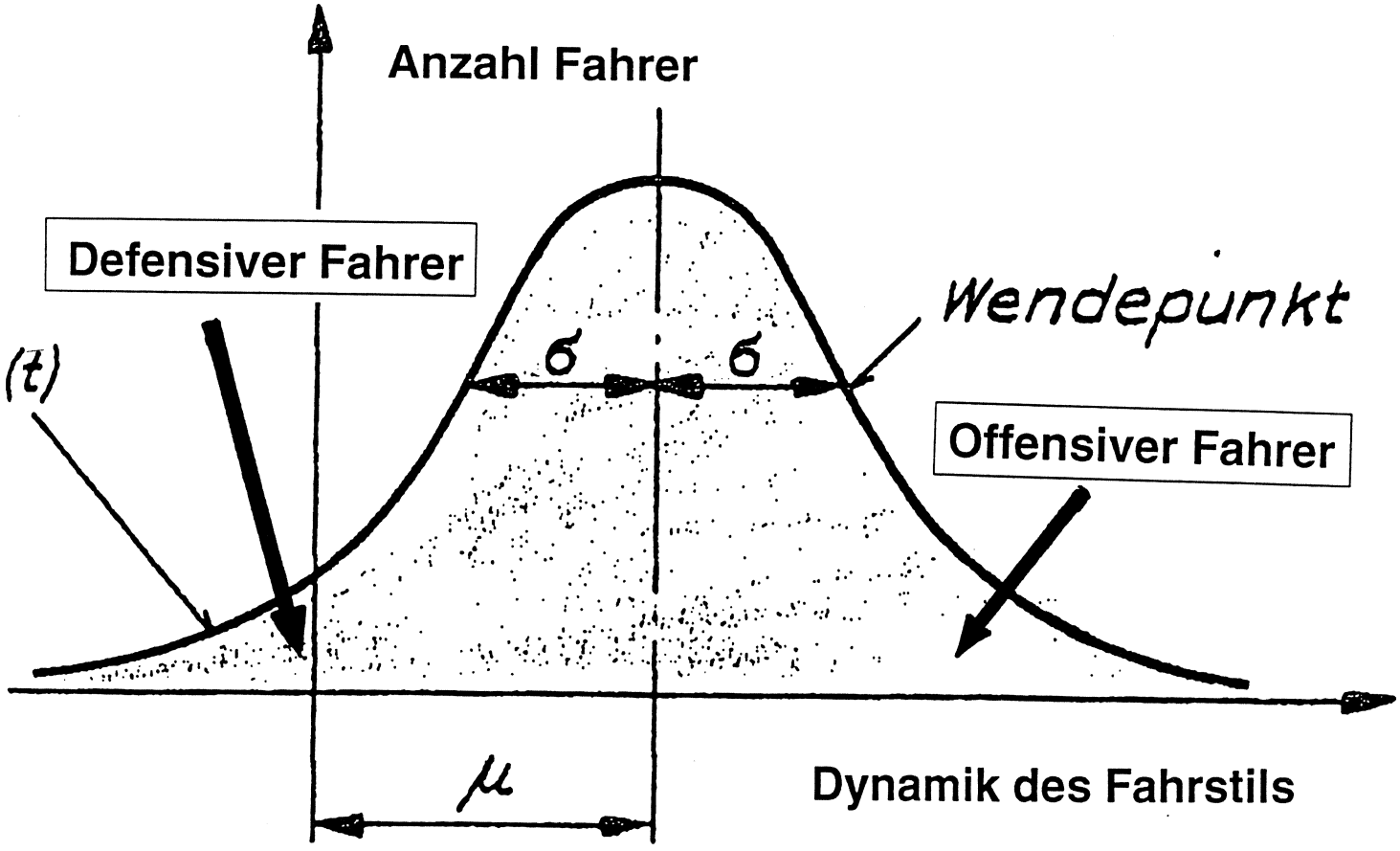


Zusätzliche Messstrecke: Luzern, Industriestrasse



Graphik: Auswahl der Fahrer

Um den Aufwand für dieses Forschungsprojekt in den geplanten Grenzen halten zu können, beschränkt man sich auf zwei verschiedene Fahrer. Für die Auswahl dieser beiden Fahrer stellt man sich die Kurve einer Normalverteilung vor. Auf der x-Achse ist die Dynamik des Fahrstils, auf der y-Achse die Anzahl der entsprechenden Vertreterinnen und Vertreter dieses Fahrstils aufgetragen. Aus der beschriebenen Verteilung wählt man sich nun einen Vertreter des ersten Drittels auf der x-Achse und einen Vertreter des dritten Drittels. Die untenstehende Graphik zeigt die Auswahl bildlich.



Mitglieder der Begleitkommission

Herrn Kurt Infanger	Generalsekretariat EVED Dienst GVF	Kochergasse 10 3003 B e r n	Tel: 031 / 322 55 60 Fax: 031 / 322 78 06
Herrn A. Lehmann	Direktion ASTAG Schweizerischer Nutzfahrzeugverband	Weissenbühlweg 3 3007 Bern	Tel: 031 / 370 85 60 Fax: 031 / 370 85 89
Herrn Dr. Eugen Meier Präsident der Begleitkommission	Abay & Meier Verkehrsplanung und -ökonomie	Ceresstr. 10 8008 Zürich	Tel: 01 / 381 46 87 Fax: 01 / 381 49 80
Herrn Felix Reutimann (bis 15.3.'94: Hr. Dr. R. Rothen)	BUWAL Abt. Luftreinhaltung	Laupenstr. 20 3008 B e r n	Tel: 031 / 322 94 51 Fax: 031 / 382 15 46
Herrn Dr. Hansjörg Sommer	Amt für Technische Anlagen und Luft- hygiene des Kantons Zürich (ATAL)	Stampfenbachstrasse 12 8090 Z ü r i c h	Tel: 01 / 259 29 91 Fax: 01 / 259 42 80
Herrn E. Stadtmann	Stadtpolizei Bern	Waisenhausgasse 32 Postfach 3000 Bern 7	Tel: 031 / 321 42 04 Fax: 031 / 321 49 89
Herrn J. Stauffer	Bundesamt für Polizeiwesen	3084 Wabern	Tel: 031 / 963 42 40 Fax: 031 / 963 43 01
Frau M. Tschannen-Süess	Verkehrs-Club der Schweiz	Sängeli 223a 3534 Signau	Tel: 035 / 7 17 20 Fax: 035 / 7 17 20
Herrn W. Vetterli	Strassenverkehrs- und Schiffahrtsamt	Postfach 9001 St. Gallen	Tel: 071 / 21 36 51 Fax: 071 / 21 39 98