

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
Kapitel I: Allgemeine Projektvorstellung	3
Kapitel II: Ein Schlüssel-Parameter: die Durchschnittsgeschwindigkeit	7
Kapitel III: Entwurf der Zyklen	9
Kapitel IV: Konkrete Zyklengestaltung	12
Kapitel V: Messbedingungen	17
Kapitel VI: Messmethodik	19
Kapitel VII: Perspektiven	22
Bibliographie	23

Vorwort

Als im Jahr 2000 innerhalb des Buskomitees der UITP die Idee für das Projekt zur Entwicklung standardisierter Verbrauchstests für Busse entstand, haben wir sogleich die Bedeutung dieses Vorhabens erkannt. Über das eigentliche Interesse des Sektors hinaus, vergleichbare Daten zu erhalten, handelte es sich hierbei um eine Initiative, die den Wandel widerspiegelte, der sich in der UITP vollzog: nämlich die Öffnung des Verbands, der ursprünglich ein Verband von Verkehrsbetrieben war, für andere Zweige des Sektors. Neben der „kosmetischen“ Überarbeitung der Statuten war es wichtig, dass jeder Akteur in seinem neuen Verband einen Platz findet und aus seiner Mitgliedschaft einen Wert schöpft.

SORT hat bewiesen, dass eine fruchtbare Zusammenarbeit zwischen Herstellern und Betreibern möglich ist. Gewiss, der Anfang war mühsam, doch dank der konstanten und positiven Mithilfe der Vertreter der Industrie und der Betreiber, die von der Überzeugung geleitet wurden, dass die übernommene Aufgabe und die gesamte Arbeit von großem Nutzen ist, wurde die Arbeit konstruktiv vorangetrieben. Diese Broschüre ist der handfeste Beweis für den Erfolg dieser Kooperation. Unserer Auffassung nach war schon allein dieses Resultat der Mühe wert.

Doch wenden wir uns wieder unserem Thema zu. Während man für Pkws standardisierte Verbrauchsdaten ohne weiteres in der Fachpresse findet, gibt es für Busse keine entsprechenden Informationen. Tatsächlich stützen sich die Verkehrsunternehmen beim Kauf neuer Fahrzeuge bislang auf ihre Erfahrungen oder auf Hinweise aus den erhaltenen Angebotsunterlagen, wobei sie sich gelegentlich auf die Ergebnisse lokaler Tests beziehen. Dadurch wird die Möglichkeit, die Ergebnisse auf unterschiedliche Gegebenheiten zu übertragen, verhindert oder erheblich erschwert. Hier musste Abhilfe geschaffen und ein objektives Instrument für den Vergleich des Kraftstoffverbrauchs entwickelt werden, bei dem die Messbedingungen präzise und klar definiert sind. Inzwischen ist dies geschehen, allerdings müssen sich die öffentlichen Verkehrsunternehmen diesen Ansatz zueigen machen und die Methode, die die aus Betreibern und Herstellern bestehende Arbeitsgruppe für sie entwickelt hat, anwenden.

Wir sind uns selbstverständlich vollkommen bewusst, dass der Kraftstoffverbrauch nur eines von vielen Kriterien ist, die die Entscheidung für das eine oder andere Produkt bestimmen. Dennoch war es wichtig, hierfür ein Messinstrument zu schaffen, das so objektiv wie möglich ist.

Möge sich dieses Konzept verbreiten und in zahlreichen Unternehmen, die ihren Kauf in Kenntnis objektiver Daten tätigen möchten, Anwendung finden! Wenn es erfolgreich ist, und daran zweifeln wir keinen Augenblick, dann wird SORT selbstverständlich weiterentwickelt und auch auf andere Bustypen (Midibusse, Gelenkbusse usw.) ausgeweitet.

Zum Schluss möchten wir noch allen, die in dieser Arbeitsgruppe mitgewirkt haben, herzlich danken und wünschen, dass ihre Bemühungen dazu beitragen mögen, die Qualität unserer Aktivität zum Wohle unserer Mitglieder und der Allgemeinheit zu verbessern.



Hans RAT
Generalsekretär



Wolfgang MEYER
Präsident

Allgemeine Projektvorstellung

Das " SORT " Projekt wurde vom UITP Buskomitee initiiert und hat sehr schnell weit über das Arbeitsprogramm dieses Gremium hinausgeragt.

Dieser Broschüre ist das erfolgreiche Ergebnis einer engen Zusammenarbeit zwischen dem Bus- und dem Industriekomitee der UITP sowie den Herstellern von Gebrieben und Fahrzeugen. Es handelt sich daher um den ersten konkreten zwischensektoriellen Erfolg der neuen " UITP ".

Der Idee, standardisierte Straßen-Testzyklen für Busse zu entwickeln, liegen verschiedene Überlegungen zugrunde, die sowohl ökologischer und normativer als auch vertraglicher, praktischer und ökonomischer Art sind.

Ökologische Beweggründe

Die Busbetreiber sind derzeit einem starken, zweifellos gerechtfertigten Druck ausgesetzt, der sie dazu treibt, umweltfreundlichere Fahrzeuge einzusetzen, die weniger Energie verbrauchen, mit anderen Worten : ökologischere Busse.

In den letzten Jahren waren die Busbetreiber Zeugen rasanter technischer Fortschritte: Neue Technologien wurden ohne genaue Fachinformationen zu ihren echten ökologischen Qualitäten angeboten.

In der Tat ist einzuräumen, dass das Markenimage des Busses trotz der beachtlichen Fortschritte, die in den vergangenen 10 Jahren erzielt wurden, nach wie vor mit Schmutz und Lärm behaftet ist.

Die Verkehrsunternehmen interessierten sich freilich für diese neuen Technologien, über die offizielle Berichte nur Lobenswertes hinsichtlich der Emissionswerte schrieben.

Parallel zu diesen Entwicklungen machte auch die Dieselmotor-Technik ihren Weg und verbesserte fortlaufend Leistung und Emissionswerte. Das Aufkommen neuer Partikel-Filtertypen lässt auf durchaus zufriedenstellende Ergebnisse im Emissionsbereich hoffen, und dies zu einem vernünftigen Preis...

Der Dekor steht fest: Auf der einen Seite die neuen Technologien: Erd- oder Flüssiggas, Hybridechnik, " full electric ", Brennstoffzelle..., auf der anderen Seite der Diesel, der zunehmend strenger werdenden Normen entspricht. Und dazwischen: technologische Kenntnisse, und vor allem sehr unterschiedlich hohe Kosten!

Welche Mittel stehen Betreibern also zur Verfügung, um zwischen diesen unterschiedlichen technischen Lösungen zu entscheiden ? Wie können sie Zugang zu wissenschaftlicher, praxisnahen Information haben ?

Wir müssen wohl oder übel zugeben, dass die Ergebnisse in diesem Bereich nicht kohärent sind. Theorie und Praxis stimmen nicht überein.

Wo liegt das Problem?

Lasst uns klar sein: eine saubere Flotte ist eine gute und unabdingbare Zielsetzung, aber sie ist nur mit wesentlichen Kosten zu realisieren!

Also, warum sollten die Betreiber in komplizierten und aufwendigen Technologien investieren, wenn zufriedenstellende Ergebnisse auch mit einfacheren und kostengünstigeren Möglichkeiten erzielt werden können?

Normative Beweggründe

Zur Analyse der Eigenschaften eines Motors oder Kraftstoffes sind im Rahmen der Genehmigung im Prüfstand Normen zu beachten, wobei die Motoren in speziellen Tests auf ihre Übereinstimmung mit den offiziellen europäischen Normen – bekannt unter den Labels EURO I, EURO II, EURO III und bald IV, V... – überprüft werden. Die derzeit angewandte Testmethode, der so genannte " 13 Stufen Test ", besteht darin, die Emissionswerte der vier reglementierten Schadstoffe (CO, NOx, HC und Partikel) in stationären Testsituationen zu messen und sie in Gramm/Kilowattstunden zu übersetzen, die einzige im Prüfstand brauchbare



Einheit.

Auf dieser Grundlage ist es also möglich, zwei unterschiedliche **Motoren** zu vergleichen, allerdings bleibt dieser Vergleich zunächst rein theoretisch und ermöglicht nicht den Vergleich zweier unterschiedlicher **Fahrzeuge**... selbst wenn sie den gleichen Motor haben! Der Einfluss von Faktoren, die motorextern, dem Fahrzeug aber inhärent sind, beispielsweise Fahrzeuggewicht oder die Ausführung des Antriebsstrangs, ist bekannt. Andere Faktoren, die fahrzeugextern sind, beispielsweise die Art der zu erbringenden Dienstleistung, das Umfeld (Verkehr, Fahrbahnzustand, Wetterlage...) beeinflussen den Verbrauch, und damit die Sauberkeit der Auspuffgase ebenfalls erheblich.

Darüber hinaus verstärkt das Aufkommen neuer Technologien diese Kluft zwischen Norm und Realität.

In der Tat ist die Verschmutzung, die von einem Dieselmotor verursacht wird, der eine Motor-Generator-Gruppe eines Hybridfahrzeugs antreibt, laut " 13 Stufen Test " identisch mit derjenigen, die der gleiche Motor als klassischer Direktantrieb verursacht... da der Antriebsstrang unberücksichtigt bleibt! Dabei ist klar, dass sich dieser Motor auf der Straße je nach den oben genannten Situationen unterschiedlich verhalten wird.

Zwar werden heute neue europäische Messzyklen praktiziert. Abgesehen von dem allgemein bekannten, leicht modifizierten stabilisierten Zyklus (E.S.C. – European Steady Cycle) werden die Motoren Tests unterzogen, die die Übergangsphasen berücksichtigen (E.T.C. – European Transient Cycle), während in einem weiteren Test die Beschleunigungswerte gemessen werden (E.L.R. – European Load Response Test). Dabei handelt es sich um einen durchaus beachtlichen - und unabdingbaren – Fortschritt im Genehmigungsverfahren für Motoren. Das Problem der Kluft, die zwischen Tests und Realität besteht, ist damit allerdings nicht gelöst, da sowohl das Motorumfeld als auch die Umgebung des Fahrzeugs selbst immer noch nicht berücksichtigt sind.

Aus all diesen Betrachtungen ergibt sich die unbedingte Notwendigkeit, diese Tests durch **Komplettfahrzeug-Tests** zu ergänzen, was es ermöglichen würde, Emissionswerte in Gramm/Kilometer anstatt in Gramm/Kilowattstunde zu erhalten, und zwar unter realen Betriebsbedingungen. Allein auf diese Weise ist ein objektiver Vergleich zweier Fahrzeuge, zweier Kraftstoffe, zweier Triebstränge möglich.

Die Messung mancher geregelter Schadstoffemissionen, z.B. Partikel, bedarf aufwendiger Ausrüstung (z.B. eines Dilutionstunnels).

Technische Beweggründe

Manch einer wird einwenden, dass die unterschiedlichen Motorausführungen

- Motoreinstellung, Gangschaltung, Getriebe, Hinterachse... eine große Zahl von Konfigurationen beinhalten, die getestet werden müssen...

Dies könnte in der Tat der Fall sein.

Doch welcher enorme Vorteil hat ein Hersteller, der bereits über solche Ergebnisse verfügt !

Moderne EDV-Mittel (Simulation) können einfacheren theoretischen Lösungsansatz diesbezüglich anbieten. Dennoch bleiben Strassentests bei möglichen Nachmessungen erforderlich.

Keine überstürzten und folglich risikoreichen Tests mehr: Alles ist bekannt, was die Optimierung des Angebots nur erleichtert.

Vertragliche Beweggründe

In den letzten Jahren haben einige Busbetreiber es sich angewöhnt, von den Herstellern Garantien bezüglich bestimmter technischer Fahrzeugdaten zu ver-



langen, insbesondere hinsichtlich Leistung, Kraftstoffverbrauch und seit kurzem auch Abgasvorschriften (z.B. EURO III). Diese Forderungen sind die logische Folge des Umweltdrucks, von dem weiter oben die Rede war.

All diese unterschiedlichen Elemente gehen zunehmend in den Prozess des Angebotsvergleichs mit ein.

Einige große Verkehrsbetriebe sowie bestimmte nationale Verbände verfügen über einen solchen Testzyklus, doch gibt es nicht einen Test, der dem anderen gleicht. Die Anforderungen der Betreibergesellschaften können daher nicht über das Ziel lokaler vertraglicher Anforderungen hinausgehen, wobei ein Export von Daten und die Gegenüberstellung dieser Daten mit vergleichbaren Informationen aus aller Welt ausgeschlossen ist. Es kann gesagt werden, dass eine wertvolle Quelle an Informationen durch eine Vielzahl von Forderungen und solide geschützte Konzessionen, welche den Informationsfluss verhindern, blockiert ist.

In der Tat ist die große Sensibilität solcher Testergebnisse bekannt, was jede Interpretation von anderswo erhaltenen Ergebnissen sehr schwierig, wenn nicht unmöglich macht.

Eine weitere, nicht geringe Folge dieser Vielzahl an Forderungen, ist die Tatsache, dass sich die Hersteller verpflichtet fühlen, für jeden Kunden neue Tests durchzuführen. Und dies schlägt sich im Preis nieder !

Auch ist zu beachten, dass für den Fall, dass die Tests entsprechend einer präzisen und von allen anerkannten Norm durchgeführt wurden, jegliche Abweichung von der Realität außerhalb des Vertragsrahmens zu suchen ist, vermutlich in der Positionierung des Liniennetzes im Verhältnis zu den Zyklen. In diesem Sinne könnten sich die Beziehungen zwischen Kunden und Zulieferern erheblich entspannen.

Das Problem der Positionierung des es im Verhältnis zu den Zyklen wird weiter unten erörtert.

Ökonomische Beweggründe

Der Kraftstoff wird zu einem immer größeren Ausgabenposten für die Betreiber. Niemand kann ihnen daher vorwerfen, dass sie versuchen, die diesbezügliche Rechnung zu reduzieren.

Die Hersteller müssen sich dessen bewusst sein, dass der Kraftstoffverbrauch ein immer wichtiges Element bei zukünftigen Entscheidungen hinsichtlich des Fahrzeugkaufs sein wird. Ein exzessives Fahrzeuggewicht könnte daher zum Nachteil werden. Glücklicherweise wird es jedoch niemals das einzige Kriterium sein: Die einzelnen Betreiber sind auch in Zukunft frei, die Testergebnisse zu interpretieren und abzuwägen. Mehrgewicht kann wohl aus technischen Gründen voll gerechtfertigt werden.

Last but not least...

Tests sind kostspielig. Die Prüfung des Komplettfahrzeugs im Prüfstand ist nur an bestimmten Orten in Europa möglich, und ihre Kosten sind hoch.

Aus diesen Gründen werden in der Zukunft Busbetreiber nicht mehr in der Lage sein, sich mit Motorzulassungstests zu begnügen.

Straßentests sind daher unabdingbar.

Mit einer Normierung dieser Tests könnten deren Kosten, die weder für die Hersteller noch für die Betreiber zu vernachlässigen sind, gesenkt werden.

Fazit...

All diese Überlegungen sprechen letztlich für die Idee einer Definition standardisierter Straßen-Testzyklen, ähnlich dem, was vor einigen Jahren zum Schutz des



Autofahrers für den privaten Pkw in die Wege geleitet wurde. Hierbei kommen alle auf ihre Kosten kommen.

- **DIE BETREIBER**, die angesichts des wachsenden Umweltbewusstseins in der Gesellschaft gezwungen sind, auf diesem Gebiet Pioniergeist zu zeigen.

Die Betreiber haben folglich großen Informationsbedarf, wenn sie sich auf glaubhafte Weise angesichts der legitimen Forderungen der Politik positionieren wollen. In der Tat ist der Kostenaufwand so hoch, dass vor jeder größeren Investition die Sorge um die erhofften Resultate steht.

Anders gesagt : Die Betreiber müssen sich, bevor sie **investieren**, erst einmal **engagieren** auf diesem Gebiet! Denn sie können einen objektiven Vergleich zwischen den verschiedenen Lösungsvorschlägen nur auf einer Basis erhalten, die wirklich repräsentativ ist : dem zurückgelegten Fahrkilometer. Und diese Basis fehlt auf normativer Ebene.

- Auch **DIE HERSTELLER** unserer Ansicht nach ein wichtiger Bestandteil dieses Projekts.

Wir haben die Schwierigkeiten und die Kosten erwähnt, die den Herstellern durch die stark unterschiedlichen Forderungen der einzelnen Gesellschaften entstehen. Dieser Punkt könnte durch die Annahme eines gemeinsamen Standpunktes beträchtlich verbessert werden. Darüber hinaus : Selbst wenn ein Bus kein Geschenkartikel ist, dessen ökologische Eigenschaften angepriesen werden, können bekannte und zertifizierte Ergebnisse dieser Art mit Sicherheit ein interessantes Verkaufsargument darstellen, das auch in Zukunft nicht an Interesse einbüßen wird. Wer Verkaufsargument sagt, sagt positive Positionierung im Rahmen von immer gezielteren und anspruchsvolleren Ausschreibungen in den Bereichen Emission und Kraftstoffverbrauch.

Wir sind außerdem der Ansicht, dass alle Hersteller, gleich welcher Größenordnung, ein Interesse hieran haben müssen. Die größten, weil sie sich häufig strukturellen Schwierigkeiten gegenüber sehen, wenn es darum geht, sich den spezifischen Anfragen der Kunden anzupassen, vor allem wenn es sich um kleine Fahrzeugserien handelt ; die kleineren, weil sie so vorab berechnete, optimale Kombinationen der verfügbaren Triebstränge zur Verfügung hätten.

- Ebenfalls **MESSINSTITUTE**, die in der Lage sind, zertifizierte Messergebnisse zu liefern, sollten Interesse für SORT haben. Jedoch stellen der Mangel an Messinstallationen und die sich daraus ergebenden erheblichen zeitlichen Verzögerungen ein echtes Problem in den Beziehungen zwischen Herstellern und Zertifizierungsstellen dar.

Abgesehen von dem reinsten Interesse, Information zu Emissionen zu sammeln, sind einige der Meinung, dass die neuesten Dieselmotorgenerationen solche gute Emissionswerte aufweisen, deren Quantifizierung unnützlich wird.

Auch muss festgestellt werden, dass die Strassenmessung mancher Schadstoffemissionen, aufwendiger Ausrüstung benötigt.

Daher rückt Kraftstoffverbrauch im Vordergrund, denn er beeinflusst die Emissionen wesentlich.

Sollte in der Zukunft das Messen von Emissionen notwendig werden, wäre es angebracht die SORT Zyklen zu benutzen. Daher ist Kontakt mit den diesen Instituten auf EU Ebene empfehlenswert.

Dem Leser drängen sich sicher zahlreiche Fragen auf: Wie können Zyklen erstellt werden, die sich für alle eignen, wo die Liniennetze doch so unterschiedlich sind? Wie können äußere Zwänge überwunden werden, die zugleich störende Elemente sind und die registrierten Ergebnisse fälschen können, so dass diese sich nicht mehr zum Vergleich eignen oder sogar untauglich werden? Wie können die Einfachheit und damit die Machbarkeit der Verfahren gewährleistet werden?

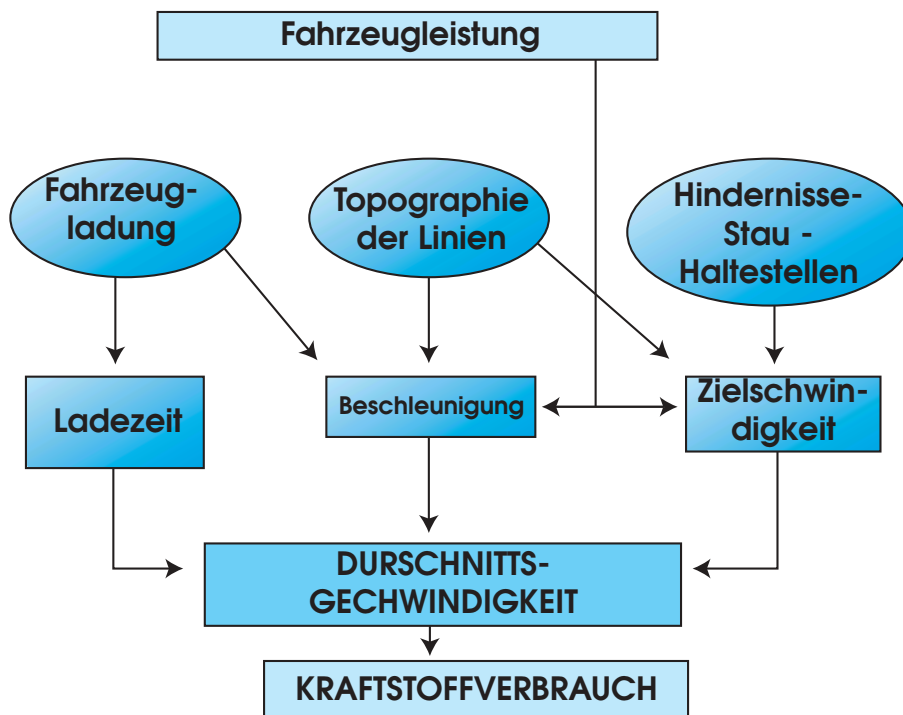


Ein Schlüssel-Parameter: die Durchschnittsgeschwindigkeit

Auf jede Frage gibt es einen Antwortvorschlag, und diese Antwortvorschläge bilden das Skelett des Projekts!

Wenn man eine Linie beschreiben möchte, dann ist es notwendig, eine Reihe charakteristischer Parameter zu berücksichtigen wie beispielsweise die Verkehrsdichte, die Anzahl der Halts, gleich ob sie dazu dienen, Fahrgäste ein- oder aussteigen zu lassen oder lediglich äußeren Erfordernissen nachzukommen, die Topographie der Linie, die Beladung der Fahrzeuge, die Reisegeschwindigkeit. Es ist sehr schwierig, so viele Variablen zu integrieren.

Wir können jedoch feststellen, dass all diese Parameter einen direkten Einfluss auf die Reisegeschwindigkeit haben, die somit in gewisser Weise zum gemeinsamen Nenner der unterschiedlichen Variablen wird.



Wie beeinflussen die lokalen Gegebenheiten die Durchschnittsgeschwindigkeit?

Die Durchschnittsgeschwindigkeit kann als der Schlüssel-Parameter bei der Unterscheidung unterschiedlicher Betriebsarten betrachtet werden. Auf dem obigen Diagramm ist nämlich feststellbar, dass der unterschiedliche Schwierigkeitsgrad einer Linie Einfluss auf die Durchschnittsgeschwindigkeit und damit letztlich auf den Kraftstoffverbrauch hat, welcher umgekehrt proportional zu ihr ist.

Die Verringerung des Kraftstoffverbrauchs infolge einer erhöhten Durchschnittsgeschwindigkeit ist ein unter Betreibern weit bekanntes Paradoxon: Denn die Durchschnittsgeschwindigkeit kann nur durch strukturelle Eingriffe beeinflusst werden: separate Fahrspuren beispielsweise und damit Verringerung der Gesamtzahl der Stopps durch Abschaffung der Hindernisse, was sich positiv auf den Kraftstoffverbrauch auswirkt.

Kapitel II : Die Durchschnittsgeschwindigkeit



Insgesamt können folgende Zusammenhänge hergestellt werden:

	Parameter	Durchschnittsgeschw.	Verbrauch
Beschleunigung	↗	↗	↗
An Haltestops verl. Zeit	↘	↗	↘
Zuladung	↘	↗	↘
Anzahl der Haltestellen	↘	↗	↘
Durchschnittsgeschw.	↗		↘

Hierbei ist also festzustellen, dass, abgesehen von der Beschleunigung, alle Faktoren, die die Reisegeschwindigkeit erhöhen, einen günstigen Einfluss auf den Verbrauch haben. Der Einfluss der Beschleunigung ist indessen geringer als der der anderen Faktoren, da sie aus Gründen des Fahrgastkomforts strikt begrenzt ist.

Man kann also in einer ersten Einschätzung sagen, dass eine Linie in ausreichender Weise durch ihre Reisegeschwindigkeit beschrieben wird und dass die Reisegeschwindigkeit somit als "charakteristischer Parameter" der Testzyklen von SORT verstanden werden kann.

Kapitel III

Entwurf der Zyklen

Jedes Verkehrsunternehmen will einen Messzyklus, der seinem Betrieb entspricht. Allein diese Forderung ist utopisch. Denn kein Zyklus kann so angepasst werden, dass er alle Echtsituationen beschreibt, es sei denn, es werden so viele Zyklen entwickelt, wie es unterschiedliche Linien gibt.

Darüber hinaus werden in bestimmten Betrieben dieselben Fahrzeuge auf verschiedenen Linien mit unterschiedlichen Merkmalen eingesetzt.

Aus all diesen Betrachtungen heraus ist die Grundidee für das Projekt SORT entstanden: eine bestimmte Anzahl unterschiedlicher Zyklen zu entwickeln, so dass die verschiedenen Unternehmen sich für eine **Kombination** verschiedener Zyklen entscheiden können.

Die Zyklen selbst sind also nicht repräsentativ, sondern allein mit der Kombination von Zyklen kann eine Annäherung an die Liniennetze erzielt werden, eine 100% Übertragung auf die Kundenstrecke ist jedoch nicht möglich.

Jeder Betreiber wird sich also gegenüber den vorgeschlagenen Zyklen positionieren und seine eigenen Koeffizienten ermitteln müssen, die so zahlreich sein können, wie im betreffenden Verkehrsbetrieb erforderlich.

Mit ein wenig Erfahrung und mit Hilfe der Statistiken aus der Vergangenheit können dann jede Verkehrsbetriebe die Merkmale einer jeden Linie selbst definieren und somit für alle existierenden Fahrzeugtypen den Verbrauch auf diesen Linien vorhersehen.

Diese Definition ist im Rahmen einiger Kontrolltests zu bestätigen, für die allein der Betreiber zuständig ist.

Die Koeffizienten können in den Lastenheften angekündigt werden und als Grundlage für die theoretische Abschätzung des Kraftstoffverbrauchs durch die Betreiber dienen. Die Abschätzung beruht auf den vom Hersteller mitgeteilten Ergebnissen der SORT-zyklen. Die Hersteller sind in diesem Zusammenhang nur für die Ergebnisse der SORT-zyklen verantwortlich.

Neben diesem Begriff der **relativen Repräsentativität** ist es wichtig, dass die Zyklen leicht **reproduzierbar** sind, eine unabdingbare Bedingung, um ihnen genügend Glaubwürdigkeit zu verleihen. Außerdem müssen sie **einfach** sein, so dass sie ohne übermäßige Kosten leicht durchführbar sind, und **präzise**, um jede Verzerrung bei der Interpretation der Ergebnisse zu vermeiden. Nicht zuletzt sind die Messungen an " **normierten** " Fahrzeugen durchzuführen, so dass der Einfluss besonderer Ausrüstungen ausgeschlossen werden kann, eine Bedingung sine qua non für die Brauchbarkeit der Tests.

Die Anforderung der Einfachheit und Reproduzierbarkeit sind für uns Anlass, relativ lange Zyklen vorzuschlagen, die jedoch aus einheitlichen Modulen bestehen, so dass die Fahrer, die die Tests durchführen, ziemlich leicht eine Methode zur Stabilisierung ihres Fahrstils finden können. Damit sind realistischere Ergebnisse möglich, die dem wirklichen Fahrverhalten der professionellen Fahrer stärker entsprechen.

Die Wiederholung einer bestimmten Zahl von Messungen auf identischen Testzyklen ermöglicht es ferner, die Qualität der Ergebnisse zu überprüfen. Messungen, die sich zu weit von den Vorgaben entfernen (übermäßige Beschleunigungen, zu kurze Haltezeiten, nicht eingehaltene Zielgeschwindigkeit, etc.) werden eliminiert, wenn die Abweichung einen bestimmten Rahmen überschreitet.

Ein vollständiger Zyklus besteht aus der Wiederholung eines Basiszyklus

Ein vollständiger Fahrzyklus setzt sich also aus der Wiederholung eines identischen Basiszyklus zusammen, welcher durch eine Durchschnittsgeschwindigkeit und eine Länge gekennzeichnet ist, wobei die Teststrecke mit



Kapitel III : Entwurf der Zyklen



einer standardisierten Nutzladung zurückgelegt wird.

Die Konvergenzanforderung könnte vermehrte Wiederholungsvorgänge des vollständigen Zyklus zur Folge haben, und zwar so lange, bis sich alle Resultate innerhalb einer bestimmten Messspanne bewegen.

Ein Basiszyklus besteht aus mehreren, von Haltestopps begrenzten Trapezen

Auf diesen Trapezen wird versucht, die Fahrbedingungen eines öffentlichen Verkehrsfahrzeuges zu reproduzieren, d.h. regelmäßige Aufeinanderfolge von Haltestellen, Ein- und Aussteigen der Fahrgäste (mit Öffnen und Schließen der Türen), dieselben Fahrbedingungen (rote Ampel, Stau). Die Gesamthaltezeit für die Haltestopps auf der Teststrecke ist festzulegen, ebenso die Gesamtfahrzeit des Trapezes, so dass man eine im voraus berechenbare Durchschnittsgeschwindigkeit erhält.

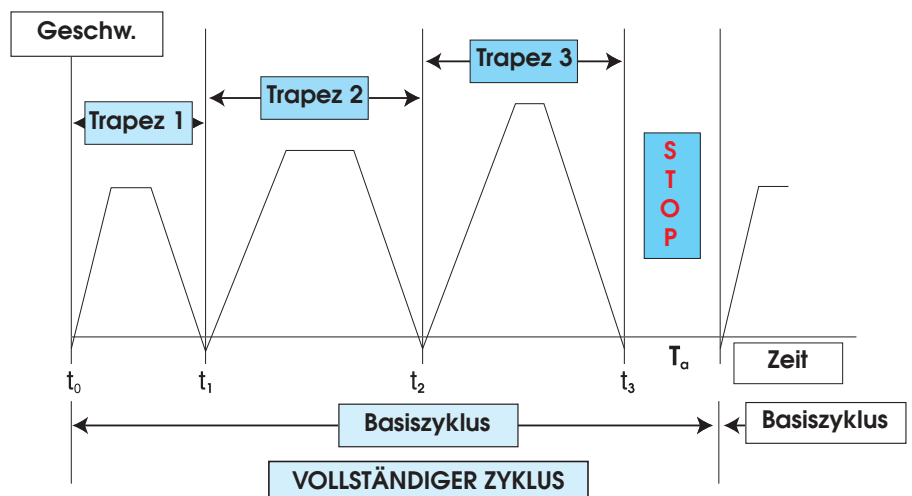
Diese Haltestopps unterteilen die Strecke also in Trapezen, für die jeweils eine Beschleunigungsphase, eine Konstantfahrt (für den Abschnitt Zielgeschwindigkeit) und ein Bremsvorgang vorgesehen sind.

Zyklen, die durch die Durchschnittsgeschwindigkeit gekennzeichnet sind

Die urbanen Bedingungen, die Verkehrsstärke in den betreffenden Städten sowie die Besonderheiten der einzelnen Verkehrsbetriebe im allgemeinen eine regelrechte Diversifizierung der Tests erfordern. Es ist also schwierig, die Testbedingungen auf einen einzigen Stadzyklus zu reduzieren. Darüber hinaus betreiben viele Unternehmen auch Vorortlinien außerhalb der Stadtbereiche mit hoher Verkehrsdichte.

Unter Berücksichtigung des unserem Projekt zugrunde liegenden Vereinfachungsbedarfs, aber auch und vor allem mit dem Ziel, die Resultate für die Verkehrsbetriebe nutzbar zu machen, schlagen wir daher drei Basiszyklen vor (siehe nachfolgendes Kapitel VI), welche durch die auf der Teststrecke erreichte Durchschnittsgeschwindigkeit gekennzeichnet sind, die auch in allen Jahresberichten der öffentlichen Verkehrsunternehmen erwähnt wird.

Graphisch lässt sich die Struktur der vorgeschlagenen Zyklen wie folgt darstellen.



Festzulegen sind:

- Anzahl der Trapezen
- Anzahl der Basiszyklen
- Beschleunigungswerte
- Zielgeschwindigkeiten
- Verzögerungswerte
- Haltezeiten

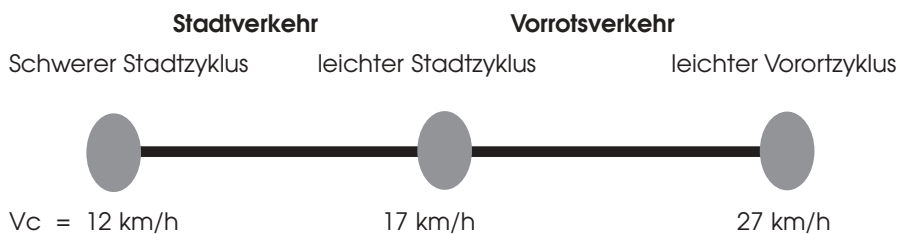
so dass man eine Durchschnittsgeschwindigkeit erhält, die den Grundhypothesen entspricht.

Anzahl der verschiedenen notwendigen Basiszyklen

Absolute Präzision würde eine unendliche Zahl unterschiedlicher Zyklen erfordern.

Das Prinzip selbst der relativen Repräsentativität, welches oben beschrieben ist, ermöglicht es, sich auf eine reduzierte Anzahl von Zyklen zu beschränken.

Nach reiflicher Überlegung erhält man drei unterschiedliche Zyklen:

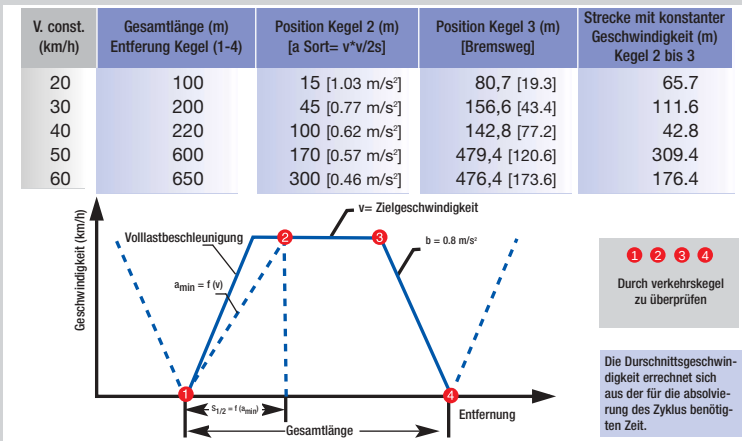


Vor diesem Hintergrund könnte jedes Fahrzeug im Verhältnis zu 2 Testzyklen definiert werden, je nach dem, ob es hauptsächlich im urbanen oder im suburbanen Betrieb läuft.



Konkrete Zyklengestaltung

Gestaltung der 5 SORT-Trapeze



Die einfache Wiederholbarkeit ist für jede Art von Testzyklus absolute Voraussetzung. Daher wurde das grundlegende Konzept des Zyklus als Trapez mit drei Abschnitten definiert, nämlich Beschleunigung, konstante (Ziel-) Geschwindigkeit und Verzögerung.

Wenngleich eine bestimmte (feste) Beschleunigung als Idealfall wünschenswert wäre, ist dies derzeit technisch nicht machbar. Deshalb entschied man sich dazu, den Test mit Vollgasbeschleunigung durchzuführen und die Zielgeschwindigkeit auf einer bestimmten Strecke zu erreichen. Die maximale Länge dieser Beschleunigungsstrecke beruht auf der Beurteilung des Beschleunigungsvermögens der in heutigen Stadtbussen verwendeten Transmissionen, das von allen teilnehmenden Herstellern angegeben wurde.

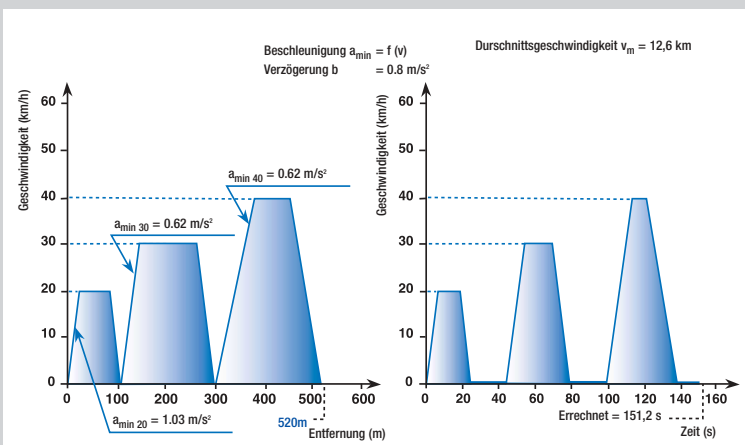
Vergleich der 3 SORT-Zyklen (14,3 t)

	SORT 1	SORT 2	SORT 3
Nominelle			
Durchschnittsgeschwindigkeit	12.6	18.6	26.3
Stops/km	5.8	3.3	2.1
Haltezeit (%)	39.7	33.4	20.1
Trapez 1 v-konst. (km/h) / Länge (m)	20 / 100	20 / 100	30 / 200
Beschleunigung (m/s ²)	1.03	1.03	0.77
Trapez 2 v-konst. (km/h) / Länge (m)	30 / 200	40 / 220	50 / 600
Beschleunigung (m/s ²)	0.77	0.62	0.57
Trapez 3 v-konst. (km/h) / Länge (m)	40 / 220	50 / 600	60 / 650
Beschleunigung (m/s ²)	0.62	0.57	0.46
Dauer der Stopps (s)	20 / 20 / 20	20 / 20 / 20	20 / 10 / 10
Gesamtlänge (m)	520	920	1 450
Verzögerung (m/s ²)	0.8	0.8	0.8
Kraftstoffverbrauchsmessung (l/100 km)	ca. 50	ca. 42	ca. 39

Auf der Grundlage der 5 Haupttrapeze wurden 3 verschiedene SORT-zyklen definiert, die jeweils für den schweren Stadtverkehr (SORT 1), den leichten Stadtverkehr (SORT 2) und den Vorortverkehr (SORT 3) stehen. Jeder Zyklus beinhaltet eine gewisse Stillstandzeit, die auf jeden Halt aufgeteilt wird. Die Stillstandzeit wurde an die Durchschnittsgeschwindigkeit eines jeden Zyklus angepasst (z.B. Entfernung gg. Zeit einschl. Stopps). Der Prozentsatz der Haltezeiten stimmt weitgehend mit den Erfahrungen aus der Praxis überein.

Ein weiteres Kriterium für jeden Zyklus war die Darstellung realistischer Kraftstoffverbrauchswerte. Diese errechneten Werte werden als realistisch betrachtet und decken sich mit den Erfahrungen der Betreiber und Hersteller.

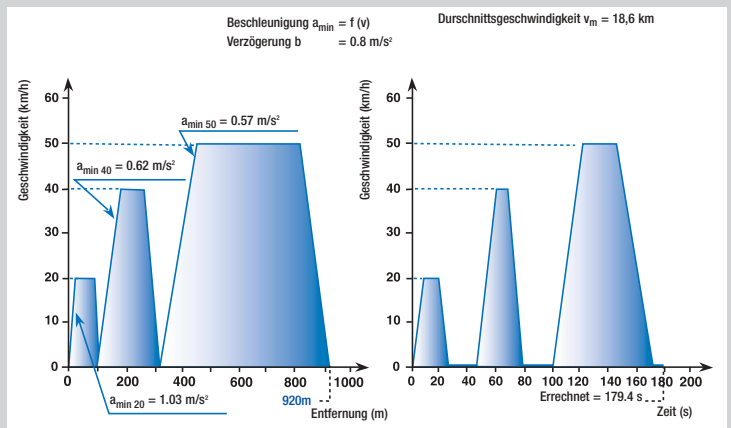
SORT 1: Schwerer Verkehr



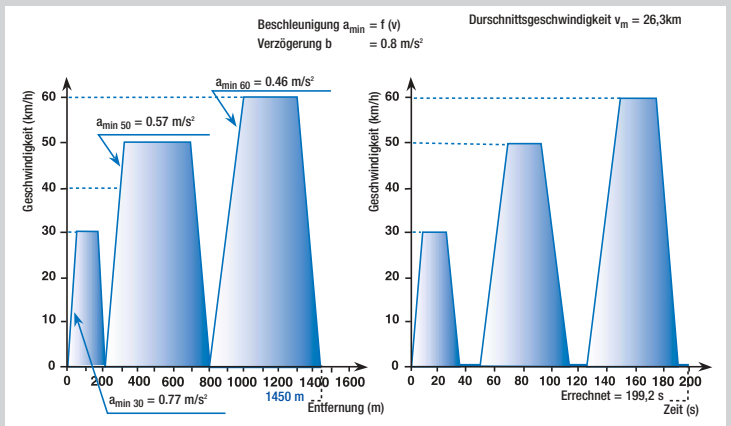
Als Beispiel wird SORT 1 (Schwerer Stadtverkehr) ausführlich erläutert. Dieser Zyklus besteht aus 3 Trapezen mit den konstanten Zielgeschwindigkeiten von 20 km/h, 30 km/h, und 40 km/h. Nach jedem Trapez wird ein Halt von 20 sec. Dauer eingelegt, so dass sich für die Zyklen eine Haltezeit von insgesamt 60 sec. ergibt. Die Durchschnittsgeschwindigkeit (Reisegeschwindigkeit) liegt bei diesem Zyklus bei etwa 12 km/h.

Ebenso wie bei SORT 1 setzen sich auch die Zyklen von SORT 2 und 3 aus jeweils 3 Haupttrapezen zusammen. Der SORT-3-Zyklus (Vorortverkehr) unterscheidet sich allein durch eine kürzere Haltedauer bei jedem Stopp: während sie bei SORT 1 und SORT 2 jeweils 60 sek beträgt, liegt sie bei SORT 3 bei 40 sek.

SORT 2: Leichter Stadtverkehr



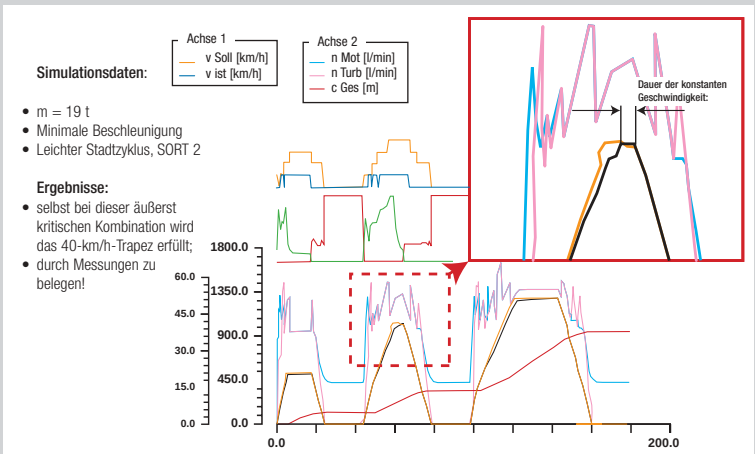
SORT 3: Vorortverkehr



Computersimulationen halfen dem Team bei der Gestaltung der Zyklen. Das Hauptziel dieser Simulationen bestand darin, sicherzustellen, dass selbst im schlechtesten Fall (z.B. minimale Beschleunigung) ein Trapez erzielt werden konnte, ohne dass sich dabei ein „Dreieck“ ergab. Das „40-km/h-Trapez“ galt hierbei als das kritischste. Um auf der sicheren Seite zu sein, wurden die Simulationen sogar für ein höheres Gewicht durchgeführt als in den SORT-Standardbedingungen vorgesehen, so z.B. für bis zu 19 anstatt 14,3 Tonnen. Die Simulationen zeigten, dass die konstante Geschwindigkeit von 40 km/h selbst in diesem „ungünstigsten Fall“ erreicht werden konnte.

Ein Vergleich des erwarteten Kraftstoffverbrauchs für die 3 SORT-Zyklen mit den von verschiedenen Betreibern gelieferten Werten zeigt, dass die SORT-Zyklen die verschiedenen Arbeitszyklen sehr gut abzudecken scheinen.

Ergebnisse der Computersimulation: Veränderung von Beschleunigung und Zuladung



Kapitel IV : Konkrete Zyklengestaltung

Auswirkung des Busgewichts auf die SORT-Zyklen

	SORT 1	SORT 2	SORT 3
Gewicht (t)	14.3	14.3	14.3
Durchschnittsgeschwindigkeit (km/h) Neigungsbeschleunigung	12.4	18.5	26.2
Durchschnittsgeschwindigkeit (km/h) Vollastbeschleunigung	13.0	19.6	28.5
Kraftstoffverbrauch (l/100 km) Vollastbeschleunigung	ca. 50	ca. 42	ca. 39
Auswirkung des Gewichts auf den Kraftstoffverbrauch in Liter/100 km pro Tonne (l/100 km)	ca. 1.9	ca. 1.7	ca. 1.5

Für jeden SORT-Zyklus wurde das Busgewicht entsprechend dem Referenzgewicht des SORT-Testfahrzeugs – ein repräsentativer Niederflur-Stadtbuss – auf 14,3 Tonnen festgelegt. Da das Busgewicht in der Praxis von diesem „Durchschnittsgewicht“ abweichen wird (je nach Fahrgastzahlen zu Haupt-/Nebenverkehrszeiten), wird auch der Kraftstoffverbrauch von den SORT-Verbrauchswerten abweichen. Die Veränderung des Gewichts von 14,3 Tonnen schlägt sich bei den 3 SORT-Zyklen im erwarteten Kraftstoffverbrauch nieder. Je nach Zyklus wird der Kraftstoffverbrauch pro 100 Kilometer um 1,5 bis 1,9 Liter je Tonne zusätzliches Gewicht steigen.

Der Kraftstoffverbrauch hängt auch vom Arbeitszyklus (z.B. von der Durchschnittsgeschwindigkeit) und von den topographischen Voraussetzungen ab. Die SORT-Werte für den Kraftstoffverbrauch beruhen auf einer ebenen Strecke ohne Steigungen und Gefälle.

Im Unterschied zum Einfluss des Gewichts gibt es keine Möglichkeit, die Auswirkung der Topographie auf den SORT-Kraftstoffverbrauch abzuschätzen.

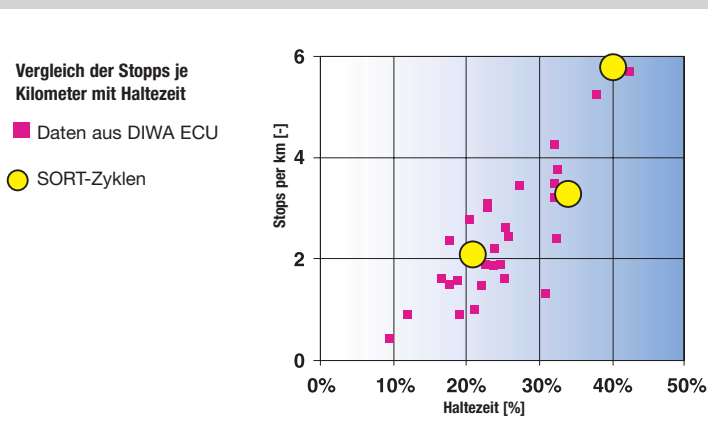
Da es sich bei den SORT-Zyklen um rein synthetische Zyklen handelt, die auf einer Kombination unterschiedlicher Trapeze beruhen, war es sehr wichtig, die Vorschläge noch einmal mit der Realität zu vergleichen. Eine Möglichkeit, dies zu tun, bestand darin, typische Daten, die aus diesen Zyklen gewonnen wurden, mit statistischen Daten, die auf praktischen Erfahrungen beruhen, gegenüberzustellen. Zu diesem Zweck wurden Betriebsdaten verwendet, die von der ECU des Voith-DIWA-Getriebes ausgelesen wurden. Diese Daten, denen mehr als 10 Mio. Kilometer zugrunde liegen, repräsentieren die Verkehrssituation zahlreicher Verkehrsbetriebe in der ganzen Welt.

Bei der Überprüfung der Betriebsdaten zeigt sich, dass die Haltezeit insbesondere im Innenstadverkehr bis zu 40-45 % ausmachen kann. Selbst im Vorortverkehr macht der zeitliche Anteil der Stopps bis zu 20 % aus. Dieser Zeitanteil beinhaltet allein die Stopps, während der Bus im Einsatz ist, und nicht die Standzeit im Betriebshof oder an der Endhaltestelle.

Die Anzahl der Stopps beinhaltet nicht allein die Stopps an den Haltestellen, sondern auch verkehrsbedingte Halts (Lichtsignalanlagen, Staus). Die Bandbreite liegt hier bei ungefähr 2 Stopps je Kilometer im Vorortverkehr bis hin zu 6 Stopps im schweren Stadtverkehr.

Der Vergleich der SORT-Zyklen mit diesen Daten zeigt eine gute Übereinstimmung mit der Realität. SORT 1 (schwerer Stadtverkehr) mit Haltezeiten von 40 % und ungefähr 6 Stopps je Kilometer entspricht sehr gut der typischen Verkehrssituation in

Vergleich der SORT-Zyklen mit Betriebsdaten



Innenstädten (z.B. im Zentrum von Paris oder London). SORT 2 (leichter Stadtverkehr) mit 35 % Haltezeit und etwa 3 Stopps je Kilometer entspricht eher der Situation auf manchen Strecken in Madrid oder München.

SORT 3 (Vorortverkehr) ist schließlich für die Verkehrssituation in kleineren Städten repräsentativ (z.B. Klagenfurt/Österreich oder die Vorortgebiete von Paris).

Ein weiterer wichtiger Parameter zur Beurteilung der Verkehrssituation ist die Durchschnittsgeschwindigkeit (Reisegeschwindigkeit). Auch die Durchschnittsgeschwindigkeit bezieht sich nur auf die Zeit, die der Bus im Einsatz ist; so wird beispielsweise die Zeit, während der der Bus an der Endhaltestelle wartet, nicht berücksichtigt.

Die typischen Werte für die Durchschnittsgeschwindigkeit im Innenstadtverkehr großer Städte liegen bei 10-14 km/h; bei kleineren Städten sind es etwa 16-20 km/h; und im Vorortverkehr werden Durchschnittsgeschwindigkeiten von 25-30 km/h erreicht.

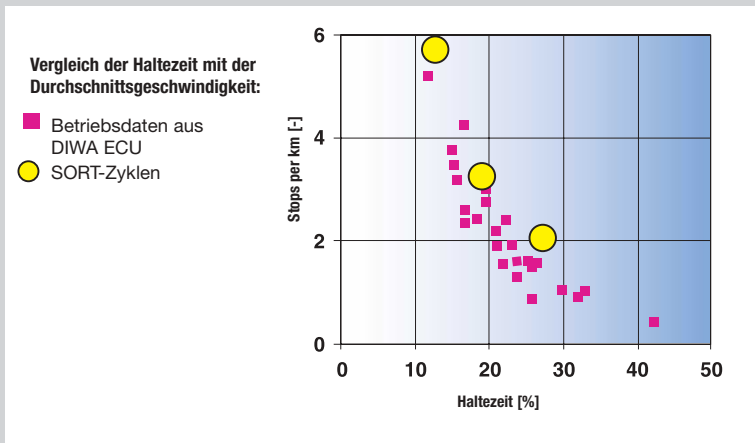
Sowohl beim Vergleich der Haltezeit wie auch beim Vergleich der Zahl der Stopps mit der Durchschnittsgeschwindigkeit zeigt sich für jeden der drei SORT-Zyklen eine sehr hohe Übereinstimmung mit den Erfahrungswerten aus der Praxis.

Ein großer Nachteil der SORT-Zyklen zeigt sich in der Frage, wie der zeitliche Anteil des Schubbetriebes berücksichtigt werden soll, z.B. wenn der Fahrer die kinetische Energie des Busses ausnutzt und das Gaspedal nicht betätigt. Dieser Modus hat sehr große Auswirkungen auf den Verbrauch, da während des Schubbetriebes nahezu kein Kraftstoff verbraucht wird.

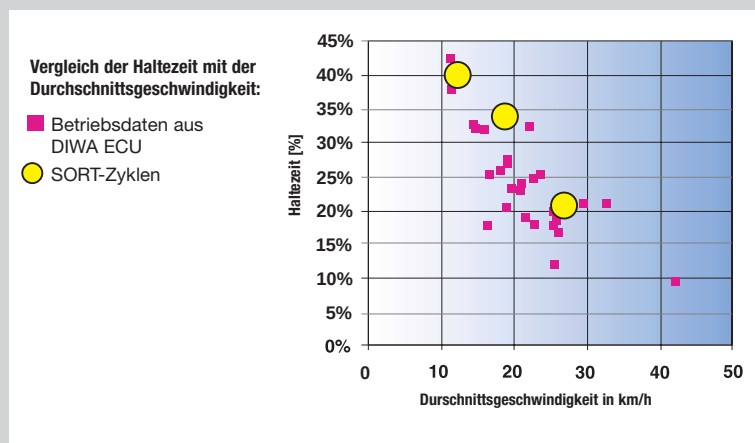
Da sich der Schubbetrieb auf einer Teststrecke nur schwer reproduzieren lässt, wird diesem Modus in den SORT-Zyklen durch eine geringere Verzögerung Rechnung getragen ($0,8 \text{ m/s}^2$). Der Zeitanteil der Verzögerung wird nun mit dem Zeitanteil der Nulllast (d.h. Leerlauf und Schubbetrieb) verglichen, der sich aus den Betriebsdaten ergibt.

In der Praxis liegt der zeitliche Anteil des Leerlaufs (bei Fahrzeugstillstand) zwischen 20 und 45 %, und es gibt keinen Zusammenhang zwischen diesem Zeitanteil bei einer sehr sparsamen Fahrweise und der Durchschnittsgeschwindigkeit. Vergleicht man dies mit den 3 SORT-Zyklen, dann zeigt sich, dass diese synthetischen Zyklen zwar an der untersten Grenze, aber immer noch innerhalb der Bandbreite der praxisbezogenen Daten liegen.

Vergleich der SORT-Zyklen mit Betriebsdaten



Vergleich der SORT-Zyklen mit Betriebsdaten



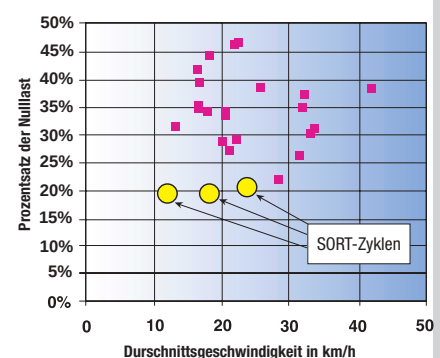
Vergleich der SORT-Zyklen mit Betriebsdaten Nulllast (Schubbetrieb)

Ergebnisse:

- Keine Abhängigkeit des Zeitanteils der Nulllast von der Durchschnittsgeschwindigkeit
- Zeitanteil der Nulllast von 20 % bis über 45 %

Schlussfolgerung für SORT:

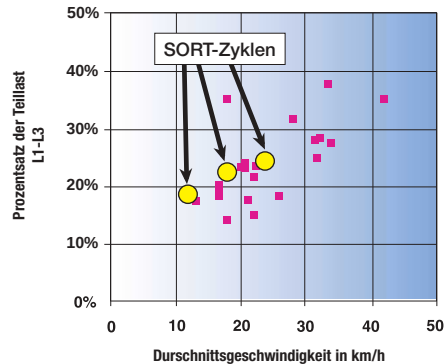
- Um realistische Zyklen zu erzielen, muss in ihrer Gestaltung auch der Schubbetrieb berücksichtigt werden;
- Die derzeitigen SORT-Zyklen (Vorschlag 2-2002) berücksichtigen den Schubbetrieb nur im Rahmen einer geringen Verzögerung während des Bremsvorgangs



Vergleich der SORT-Zyklen mit Betriebsdaten Teillast

Vergleich der SORT-Zyklen mit Betriebsdaten : Prozentsatz der Teillast

- Zeitanteil der Teillast (EDV errechnet) mit **Mindestbeschleunigungswert**
- Selbst bei diesen Rahmenbedingungen entsprechen die SORT Ergebnisse der Betriebsrealität



Während der Fahrer im Beschleunigungsabschnitt unter Volllast fährt (z.B. Gaspedal voll durchgetreten = 100 % = L6), vollzieht sich die Fahrt in den Abschnitten, in denen die Geschwindigkeit konstant ist, unter Teillast (z.B. Gaspedal auf L1 - L3). Daher muss der Zeitanteil der konstanten Geschwindigkeit eines jeden SORT-Zyklus mit dem Zeitanteil der Teillast, der sich aus den Betriebsdaten ergibt, verglichen werden. Die obige Grafik zeigt, dass die SORT-Zyklen den realen Betrieb recht gut widerspiegeln.

Die weiter oben definierten SORT-Zyklen entsprechen daher sehr gut den praktischen Erfahrungen und decken eine Bandbreite von Verkehrssituationen ab, die vom Innenstadt- bis zum Vorortverkehr in unterschiedlichen Städten der ganzen Welt reicht. Dies ermöglicht jedem Betreiber, seine eigenen Arbeitszyklen anhand einer individuellen Kombination der 3 SORT-Zyklen widerzuspiegeln.

Kapitel V

Messbedingungen

Einfluss der Fahrweise

Alle Betreiber sind sich der extremen Veränderlichkeit der gemessenen Verbrauchswerte bei identischen Fahrzeugen, die auf derselben Strecke von unterschiedlichen Fahrern gelenkt werden, bewusst.

Diese Erscheinung darf nicht etwa dem Fahrzeug selbst zugeschrieben werden, sondern muss in der Definition des Verfahrens berücksichtigt werden.

Das Fahrzeug wird also von einem Fahrer gelenkt, den der Hersteller bestimmt. Man kann davon ausgehen, dass der Fahrer speziell darin geschult wurde, "sparsam" zu fahren. Solange die Mindestleistungsanforderungen des Betreibers erfüllt werden, ist dies nicht hinderlich. Die Messergebnisse können nämlich als Zielwerte betrachtet werden, die von guten Fahrern erreicht werden!

Die Qualität des Fahrers ist aber nicht alles.

Tatsächlich kann man feststellen, dass die Messergebnisse dieser Art eine mehr oder weniger parabelförmige Kurve ergeben, die nach einer gewissen Eingewöhnungszeit den Mindestwert erreicht und mit zunehmender Müdigkeit wieder ansteigt.

Daher müssen die Messdaten, die zur Berücksichtigung kommen, bestimmte Merkmale aufweisen, zu denen auch eine maximale typische Abweichung gehört, die weiter unten definiert wird.

Einfluss der Fahrbahn

Die Qualität der Fahrbahn und deren geometrische oder topographische Eigenschaften haben einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Testergebnisse.

Die Wahl der Testbahn bleibt daher dem Hersteller überlassen, der hierbei allerdings Mindestanforderungen erfüllen muss.

Die eigentlichen Messbedingungen

Die Genauigkeit der Verbrauchsdaten, die in den SORT-Zyklen und mit der SORT-Methode gemessen werden, hängt in erheblichem Maße von einer ausreichenden Standardisierung der Messbedingungen ab. Die externen Bedingungen spielen in diesem Zusammenhang eine wesentliche Rolle.

Die externen Bedingungen hängen mit den Straßen- und Witterungsverhältnissen zusammen.

Die Konfiguration des Fahrzeugs, seine Ausstattung und die Merkmale der wichtigsten Flüssigkeiten einschließlich des Kraftstoffs sind exakt zu dokumentieren.

Da es nahezu unmöglich ist, „optimale“ Umweltbedingungen vorzufinden, die keinerlei Einfluss auf die Testergebnisse haben, ist man bestrebt, die Tests in beide Richtungen durchzuführen, um den Einfluss aller entsprechenden Parameter weitestmöglich auszugleichen. Diese Tests in beide Richtungen müssen unmittelbar hintereinander durchgeführt werden.

Die Norm, auf die man sich in den meisten Fällen beziehen wird, wird die DIN 70030 sein, die akzeptable Parameter für Teststrecken sowie standardmäßige Witterungsverhältnisse definiert. Innerhalb der weiter unten angegebenen Grenzen bleibt die Wahl der Strecke und des Zeitraums für den Test (mit den jeweiligen spezifischen Witterungsverhältnissen) gänzlich den Herstellern überlassen. Niemand kann den Herstellern einen Vorwurf daraus machen, dass sie innerhalb der weiter unten beschriebenen Grenzen die günstigsten Bedingungen für sich wählen.

Die Tests werden von den Herstellern in eigener Verantwortung durchgeführt.



Kapitel VI : Messbedingungen



Allerdings mögen sich Nachmessungstests in einer späteren Phase als notwendig erweisen. Diese werden dann unter den auf Blatt 1 und Blatt 2 beschriebenen Bedingungen in Partnerschaft zwischen Hersteller und Betreiber durchgeführt.

Vor allem weil die Hersteller einen gewissen Spielraum haben, ist es notwendig, zur Sicherstellung der Nachmessung der Tests das tatsächlich getestete Fahrzeug genau zu bestimmen.

Der Test ist folglich akkurat in einem Testprotokoll zu dokumentieren, wobei die wichtigsten Elemente zu beschreiben sind, damit der getestete Bus im Falle eines späteren Nachmessungstests eindeutig definiert ist und sich diesbezüglich keine Kontroversen oder Fehldeutungen ergeben können.

Die Zyklen, die gegenwärtig ausgearbeitet werden, beziehen sich auf ein „12 Meter langes Standardfahrzeug“, könnten aber zu einem späteren Zeitpunkt auf andere auf dem Markt erhältliche Fahrzeugtypen zugeschnitten werden.

Das folgende Testprotokoll setzt sich aus den nachstehenden vier „Blättern“ zusammen:

1. Externe Testbedingungen
2. Konfiguration des Fahrzeugs
3. Testprotokoll
4. Testergebnisse

Beide letzten Blätter befinden sich in der Mitte dieser Broschüre und sind leicht abtrennbar.

Externe Testbedingungen

1) Straßenbedingungen

1.1. Fahrbahnoberfläche

Die für den Test gewählte Fahrbahn ist in gutem Zustand und trocken.

1.2. Längsneigung

Die Fahrbahn verläuft waagrecht mit einer maximalen Neigung von 1,5 %.

1.3. Geographische Höhe der Fahrbahn

Die geographische Höhe der Fahrbahn steht in engem Zusammenhang mit dem atmosphärischen Druck. Siehe Punkt 2.5 weiter unten.

1.4. Kurvenradius

Der Test wird in der Regel auf einer geraden Strecke durchgeführt. Kurven sorgen für Widerstände, die negative Auswirkungen auf den Verbrauch haben. Allerdings werden sich große Radien wie etwa bei ringförmigen Teststrecken wahrscheinlich kaum auf den Verbrauch auswirken. Es sei noch einmal daran erinnert, dass die Wahl der Teststrecke der Zuständigkeit der Hersteller unterliegt.

1.5. Streckenlänge

Die Teststrecke muss mindestens so lang sein, dass ein vollständiger Zyklus absolviert werden kann.

2) Witterungsverhältnisse

2.1. Windgeschwindigkeit:

Die Windgeschwindigkeit liegt unter 3 m/s. Kurze Windstöße von bis zu 8 m/s werden akzeptiert.

2.2. Windrichtung

Die Windrichtung spielt keine Rolle, da die Tests in beide Richtungen durchgeführt werden können.

2.3. Außentemperatur

Die Außentemperatur liegt zwischen 0 und 30° C. Die tatsächliche Temperatur, die zur Zeit des Tests herrscht, wird im Testprotokoll festgehalten. Etwaige Nachmessungstests zu einem späteren Zeitpunkt werden innerhalb eines Temperaturbereichs von +/- 5°C im Vergleich zu dieser Referenztemperatur durchgeführt.

2.4. Luftfeuchtigkeit

Die Luftfeuchtigkeit liegt unter 95 %.

2.5. Atmosphärischer Druck

Der annehmbare Druck wird in DIN 70030-1 beschrieben:

Außentemperatur und -druck werden gemessen. Diese Daten ermöglichen die Berechnung der Luftdichte nach einer gegebenen Formel. Das Ergebnis soll in einer $\pm 7,5\%$ -igen Messspanne gegenüber dem Referenzdruck (1 Bar) liegen.

Konfiguration des Fahrzeugs

1) Fahrzeug

1.1. Typ

Standardmäßiges, zweiachsiges, betriebsbereites Fahrzeug, identisch mit Serienfahrzeug.

1.2. Abmessungen

- Länge: zwischen 11 und 12 Meter;
- Breite: zwischen 2,50 und 2,55 Meter;

1.3. Zuladung

Zum Zwecke des Tests wird das Fahrzeug zur Hälfte beladen, d.h. mit 3.200 kg + Fahrer. Das Gewicht des mitfahrenden Messpersonals und der mitgeführten Messgeräte ist von dieser Pauschalzuladung abzuziehen. Auch das Gewicht fest eingebauter Ausstattungen, die nicht zur Standardausrüstung gehören, ist abzuziehen (siehe im Folgenden Punkt 1.4).

1.4. Ausstattungen, die vom Pauschalgewicht abzuziehen sind

Prinzip: Das Fahrzeug wird ohne Ausstattungen getestet, die nicht zum Standard gehören oder die gemäß den Vorschriften der EG nicht obligatorisch sind. Verfügt das Testfahrzeug aber über entsprechende Ausstattungen, so kann ihr Gewicht von der Zuladung abgezogen werden (siehe 1.3):

- **Klimaanlage:** wenn es sich um zusätzliche Ausstattung handelt, die nicht der zu den Standardfunktionen gehörenden Beheizung oder Belüftung dient (z.B. Kompressoren, Motoren etc.). Dies gilt für Klimaanlage in der Fahrerkabine und im Fahrgastraum sowie auch für etwaige zusätzliche Dachheizungen. Wird die Klimaanlage nicht demontiert, so kann der Treibriemen des Kompressors entfernt werden, um etwaige Auswirkungen zu vermeiden;
- **Rampen für Rollstuhlfahrer:** sofern sie einen echten Gewichtsunterschied im Vergleich zu demselben Fahrzeug ohne diese Ausstattung ausmachen;
- **Unterschiedliche Innenausstattungen: automatisches Fahrzeugs-überwachungssystem (AVMS), Entwerter, Ausrüstungen für den Fahrscheinverkauf, Fahrgastinformationssysteme, Überwachungskamera;**

Die externe Anzeige der Liniennummer und die Fahrtrichtungsanzeige gelten allerdings als Standardausrüstung. Zur Vermeidung jeglicher Fehldeutungen in Bezug auf die Ergebnisse wird das Gewicht derartiger Anzeigen pauschal mit 100 kg beziffert. Jede Abweichung von diesem Pauschalgewicht (nach oben oder nach unten) wird mit der Zuladung von 3.200 kg verrechnet;

- **Doppelverglasung;**
- **Sicherheits-Fahrerkabine;**
- **Rußfilter** und andere Systeme zur Abgasnachbehandlung, sofern sie nicht zur Erfüllung der gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich der Abgasemissionen erforderlich sind;
- **Automatische Ölnachfüllung;**
- **Einkapselung des Motors,** sofern nicht zur Erfüllung der gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich der Geräuschemissionen erforderlich.

1.5. Heizung und Belüftung

Diese Anlagen sind außer Betrieb.

1.6. Beleuchtung

Die Innenbeleuchtung ist ausgeschaltet. Das Abblendlicht ist eingeschaltet.

1.7. Reifen

- Standardreifen, die „serienmäßig“ für das Testfahrzeug verfügbar sind;
- Keine runderneuerten Reifen;
- Profiltiefe > 80 % der des Reifens im Neuzustand;
- Nominaldruck;

1.8. Getriebe

- Automatik;
- Fahrshalter auf Position „Drive“;
- Kick-Down ausgeschaltet;
- Retarder oder sonstige alternative Energiesparvorrichtungen sind, sofern im Fahrzeug verfügbar, eingeschaltet; Der Retarder wird über das Bremspedal aktiviert;
- Serienmäßig verfügbares Getriebeprogramm (im Testprotokoll eindeutig aufgeführt); dieses Programm muss mit der Mindestleistung kompatibel sein (Anforderungen außerhalb des SORT-Zyklus).

1.9. Antriebstrang

- Auf der Grundlage der Anforderungen des Kunden (insbesondere des Gewichtskoeffizienten der 3 SORT-Zyklen und der Leistungsanforderungen des Betreibers) bestimmt der Hersteller den geeignetsten Antriebstrang (Motor-Getriebe-Hinterachse). Die Verbrauchswerte, die der Hersteller für alle SORT-Zyklen liefert, werden – wie eindeutig im Testprotokoll festgehalten – mit demselben Antriebstrang gemessen;
- Jedes Energieruckspeisegerät soll eingeschaltet werden;
- Der Antriebstrang muss vor dem Nachmessungstest eingefahren sein (mind. 20.000 km und max. 60.000 km / ein Jahr nach Zulassung des Fahrzeugs).

1.10. Luftbehälter

- Nominaldruck bei Start;
- Während des Tests sollte der Druck im Luftbehälter nie unter den Mindestwert sinken.

1.11. Türen

- Die Anzahl der Türen ist im Testprotokoll zu vermerken.
- Zu gegebener Zeit wird während des Zyklus eine Tür (2 Türflügel) vollständig geöffnet; Im Allgemeinen wird dies die mittlere Tür sein, die mit der Haltestellenbremse gekoppelt ist; Die Tür kann unverzüglich wieder geschlossen werden;
- Die Absenkfunktion (Kneeling) wird während des Öffnens der Türen nicht genutzt.

1.12. Bodenhöhe

- Standardhöhe für Fahrzeuge im Stadteinsatz: niederflurig gemäß EG-Richtlinie 2001/85.

1.13. Sitze

- Es wurde ein durchschnittliches Pauschalgewicht errechnet, das sich aus dem Produkt einer durchschnittlichen Anzahl von Sitzen (30) und dem durchschnittlichen Gewicht je Einheit (10 kg) ergibt;
- Abweichungen nach oben oder unten zwischen dem tatsächlichen und dem theoretischen Gewicht der Sitze werden entsprechend mit der Zuladung verrechnet.



1.14. Verschiedenes

- ABS/ASR: in Betrieb;
- Schmieröl: Qualität entsprechend Herstellerempfehlung; maximaler Stand;
- Diverse Flüssigkeiten (Kühlwasser, Scheibenwischwasser etc.): maximal befüllt;
- Batterien: Standard und betriebsbereit.

2) Kraftstoff

Diesel

2.1. Typ

- Standardqualität, geltende EG-Norm (EG 98/70) ;
- Sofern für die Kraftstoffqualität vor Ort strengere Qualitätsanforderungen gelten (z.B. in Bezug auf den Schwefelgehalt), so ist dies im Testprotokoll zu vermerken.

2.2. Menge

- Zu Beginn des Tests ist der Tank maximal gefüllt;
- Eine etwaige Gewichtsdivergenz zwischen dem vollen Tank und einer 200-l-Füllung wird mit der Zuladung von 3200 kg verrechnet;

2.3. Temperatur des Dieselkraftstoffs

- Idealerweise soll die Temperatur des Dieselkraftstoffs auf 20°C gehalten werden;
- Sofern dies nicht möglich ist, soll bei Anwendung einer volumetrischen Messmethode eine Dichtekorrektur vorgenommen werden. Zu diesem Zweck bedient man sich vorhandener Dichte-/Temperatur-Tabellen oder auch der in DIN 70030-1 §5.4.2 angegebenen Formel;
- Kraftstofftemperatur sollte am Anfang und am Ende eines jeden Testzyklus gemessen werden;
- Im Falle von gravimetrischer Messmethode soll die genaue Kraftstoffdichte bei 20°C gemessen und dokumentiert werden;
- Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass der Dieselkraftstoff eine Temperatur hat, bei der keine Blasen auftreten, da dies die Messergebnisse beeinträchtigen würde.

Kapitel VI

Messmethodik

Messgeräte

Um vergleichbare und reproduzierbare Messergebnisse zu erhalten, müssen die Messgeräte mindestens die nachfolgend aufgeführten Anforderungen erfüllen:

Messgerät	Genauigkeit
Kraftstoffdurchflussmessgerät	+ - 2%
Kraftstoffmessgerät gravimetrisch	+ - 2%
Geschwindigkeitsmessgerät	+ - 0,5%
Weg, Entfernung (zur Positionierung der Pylonen)	+ - 0,2%

Die Kalibrierung und Wartung der Messgeräte muss den Anforderungen gemäß DIN EN ISO 9000 ff. entsprechen.

Meßablauf

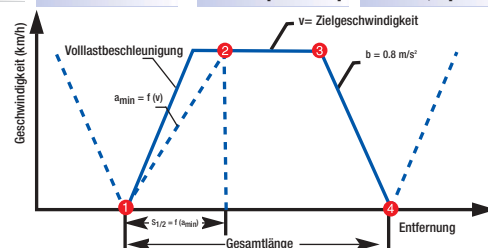
Vorraussetzung für die Durchführung des Tests ist, dass die externen Bedingungen und die Fahrzeugkonfiguration den Vorgaben gemäß Blatt 1 und 2 des Testprotokolls entsprechen.

Für den Messablauf wird folgende Vorgehensweise empfohlen

- Streckenpunkte (1,2,3,4) für die einzelnen SORT-Zyklen abmessen und durch Leitkegel markieren
- Der SORT 1 Zyklus, der nur 520 m beträgt muss mindestens zweimal hintereinander durchfahren werden (= 1040 m)
- Die SORT 2 (920 m) und SORT 3 (1450 m) Zyklen müssen mindestens einmal durchgefahren werden.
- Falls der Zyklus mehr als einmal ohne Unterbrechung durchgefahren wird, dann werden die Ergebnisse der Gesamtstrecke Rechnung getragen.
- Die Verbrauchsmessungen für den jeweiligen Zyklus werden solange wiederholt, bis 3 aufeinanderfolgende Messungen innerhalb einer Genauigkeit von 2% liegen. Zur Berechnung der Genauigkeit wird die Differenz aus maximalem und minimalem Verbrauchswert der drei Messungen durch den Maximalwert dividiert ($(C_{\max} - C_{\min}) / C_{\max} \times 100$).
- Die Toleranz für die Trapezzielgeschwindigkeit beträgt ± 1 km/h. Beim Übergang von der Beschleunigung auf die Konstantfahrt ist kurzzeitig eine maximale Abweichung von $+3$ km/h erlaubt.
- Die Unterbrechung zwischen den einzelnen Messungen darf maximal 10 min betragen

Gestaltung der 5 SORT-Trapeze

V. const. (km/h)	Gesamtlänge (m) Entfernung Kegel (1-4)	Position Kegel 2 (m) [a Sort= $v^2/2s$]	Position Kegel 3 (m) [Bremsweg]	Strecke mit konstanter Geschwindigkeit (m) Kegel 2 bis 3
20	100	15 [1.03 m/s ²]	80,7 [19.3]	65.7
30	200	45 [0.77 m/s ²]	156,6 [43.4]	111.6
40	220	100 [0.62 m/s ²]	142,8 [77.2]	42.8
50	600	170 [0.57 m/s ²]	479,4 [120.6]	309.4
60	650	300 [0.46 m/s ²]	476,4 [173.6]	176.4



1 2 3 4
Durch Verkehrskegel
zu überprüfen

Die Durchschnittsgeschwindigkeit errechnet sich aus der für die Absolvierung des Zyklus benötigten Zeit.

Messgrößen

Geschwindigkeit

Die Fahrzeuggeschwindigkeit wird während der Messfahrt aufgezeichnet. Die Aufzeichnung dient zur Kontrolle der Einhaltung der Trapezgeschwindigkeit. Die Korrektheit der Messung muss in der Unterbrechungszeit zwischen zwei Messungen überprüft werden. Bei Abweichungen außerhalb der Toleranz muss die Messung wiederholt werden.

Zeit

Die benötigte Zeit für die SORT-Zyklen (inklusive der jeweiligen Stillstandszeiten) wird festgehalten. Die Zeit und die daraus errechnete Durchschnittsgeschwindigkeit werden im Protokoll angegeben.

Kraftstoffverbrauch

Der Kraftstoffverbrauch der einzelnen Messfahrten wird festgehalten.

Bei volumetrischer Messung des Kraftstoffverbrauchs müssen die gemessenen Werte auf eine Temperatur von 20 °C umgerechnet werden (siehe DIN 70030 Teil 1 § 5.4.2)

Kraftstofftemperatur

Die Kraftstofftemperatur wird (bei volumetrischer Messung) am Beginn und am Ende jedes Zyklus im Bereich der Messkammer gemessen. Der Mittelwert wird zur Umrechnung des Kraftstoffverbrauchs auf Normbedingungen verwendet

Kraftstoffdichte

Die Dichte des verwendeten Kraftstoffes wird bei einer Temperatur von 20 °C gemessen und im Protokoll festgehalten

Zulässige Abweichung des Kraftstoffverbrauchs

Die maximale Abweichung zwischen den vom Hersteller angegebenen SORT-Verbräuchen und dem Ergebnis der Wiederholungsmessung darf 5% nicht überschreiten.

Diese Toleranz von 5% ist zwingend erforderlich, da bei der Angabe der Verbräuche

- die Toleranzen der Messtechnik.
- die Toleranzen im gesamten Antriebstrang (Wirkungsgrad Triebstrang, Leistungsunterschied Motor, Reifeneinflüsse ...)
- Externe Testbedingungen (Außentemperatur, Luftdruck, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Fahrbahnbeschaffenheit ...)

berücksichtigt werden müssen.

Fahrleistungsmessung

Um das Leistungsvermögen des gemessenen Fahrzeuges bewerten zu können, müssen Fahrleistungsmessungen durchgeführt werden.

- Das Fahrzeug muss in der selben Konfiguration wie bei den Verbrauchsmessungen getestet werden;
- Die Messungen werden aus der Fahrstufe „D“ ohne Haltstellenbremse und ohne Kick-down durchgeführt;
- Die Zeitmessung startet beim Betätigen des Fahrpedals;
- Messgrößen:
- Weg

- Zeit
- Geschwindigkeit.

Zusätzlich muss die Einhaltung der Mindestbeschleunigung gemäß Zyklendefinition überprüft werden.

Die Ergebnisse der Beschleunigungsmessungen werden im Ergebnisprotokoll festgehalten.



Perspektiven



Das SORT-Projekt zielt auf normative Bestrebungen ab. Neben seiner technischen Relevanz zeigt dieses Projekt vor allem, dass erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Herstellern und Betreibern möglich ist.

Wir sind uns dessen bewusst, dass die Umsetzung der SORT-Empfehlungen und der Umgang mit ihnen im Laufe der Zeit kleine Veränderungen mit sich bringen werden.

Die SORT Arbeitsgruppe hofft, dass viele Betreiber die SORT Ergebnisse und Methodik akzeptieren und anwenden werden.

Das in dieser Broschüre beschriebene Vorgehen bezieht sich auf „Solo“-Fahrzeuge. Dennoch lassen sich diese Tests in der Zukunft auf andere Bustypen leicht anpassen: Midi- od. Gelenkbusse. Das wird der nächste Schritt sein.

Alternative Kraftstoffe bzw. Antriebstechnik könnten auch später bei reiferen industriellen Rahmenbedingungen abgedeckt werden.

Bibliographie

1. European Commission, Directive.91/422/CEE, dated 15th July, 1991, on braking devices and conditions, published in the Official Journal Nr L 233, 22nd August, 1991.
2. TNO-Road Vehicles Research Institute, "Urban Bus Driving Cycle", by C.J.T. van de Weijer et al, presented at EAEC Conference, Strasbourg, 16-18th June, 1993.
3. INRETS Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, "Emissions de polluants par les véhicules industriels modèle SIVA", by Jean-Pierre Roumegoux, presented at ADEME Convention, Nr 2.03.0034, January, 1994.
4. VITO, Flemish Institute of Technological Research, "VOEM: VITO's on-the-road Energy and Emissions Measurement System", by Dr Hans Bruneel, originated 1994, in a letter to the Working Group, June, 2000.
5. TNO-Road Vehicles Research Institute, Dept of Combustion Engines, "Prediction of Urban Bus Cycle Emissions", by Carlo J.T. van de Weijer et al, presented at Autotech 95, Birmingham, 7th November, 1995.
6. INRETS Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, RVI Renault Véhicules Industriels, "Energy comparison between mechanical, diesel-electric, etc.", by François Badin et al, published in "The Science of the Total Environment", Nr 189/190, Elsevier Science B.V., 1996.
7. European Commission, Directive 70/220 and further corrections, "Light Vehicles Pollution", "Urban basic operating cycles", etc, published by SEDA-TEC in January, 1997.
8. EMPA Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, "EURO III Der europäische Abgaszyklus (...)", contribution by Dr. Th. Walter to the Spring Assembly in Neuchâtel, April, 1997.
9. VITO, Flemish Institute of Technological Research, "Heavy Duty Testing Cycles Development: a New Methodology", by Dr Hans Bruneel, published under Copyright by SAE Society of Automotive Engineers, 1998.
10. London Transport Buses, "Standard Test Regime for Vehicles", letter to the Working Group by Simon Brown, 25th September, 1998.
11. University of Belgrade, Faculty of Mech. Engineering, "Actual Situation of European Regulations on Motor Vehicle Pollution and Fuel Consumption", by Prof. Dr. Stojan Petrovic, from www.cent.co.yu, 1999.
12. RATP Régie Autonome des Transports Parisiens, Dept Environnement et Sécurité, "Conditions de fonctionnement des autobus et cycles de conduite", 1999.
13. TNO-Road Vehicles Research Institute, "Tester des bus à carburant ou des systèmes de propulsion alternatifs" etc, by Dr. Richard Smokers, June, 1999.
14. RKH Regionalverkehr Kurhessen GmbH, "Trapezzyklus für Stadtbuss", "Streckenverbrauch eines Stadtlinienbusses (...)", etc, letter to the UITP Secretariat by D. Dubrowsky, 19th August, 1999.
15. Wiener Linien, "Wiener Bus – Fahrzyklus", letter to the Working Group by Ing. Ebner, 7th October, 1999.
16. Committee of the (European) Regions, Report on CO2 Reduction in Transport, dated 11th March, 1999, published in the Official Journal Nr C 198, 14th July, 1999.

