



Forschungsgesellschaft für
Verbrennungskraftmaschinen und
Thermodynamik mbH

000255

Inffeldgasse 19 • A-8010 Graz

1. Zwischenbericht zu PERFEKT

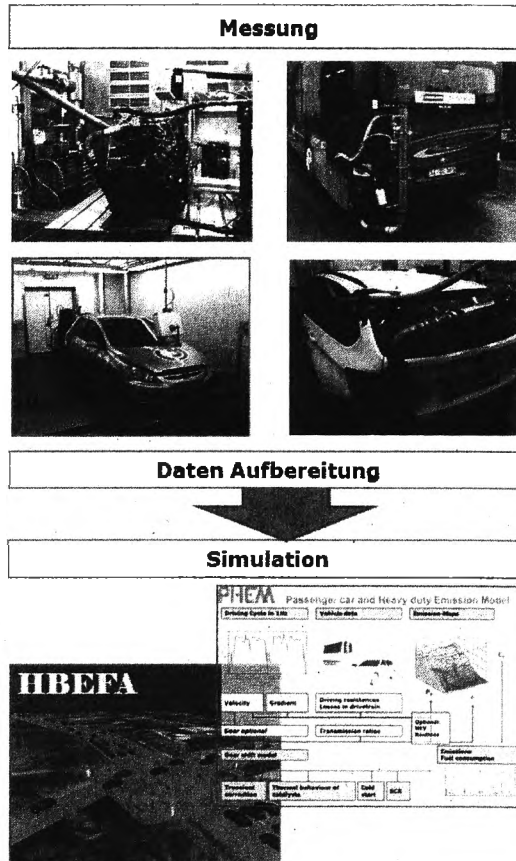
PEMS in RDE Feldüberwachung
als Datengrundlage für Emissions-
kennfelder und die Aktualisierung
von HBEFA und TREMOD

UFOPLAN-Vorhaben Feldüberwa-
chung von Kraftfahrzeugen und
Aktualisierung des HBEFA; FKZ
3715 51 1020

Stefan Hausberger



07.04.2016



ISO 9001

Inffeldgasse 19 A-8010 Graz

Tel.: [redacted] Fax: [redacted] [redacted]@fvt.at

Inhaltsverzeichnis

1	AUFGABENSTELLUNG.....	3
2	ARBEITSFORTSCHRITTE.....	5
2.1	AP 1: Entwicklung der Methodik.....	5
2.1.1	Vergleich Messung und Simulation an ausgewählten Tests PKW	6
2.1.2	Vergleich Messung und Simulation an ausgewählten Tests LKW	11
2.1.3	Anforderungskatalog für Kfz-Emissionsmessungen für HBEFA	13
2.2	AP 2 Fahrzeugmessungen	14
2.3	AP 3 Berichtlegung und Meetings.....	16

1 AUFGABENSTELLUNG

(Text vom 1. Sachstandsbericht hier zur Übersicht wiederholt)

Die Verbrauchs- und Emissionsfaktoren des HBEFA (Handbuch Emissionsfaktoren) werden basierend auf zeitaufgelösten Messdaten von Fahrzeugtests mit dem Fahrzeugemissionsmodell PHEM (Passenger car and Heavy duty Emission Model) berechnet. Als Datenquelle wurden bisher

- für schwere Nutzfahrzeuge (SNF) vorwiegend Messungen am Motorprüfstand sowie am Rollenprüfstand und zu geringem Umfang auch schon PEMS (Portable Emission Measurement System) Messungen verwendet.
- Für PKW und LNF (Leichte Nutzfahrzeuge) wurden ausschließlich Messdaten vom Rollenprüfstand verwendet.

Aus den zeitaufgelösten Messdaten erzeugt PHEM Emissionskennfelder, indem die gemessenen Emissionen entsprechend der jeweiligen Motorleistung und Motordrehzahl in ein Kennfeld ein gerastert werden. Danach wird für jedes Kennfeldraaster der Mittelwert aller dort einsortierten Emissionswerte gebildet. Damit entsteht für jede gemessene Abgaskomponente ein Kennfeld über Drehzahl und Leistung des Motors. Dieses Verfahren eignet sich damit für jede Art von Messung, bei der qualitativ hochwertige Messdaten für Drehzahl, Motorleistung oder Drehmoment sowie Emissionen in zumindest 1Hz Auflösung verfügbar sind.

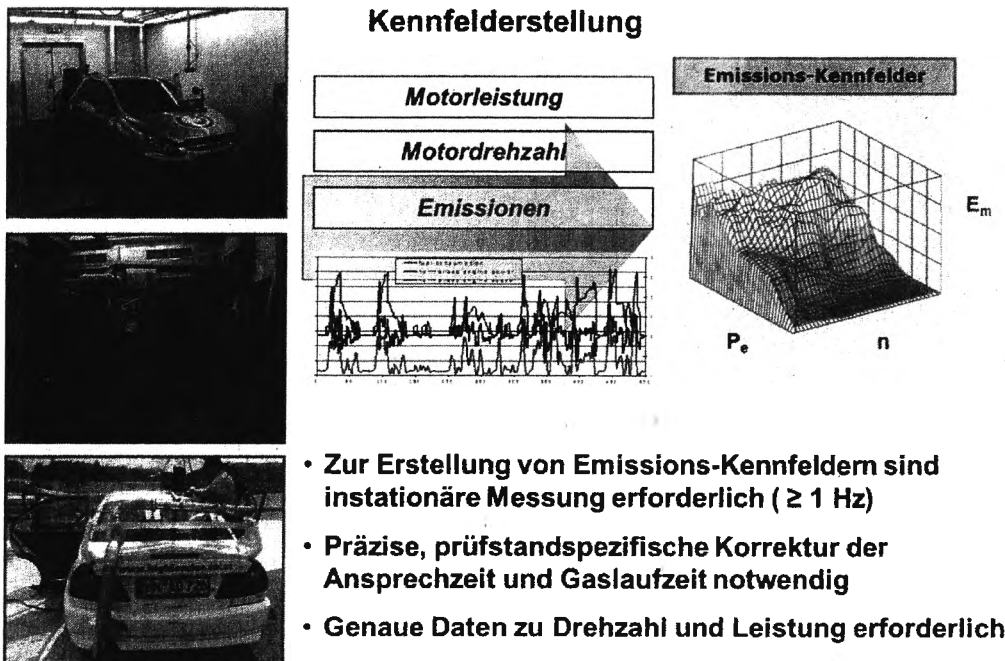


Abbildung 1: Methode zur Erzeugung der Emissionskennfelder mittels PHEM aus zeitaufgelösten Emissionsmessdaten

Aus den Emissionskennfeldern der einzelnen gemessenen Kfz werden dann für die Berechnung der Emissionsfaktoren mittlere Emissionskennfelder je Kfz-Schicht gebildet (z.B. ein Durchschnittskennfeld für PKW-Diesel EURO 5). Dafür werden die Kennfeldachsen normiert und die Emissionswerte je Kennfeldpunkt über die zugehörigen Kfz gemittelt. Mit diesen Kennfeldern und den Fahrzeugdaten (Masse, Luft-, Rollwiderstand, usw.) werden dann die Emissionen und der Verbrauch der Kfz-Schichten in allen HBEFA Fahrzyklen simuliert. Diese Emissionsfaktoren werden dann in das HBEFA importiert.

Damit ist die Qualität der Emissionskennfelder entscheidend für die Qualität der HBEFA Emissionsfaktoren. Für repräsentative Emissionsfaktoren müssen die Kennfelder daher

- aus einer ausreichend großen und repräsentativen Anzahl an Kfz
- gemessen in repräsentativen Verkehrssituationen

erstellt werden.

Durch Einbeziehung von PEMS Messungen in die Ausarbeitung des nächsten HBEFA Updates soll die Anzahl gemessener Kfz erhöht und insbesondere die Repräsentativität der Fahrzustände verbessert werden. Rollenmessungen decken ja nur einen kleinen Teilbereich der real vorkommenden Fahrzustände und Umgebungsbedingungen ab. Zudem ist anzunehmen, dass Hersteller inzwischen ihre Kfz auch schon in den gängigen Real-World Rollenzyklen messen und dort alleine schon wegen der Öffentlichkeitswirkung hohe Emissionen vermeiden wollen. Damit können bei realen Fahrten eventuell andere Emissionsniveaus auftreten als bei der Rollenmessung. Derartige Effekte können mit PEMS Messdaten sehr gut detektiert werden, wenn die Messkampagnen passend designt sind (z.B. können höhere NO_x infolge reduzierter Abgasrückführung bei Zuständen, die bei Rollentests üblicherweise nicht geprüft werden, einfach festgestellt werden, wenn entsprechende Bedingungen im Messprogramm vorgesehen werden).

Die Messung von Emissionen und Drehzahl stellt heute bei PEMS eine Standardanwendung dar. Eine Messung des Drehmomentes am Motor ist dagegen sehr aufwendig und meist mit großen Unsicherheiten behaftet. Damit war die Verwendung von PEMS Messdaten zur Erzeugung von Emissionskennfeldern für PHEM und somit für HBEFA in der Vergangenheit nur sehr eingeschränkt möglich.

Da die aktuelle Abgasgesetzgebung für SNF bereits on Board Emissionsmessungen mit PEMS vorschreibt bei denen die aktuelle Motorleistung mit definierter Genauigkeit vom Motorsteuergerät ausgelesen werden muss, konnten schon für HBEFA 3.2 einige derart gemessene Kfz erfolgreich in den Datensatz implementiert werden. Bei PKW und LNF ist allerdings keine gesetzliche Regelung zur Ausgabe genauer Leistungsdaten aus dem Steuergerät vorgesehen, so dass dazu ein passendes Verfahren zu entwickeln ist. Dieses Verfahren soll auch für alle PEMS Messungen an SNF anwendbar sein, bei denen die Motorleistung nicht oder nur ungenau erfasst ist.

Dazu wurden an der FVT im Juni 2015 bereits in Eigenleistung Untersuchungen an einem PKW durchgeführt, und ein aus heutiger Sicht sehr gutes Verfahren entwickelt. Dieses Verfahren soll im angebotenen Projekt mit schon vorhandenen Messdaten der FVT validiert und bei den im Rahmen des Projektes vorgesehenen Messungen angewandt werden. Das Verfahren wird auch mit den neu erzeugten Messdaten geprüft und bei Bedarf noch justiert.

Damit können bestehende und zukünftige PEMS Messungen in einem genauen, sicheren und automatisierten Verfahren in Emissionskennfelder über geführt werden.

Alle erzeugten Emissionskennfelder und die Fahrzeugdaten werden im Format für PHEM abgelegt und in die Datenbank für das nächste HBEFA Update integriert.

2 ARBEITSFORTSCHRITTE

Nachfolgend sind die schon erfolgten Leistungen je Arbeitspaket beschrieben.

Es sind jeweils die Fortschritte inklusive den schon im 1. Sachstandsbericht dargestellten Arbeiten beschrieben, da andernfalls die Verständlichkeit des Textes leiden würde. Zur Unterlegung der Aussagen sind ausgewählte Mess- und Simulationsergebnisse im Bericht dargestellt. Eine komplette Darstellung wird nach Abschluss aller Messungen erzeugt.

2.1 AP 1: Entwicklung der Methodik

Wie schon im 1. Sachstandsbericht beschrieben, wird in AP 1 die Frage geklärt, ob die Ergebnisse aus Richtlinien-konformen RDE-Messungen mit PEMS Messsystemen verwendet werden können, um neue E-Faktoren zu generieren. Ziel ist es, die sekundlichen Messdaten zu verwenden, um Motor-Emissionskennfelder für das Modell PHEM zu erzeugen.

Die Frage kann nach Analyse von 4 Fahrzeugen inzwischen mit „ja“ beantwortet werden. Von den im Offert vorgeschlagenen und getesteten Methoden funktionierte am besten Option 2 „Interpolation der Motorleistung anhand der gemessenen Drehzahl und der gemessenen CO₂ Emissionen aus generischen Motorkennfeldern“. Das Verfahren ist auch am besten mit der grundlegenden PHEM Methodik der Verwendung von Emissionskennfeldern kompatibel und braucht keine gesonderten Fahrzeugtests zur Erzeugung der Eingangsdaten. Diese Methode ist inzwischen als eine automatisierte Routine in der PHEM-Software implementiert und getestet. Weitere Begründungen zur Methodenauswahl sind im 1. Sachstandsbericht beschrieben.

- ➔ Option 2 der automatisierten Erstellung von Emissionskennfeldern aus PEMS Messungen funktioniert sehr gut und ist in der Software implementiert.

Im Zuge von PEMS Messungen an einem PKW wurden auch Optionen getestet, ob in Zukunft RDE-Richtlinien-konforme PEMS Messungen erweitert werden sollen, um die Erzeugung von Emissionsfaktoren möglichst gut zu unterstützen.

Grundsätzlich zeigte sich, dass bei „normal gefahrenen“ und RDE-Richtlinien-konformen PEMS Messungen bei PKW mit hoher Motornennleistung Bereiche mit hoher Motorleistung und Drehzahl nicht ausreichend oder gar nicht angefahren werden.

Dies ist für Emissionsfaktoren für „normale“ Fahrten nicht relevant, da diese ja im Modell PHEM dann auch nicht in den extremeren Motorlastpunkten unterwegs sind. Ungenauigkeiten ergeben sich aber bei der Simulation der Emissionsfaktoren für Bergauf-Strecken, wo das HBEFA auch +2%, +4% und +6% angibt. Diese Strecken bewegen sich häufiger in Bereichen hoher Leistung und Drehzahl und müssten somit aus den PEMS-Daten zum Teil extrapoliert werden. Extrapolationen sind bei Emissionen naturgemäß unsicher.

Es wurden daher Fahrmanöver untersucht, die im Anschluss an RDE-Richtlinien-konforme PEMS Messungen schnell durchgeführt werden können, und die die Lücken im Kennfeld abdecken (speziell Beschleunigungsfahrten in verschiedenen Gängen).

Das Ergebnis der Analyse ist, dass solche zusätzlichen Fahrmanöver geringe Verbesserungen aber nur bei der Simulation extremer Fahrmanöver bringen.

- Für das Standard-PEMS Testprogramm sind RDE Richtlinienkonforme Testfahrten ausreichend.

Derzeit wird noch analysiert, wie SCR und NSK am besten mit PEMS Messdaten bedatet werden können. Da bei diesen NOx-Minderungskonzepten die Abgastemperatur eine zentrale Rolle spielt, und diese von der Vorgeschichte des Zyklus abhängt, ist eine pure kennfeldbasierte Modellierung nicht ausreichend, um emissionsrelevante Abkühleffekte abzubilden.

Folgende Optionen werden dazu getestet:

- Einfaches Emissionskennfeld für Emissionsniveau am Auspuff,
- Rohemissionskennfeld, erzeugt aus PEMS Messung am Auspuff mittels invertiertem Default Kat-Wirkungsgrad-Kennfeld,
- Default-Rohemissionskennfeld mit angepasstem SCR-Wirkungsgrad,
- Abhängigkeit SCR-Wirkungsgrad von Temperatur mit/ohne zusätzlicher Abhängigkeit von der Raumgeschwindigkeit,
- Verwendung der PEMS- bzw. Rollenmessdaten mit/ohne variabler Zeitverschiebung.

Diese Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen und daher nicht im Zwischenbericht beschrieben. Ergebnisse zu den übrigen zuvor beschriebenen Analysen sind in Kap. 2.1.1 dargestellt.

Die aus den Messungen gewonnenen Anforderungen sind in einem „Best Practice“ Katalog zusammen gefasst, der zusammen mit den schon erarbeiteten Formatvorlagen für die Messdatensammlung in der ERMES Gruppe verteilt werden soll.

- Der Anforderungskatalog ist als Entwurf verfügbar und kann nach Freigabe durch den Auftraggeber verteilt werden.

Der Katalog ist in Kap. 2.1.3 beschrieben.

2.1.1 Vergleich Messung und Simulation an ausgewählten Tests PKW

Wie bereits im Kapitel 2.1 beschrieben, wurde die CO₂-Interpolationsmethode bisher an 4 PKW untersucht, wovon für 3 Fahrzeuge in diesem Zwischenbericht Ergebnisse gezeigt werden können. Die Analyse vom Fahrzeug 4 ist noch nicht abgeschlossen und wird entsprechend nachgereicht. Die ausgewählten Diesel PKW mit den Fahrzeugspezifikationen laut nachfolgender Tabelle haben die Abgasnorm EU5 bzw. EU6 und wurden mit PEMS auf der Straße sowie am Rollenprüfstand vermessen.

Tabelle 1: Versuchs-PKW die zur Methodenauswahl verwendet wurden

Fahrzeug ID	Segment	Abgasnorm	Abgasnachbehandlung	Getriebe
1	D-Segment, 2.0l, 120kW	EU6	NSK und DPF	6-Gang manuell
2	D-Segment, 1.6l, 77kW	EU5	Oxikat und DPF	7-Gang Automatik
3	SUV, 3.0l, 160kW	EU6	Oxikat, DPF und SCR	8-Gang Automatik
4	D-Segment, 2.0l, 105kW	EU5	Oxikat und DPF	6-Gang manuell

Die Messfahrten auf der Straße wurden unter Einhaltung der RDE-Vorgaben laut aktueller Draft-Regulation durchgeführt. Es handelte sich dabei um eine Route von Graz nach Sinabelkirchen (östlich von Graz), im Weiteren als Ries-Route bezeichnet, sowie um eine Route von Graz Richtung Köflach (westlich von Graz) und eine Route von Graz nach Arzberg (nördlich von Graz). Die mittlere Umgebungstemperatur (Utemp.) der RDE-Routen lag zwischen 1.5°C und 30°C. Routen, die bei niedriger Umgebungstemperatur gemessen wurden, weisen durchwegs höhere NOx-Emissionen auf, da vermutlich in diesem Betriebsbereich das AGR teilweise deaktiviert wurde und zudem die Abgasnachbehandlung ein niedrigeres Temperaturniveau aufweist.

Vollständigkeitshalber sei erwähnt, dass nicht mit allen Fahrzeugen auf allen Strecken gefahren wurde.

Des Weiteren wurden am Rollenprüfstand u.a. der Ermes für Fahrzeug 1 gefahren, der WLTC und der CADC für Fahrzeug 4. Rolleneinstellungen für WLTC wurden laut WLTP Draft, Rolleneinstellungen für CADC und ERMES laut den Real World Daten durchgeführt.

Abbildung 2 zeigt für eine Köflach-Route mit dem Fahrzeug 1 exemplarisch die interpolierte Leistung aus dem gemessenen CO₂. Als Kennfeld für die Leistungsinterpolation wurde ein generisches Basiskennfeld verwendet, dass die durchschnittliche Motortechnologie eines EU6 Fahrzeugs repräsentiert. Jeder Datenpunkt in blau steht dabei für einen Betriebspunkt mit 1Hz Auflösung. Die roten Datenpunkte stellen die Volllast- bzw. Schleppkurve für den Motor dar.

Aus der Verteilung der Betriebspunkte ist erkennbar, dass das zu erstellende Kennfeld vor allem im Teil- und Mittellastbereich gut mit Messdaten gefüllt werden kann. Im Hochlastbereich fehlen Messdaten, diese müssen aber aufgrund des geringen Hochlastanteils bei einer RDE-Fahrt auch nicht zwangsläufig vorhanden sein. Wie schon beschrieben, sind Bereiche mit hohen Drehzahlen und Leistungen nur bei hohen Steigungen relevant.

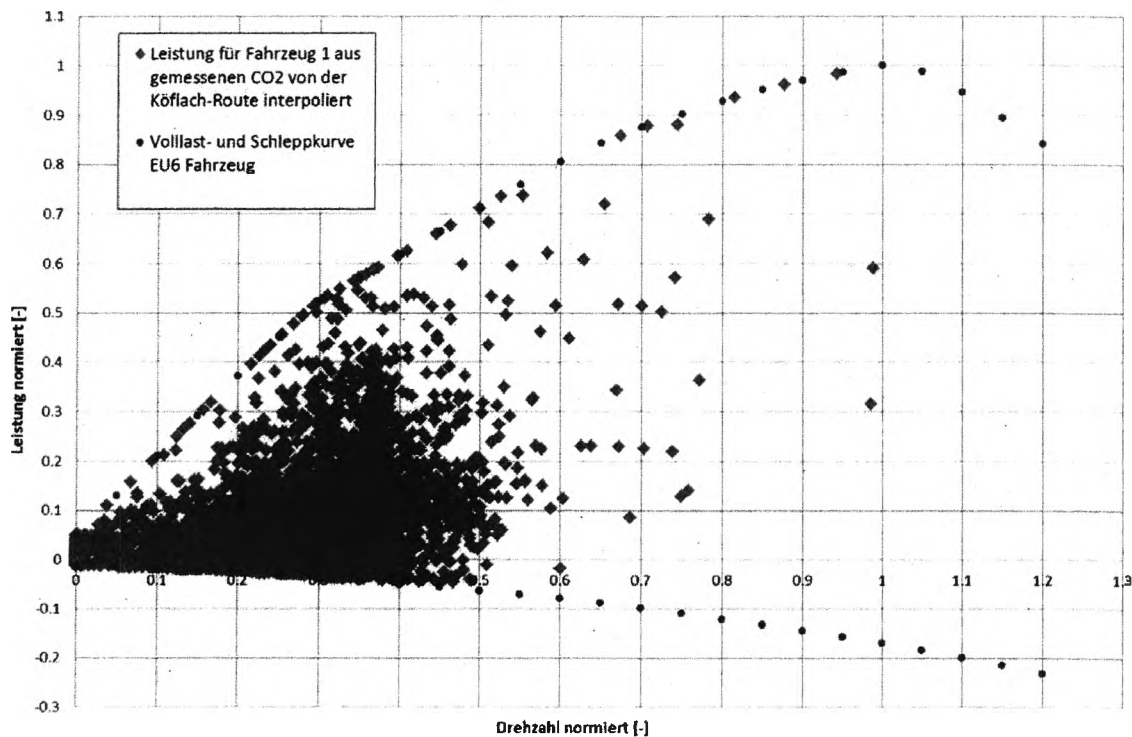


Abbildung 2: Interpolierte Leistung aus gemessenen CO₂ für eine RDE-Route

Werden mit den generierten Kennfeldern die gefahrenen Zyklen nachgerechnet, kann eine Qualitätsüberprüfung durchgeführt werden. Nachfolgende Tabelle zeigt für das Fahrzeug 1 einen solchen Check. Aus den gemessenen RDE-Routen Arzberg, Köflach, Ries sowie mit dem gemessenen Rollenzyklus Ermes wurden jeweils mit der CO₂ Interpolationsmethode die Motorkennfelder generiert. Die so erzeugten Motorkennfelder enthalten die eingerasteten Messpunkte von NO_x und CO sowie die CO₂ Werte des generischen Basiskennfelds.

Mit diesen Kennfeldern wurden dann im Fall des Fahrzeugs 1 wiederum die Routen Arzberg, Köflach und Ries simuliert. Die prozentuellen Angaben zeigen die Abweichung zwischen den Simulationsergebnissen zu den Messwerten und schließen neben den Messunsicherheiten auch Unsicherheiten in der Simulation ein, wie z.B. durch Ungenauigkeiten bei der

- Steigungsberechnung aus den GPS-Daten
- Leistungsberechnung durch Default-Fahrwiderstände
- Unbekannter Energieverbrauch der Nebenaggregate des Versuchsfahrzeuges
- Kennfelderzeugung bzw. Abweichungen zwischen generischem Verbrauchskennfeld und realem Verbrauchskennfeld des vermessenen Kfz

Die nachfolgend angeführten Ergebnisse stellen einen Auszug aus den bisherigen Untersuchungen dar.

Exemplarische Mess- und Simulationsdaten Fahrzeug 1

Tabelle 2 vergleicht die Messdaten in 2 RDE Routen (Arzberg und Ries) mit der PHEM Simulation, bei der das Abgasemissionskennfeld aus unterschiedlichen Fahrten erzeugt wurde. Der Ermes Zyklus wurde am Rollenprüfstand gemessen und stellt die bislang übliche Vorgehensweise dar.

Da jeweils das selbe generisches Verbrauchskennfeld zur Kennfelderzeugung verwendet wurde, sind die Simulationsergebnisse für CO₂ bei allen Kennfeldvarianten gleich. Die relativ große Differenz zwischen Messung und Simulation ist auf die schon zuvor beschriebenen Unsicherheiten zurückzuführen. Für die Beurteilung der Kennfeldqualität sind Differenzen zwischen den Kennfeldern relevant, so dass keine Kalibrierung der Absolut Werte vorgenommen wurde. Für die spätere HBEFA Anwendung wird noch eine Methode zur Kalibrierung ausgearbeitet.

Bei der NO_x-Simulation fällt das Kennfeld aus dem Rahmen, das bei ca. 2°C Umgebungsbedingungen gemessen wurde. Offensichtlich führt die niedrigere Umgebungstemperatur zu deutlich höheren NO_x Emissionen, so dass dieses Kennfeld in der Simulation die Messwerte bei höheren Temperaturen deutlich überschätzt. Dieser Effekt dürfte auf reduziertes AGR zurück zu führen sein, da gleichzeitig die CO Emissionen bei niedriger Temperatur deutlich abnehmen.

Bei CO ergeben die Kennfelder aus Köflach (Utemp.=1.5°C) und Ermes große Abweichungen. Da der PEMS CO Messwert auch ca. um den Faktor 10 größer als bei den Fahrzeugen 2 und 3 ist, lässt dies entweder auf fehlerhafte Abgasnachbehandlungskomponenten des Fahrzeugs und/oder auf eine fehlerhafte Kalibrierung des CO Analysators zurückzuführen sein.

Insgesamt zeigt sich, dass – gleiche Umgebungstemperaturen voraus gesetzt – die Simulationsgenauigkeit mit den nach neuem Verfahren aus PEMS Messungen gewonnenen Kennfeldern und dem nach Standardverfahren aus Rollenprüfstandtest gewonnenen Kennfeldern ähnlich gut ist.

Tabelle 2: Ergebnisse der Emissionssimulation mit PHEM für Fahrzeug 1 mit Emissionskennfeldern aus verschiedenen Messfahrten

	Messung	Simulation				
	Route Arzberg (Utemp=27.5°C)	Route Arzberg nachgerechnet mit KF aus Köflach (Utemp=23.5°C)	Route Arzberg nachgerechnet mit KF aus Köflach (Utemp=1.5°C)	Route Arzberg nachgerechnet mit KF aus Arzberg (Utemp=27.5°C)	Route Arzberg nachgerechnet mit KF aus Ermes (Utemp=23°C)	Route Arzberg nachgerechnet mit KF aus Ries (Utemp=26°C)
CO _{2,RDE} [g/km]	164.70	-11%	0%	0%	0%	0%
NO _{x,RDE} [g/kgCO ₂]	2.77	-13%	55%	0%	8%	18%
CO _{RDE} [g/kgCO ₂]	3.44	5%	-66%	4%	-92%	-21%

	Messung	Simulation				
	Route Ries (Utemp=26°C)	Route Ries nachgerechnet mit KF aus Köflach (Utemp=23.5°C)	Route Ries nachgerechnet mit KF aus Köflach (Utemp=1.5°C)	Route Ries nachgerechnet mit KF aus Arzberg (Utemp=27.5°C)	Route Ries nachgerechnet mit KF aus Ermes (Utemp=23°C)	Route Ries nachgerechnet mit KF aus Ries (Utemp=26°C)
CO _{2,RDE} [g/km]	147.68	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%
NO _{x,RDE} [g/kgCO ₂]	2.33	-14%	49%	14%	32%	17%
CO _{RDE} [g/kgCO ₂]	2.80	47%	-51%	44%	-84%	8%

Exemplarische Mess- und Simulationsdaten Fahrzeug 2

Mit dem Fahrzeug 2 wurde die Ries Route 2mal gefahren, daher auch die Bezeichnung Ries 1 und Ries 2 (Tabelle 3). Des Weiteren wurden Varianten untersucht, bei denen neben der normgerechten RDE Messfahrt im Anschluss an die Testrunde noch Messpunkte im Hochlastbereich in die Kennfelderstellung aufgenommen werden. Diese Variante wird im Weiteren als Kennfeldauffüllung (KFA) bezeichnet. Betrachtet man die zugehörigen prozentuellen Abweichungen, kann geschlussfolgert werden, dass ohne KFA ähnlich gute Ergebnisse erzielt werden.

Die Abweichungen bezüglich CO₂ dürften wiederum aus ungenauen Daten zu Fahrwiderständen und Steigung bzw. aus dem generischen Kennfeld resultieren und würden für spätere HBEFA Anwendungen noch kalibriert werden.

Tabelle 3: Ergebnisse der Emissionssimulation mit PHEM für Fahrzeug 2 mit Emissionskennfeldern aus verschiedenen Messfahrten

	Messung	Simulation					
	Route Ries 1 (Utemp=18°C)	Route Ries 1 nachgerechnet mit KF aus Köflach (Utemp=18°C)	Route Ries 1 nachgerechnet mit KF aus Köflach + KFA (Utemp=18°C)	Route Ries 1 nachgerechnet mit KF aus Ries 1 (Utemp=17°C)	Route Ries 1 nachgerechnet mit KF aus Ries 1 + KFA (Utemp=30°C)	Route Ries 1 nachgerechnet mit KF aus Ries 2 (Utemp=9°C)	Route Ries 1 nachgerechnet mit KF aus Ries 2 + KFA (Utemp=9°C)
CO ₂ RDE [g/km]	147,60	-19%	-19%	-19%	-19%	-19%	-19%
NO _x RDE [g/kgCO ₂]	8,40	12%	11%	6%	6%	14%	13%
CO _{RDE} [g/kgCO ₂]	0,34	-36%	-38%	11%	4%	-6%	-16%

	Messung	Simulation					
	Route Ries 2 (Utemp=9°C)	Route Ries 2 nachgerechnet mit KF aus Köflach (Utemp=18°C)	Route Ries 2 nachgerechnet mit KF aus Köflach + KFA (Utemp=18°C)	Route Ries 2 nachgerechnet mit KF aus Ries 1 (Utemp=17°C)	Route Ries 2 nachgerechnet mit KF aus Ries 1 + KFA (Utemp=30°C)	Route Ries 2 nachgerechnet mit KF aus Ries 2 (Utemp=9°C)	Route Ries 2 nachgerechnet mit KF aus Ries 2 + KFA (Utemp=9°C)
CO ₂ RDE [g/km]	125,58	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%
NO _x RDE [g/kgCO ₂]	8,69	7%	6%	-1%	-1%	8%	6%
CO _{RDE} [g/kgCO ₂]	0,27	-20%	-22%	51%	38%	13%	5%

Exemplarische Mess- und Simulationsdaten Fahrzeug 3

Auch für das Fahrzeug 3 wurden KFAs untersucht. Dabei wurde zwischen KFA1 und KFA2 unterschieden. Beide KFA beinhalten Betriebspunkte im Hochlastbereich, nur sind jene beim KFA2 bei höheren Drehzahlen gemessen worden.

Beim Nachrechnen normaler Fahrten zeigen die KFA Varianten gegenüber der Basisvariante wiederum keine signifikanten Vorteile.

Tabelle 4: Ergebnisse der Emissionssimulation mit PHEM für Fahrzeug 3 mit Emissionskennfeldern aus verschiedenen Messfahrten

	Messung	Simulation		
	Köflach (Utemp=6°C)	Route Köflach nachgerechnet mit KF aus Köflach (Utemp=6°C)	Route Köflach nachgerechnet mit KF aus Köflach + KFA 1 (Utemp=6°C)	Route Köflach nachgerechnet mit KF aus Köflach + KFA 2 (Utemp=6°C)
CO₂RDE [g/km]	175.25	-6%	-6%	-6%
NOx_{RDE} [g/kgCO₂]	0.50	34%	31%	31%
CO_{RDE} [g/kgCO₂]	0.24	18%	16%	17%

- ➔ Die PEMS Messungen können mit der neuen Methode (Leistungsberechnung mittels generischer Verbrauchskennfeldern) in die bestehende PHEM Struktur eingebaut und mit Kennfeldern aus Rollenprüfstandtests zusammen gelegt werden
- ➔ „Normale“ PEMS Fahrten müssen keine speziell erweiterten Betriebszustände aufweisen. Um hohe Steigungen später genauer simulieren zu können, wären solche Vollastbeschleunigungsphasen als Option nützliche Anhängsel an die PEMS Messung

2.1.2 Vergleich Messung und Simulation an ausgewählten Tests LKW

Bei LKW wurden die Methoden bisher an drei für die Umweltbundesamt Österreich GmbH vermessenen Fahrzeugen getestet. Die Arbeiten beschränkten sich dabei bis dato auf die Methoden zur Ermittlung der sekundlichen Leistung aus der PEMS Messung sowie auf die Bestimmung der Fahrwiderstände für nachfolgende Vergleichsmessungen auf dem Rollenprüfstand. Die Optionen zur Parametrierung der Abgasnachbehandlung (SCR) in PHEM werden erst zu einem späteren Zeitpunkt analysiert werden.

Zur Validierung der Leistungsbestimmung mit der CO₂-Kennfeldmethode (Option 2) für LKW wurde das mittels dieser Methode berechnete Leistungssignal mit der anhand des OBD-Drehmomentsignals ermittelten Leistung bei einem EURO VI Fahrzeug verglichen. Dieses Signal eignet sich bei EURO VI Nutzfahrzeugen besonders gut zur Validierung, da dieses auch für die Bewertung der arbeitsbasierten Emissionen im In-Service-Conformity Test herangezogen wird und deshalb hohen Genauigkeitsanforderungen unterliegt¹. Mit diesem Drehmoment kann zusammen mit der Motordrehzahl die Leistung berechnet werden und daraus die positive Arbeit, die während eines Zyklus geleistet wird. Dies ist in Abbildung 3 für zwei unterschiedliche Zyklen dargestellt. Für beide Abbildungen ist zusätzlich die bekannte Fehlertoleranz mitabgebildet. Diese beträgt +/-5% für den OBD Wert sowie ca. +/-10% für

¹ Die Genauigkeit des OBD Drehmomentsignals wird bei EURO VI Motoren am Motorprüfstand im Rahmen der Zertifizierung überprüft und muss innerhalb von +/-5% vom Prüfstandwert liegen.

den Wert aus der CO₂-Methode². Die mit der CO₂-Methode ermittelten Werte für die Zyklusarbeit liegen in allen Fällen innerhalb der Toleranzbreite des Referenzwerts aus dem OBD Signal.

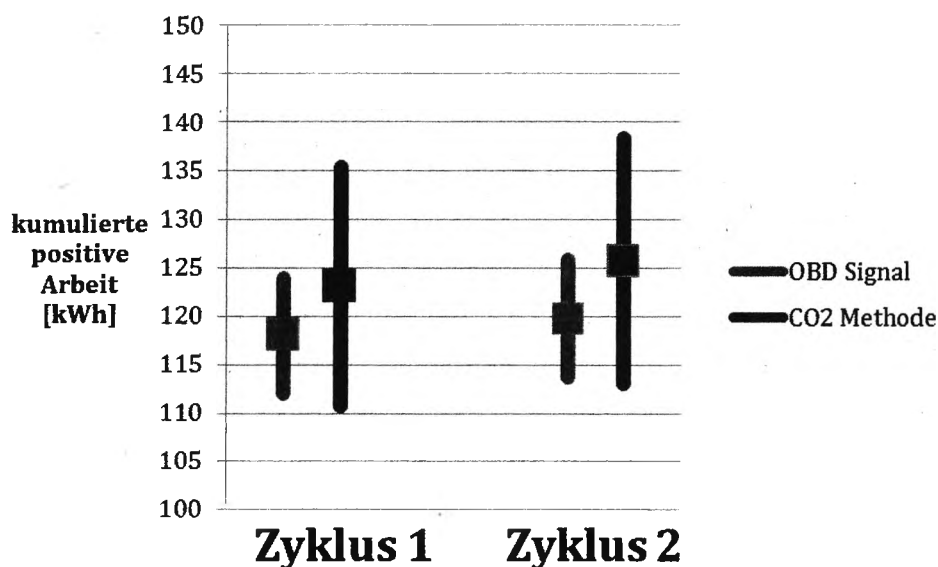


Abbildung 3: Validierung der kumulierten positiven Zyklusarbeit aus der CO₂-Methode anhand von OBD Daten

Neben den kumulierten positiven Arbeiten über den gesamten Zyklus können auch noch direkt die sekundlichen Leistungs- bzw. Drehmomentwerte verglichen werden. Dies ist beispielhaft in Abbildung 4 dargestellt. Eine hohe Qualität der zeitlichen Auflösung ist hierbei zur Erstellung der PHEM Kennfelder essentiell. Es ist zu erkennen, dass das mittels CO₂-Methode ermittelte Signal gut mit dem OBD Signal korreliert, lediglich auf schnelle Drehmomentänderungen reagiert die CO₂-Methode leicht verzögert. Dies kann u.a. mit dem nicht optimalen Ansprechverhalten der Analysatoren erklärt werden. Verbesserungen in diesem Bereich sind durch die ebenfalls in Entwicklung befindliche neue Auswertemethode (variable Zeitverschiebung plus Korrektur der Analysatoransprechzeiten) zu erwarten. Es kann bereits ohne diese Verbesserungen keine starke Abweichung der zeitlich aufgelösten Werte zwischen CO₂-Methode und OBD Referenzsignal erkannt werden. Zudem unterliegen die Schadstoffemissionen, die ja dann in das Kennfeld ein gerastert werden einem ähnlichen Glättungseffekt wie CO₂. Wenn also die Leistung für diese Einrastung aus CO₂ berechnet wird, könnte die Zuordnung sogar besser sein als bei Verwendung des schnelleren Momentensignals. Somit kann die CO₂-Methode auch nach diesem Bewertungskriterium als sehr gut geeignet erachtet werden.

² Die Ungenauigkeiten in der gemäß CO₂-Methode ermittelten Leistung bzw. Arbeit ergeben sich aus den Fehlertoleranzen der Messung des Abgasmassenstroms, der CO₂-Konzentrationen, der zeitlichen Zuordnung dieser beiden Signale sowie Abweichungen der tatsächlichen Motorcharakteristik vom verwendeten CO₂-Kennfeld.

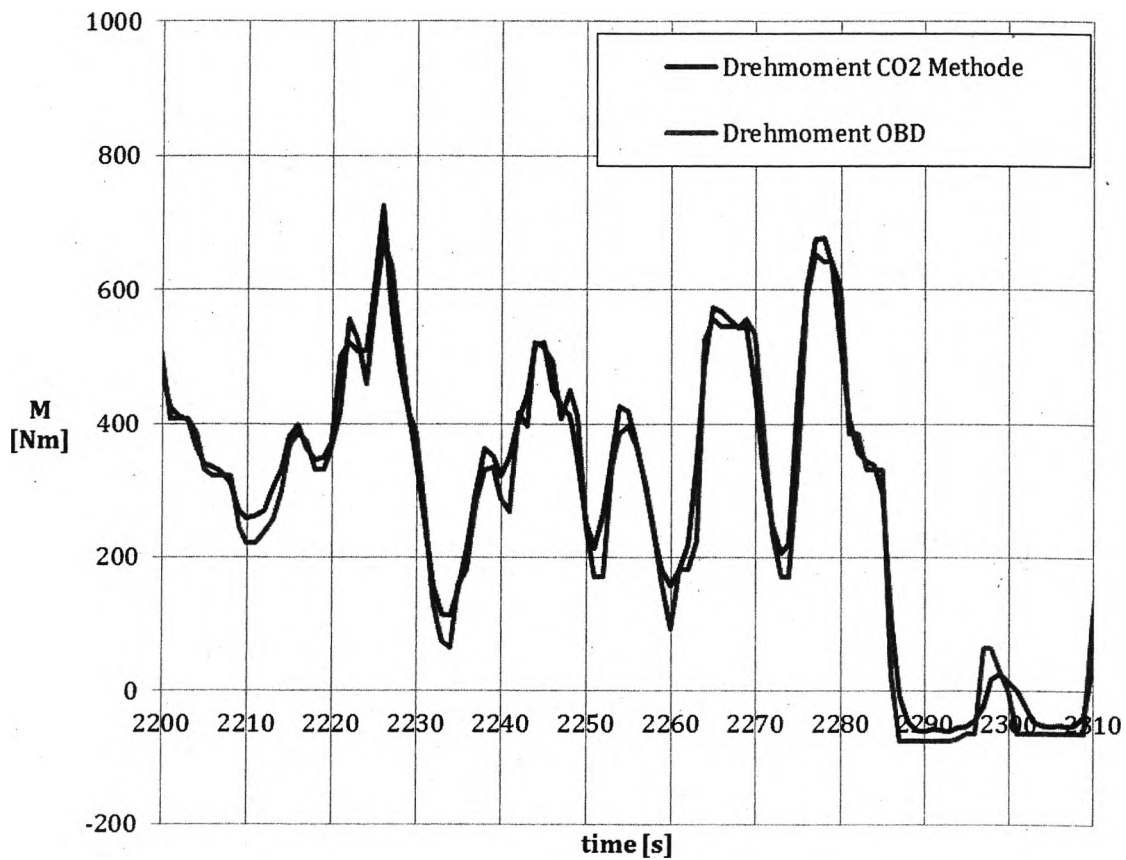


Abbildung 4: Vergleich sekundlicher Drehmomentwerte

2.1.3 Anforderungskatalog für Kfz-Emissionsmessungen für HBEFA

Es wurde ein Word-Dokument erstellt, das sowohl Mindestanforderungen bei Rollen- und PEMS Tests definiert, wenn die Daten für HBEFA bzw. PHEM genutzt werden sollen. Neben den Mindestanforderungen sind auch jeweils Empfehlungen für „Best Practice“ angeführt.

Neben dem Textdokument sind in dem Paket auch noch 2 Excel Tabellen enthalten. Eine dient zur Auflistung der gemessenen Kfz (Information für alle ERMES Mitglieder zur Vermeidung ungewollter Doppeltests) und eine zeigt das Normformat, mit denen Messergebnisse an die ERMES Datenbank sowie an PHEM übergeben werden sollen.

Folgende Inhalte sind in diesem Paket beschrieben:

Teilverfahren	Kurzbeschreibung
Equipment Checks	Vergleich PEMS mit Analysatoren Rollenprüfstand
Fahrzeuge	Verwendung definierter generischer Werte für Fahrwiderstände, sofern keine Kfz-Real World Daten vorhanden sind. Eher – wenn möglich - in Anlieferungszustand messen um Bild der Realität zu erzeugen. Zustand bei Messung (as received, after service, new,...) und eventuelle emissionsrelevante Defekte dokumentieren.
Testzyklen	Mindestanforderung Rolle: neben NEDC zumindest ERMES oder CADC Mindestanforderung PEMS Tests: wie in RDE Gesetzgebung vorgeschrieben. Volllastbeschleunigungen optional. Zusätzlich „Kurztest“ vor Losfahren zur Analyse der Zeitverzögerung bzw. des Volumens der Abgasanlage. Wenn möglich definierte Beladung verwenden (2 Fahrer + PEMS bei OKW, 25% bei LNF, 50 bis 60% bei SNF)
Messsignale	Mindestanforderung für Rolle: CO ₂ , NO _x , CO, Drehzahl, Geschwindigkeit, Umgebungszustand (T, p), Information ob Warm- oder Kaltstart Mindestanforderung für PEMS: zusätzlich noch GPS Koordinaten. Weitere optional gemäß Detail-Liste im Paket.

2.2 AP 2 Fahrzeugmessungen

Das UBA-Österreich beteiligt sich an der Finanzierung von Fahrzeugmessungen im Rahmen der HBEFA Updates. Dabei werden Messungen an 3 Nutzfahrzeugen und an einem PKW finanziert, die gemäß Vereinbarung auch für die Methodenentwicklung im gegenständlichen Projekt genutzt werden können. Da die Messkampagne für das UBA-Österreich 2015 abgeschlossen werden musste, wurden alle bisherigen PEMS-Messungen innerhalb des Budgets des UBA-Österreich Projektes durchgeführt.

Da nun die Umgebungsbedingungen seit Ende März On-Board Messungen auch bei ausreichend warmen Umgebungszuständen erlauben, wurde mit den PEMS Messungen für das gegenständliche Projekt begonnen.

Die Auswahl der in diesem Projekt zu messenden Kfz soll in enger Abstimmung mit DEKRA erfolgen, da diese zahlreiche Rollentests für BAST durchführt. Dazu wird die ERMES Messinformationsschiene genutzt.

Folgende PKW und LNF werden für die Messungen (Rolle und PEMS) vorgeschlagen:

Marke	Type	Abgasklasse
Mittelklasse Diesel		
Mercedes	200 CDI	Euro 6
Audi	A4 2.0 TDI	Euro 6
VW	Passat 1.6 TDI	Euro 6
Skoda	Superb 2.0 TDI	Euro 6
Minivan Diesel		
VW	Sharan 2.0 TDI	Euro 6
Renault	Espace 1.6 CDI	Euro 6
Kompaktklasse Diesel		
VW	Golf 1.6 TDI	Euro 6
Seat	Leon 1.6 TDI	Euro 6
Hyundai	I30 1.6 CRDI	Euro 6
Kompaktklasse Otto		
Skoda	Octavia 1.2 TSI	Euro 6
Audi	A3 1.2 TSI	Euro 6
Transporter		
VW Bus (mit Sitzplätzen)	T6 2.0 TDI	Euro 6

Folgende SNF werden für die Messungen (Rolle und PEMS) vorgeschlagen:

Kategorie	Technologie	Marke/Type Vorschlag
EUVI, 12 oder 18t (N3)	SCR, DPF, AGR	DAF oder Renault
EUVI, 7,5t (N2)	SCR, DPF, AGR	IVECO Daily

Da die nächsten Messungen noch im April starten sollen, wird die endgültige Auswahl mit dem Auftraggeber demnächst telefonisch diskutiert.

2.3 AP 3 Berichtlegung und Meetings

Stand der Ergebnisse der Messungen sowie der Methodenentwicklung können bei Bedarf gerne präsentiert werden. Wir schlagen vor, beim nächsten HBEFA Meeting (13.04.2016) das Konzept vorzustellen (Methode und „Best Practice“ für Messungen für HBEFA).

In der HBEFA Gruppe kann so gleich fundiertes Feedback eingeholt werden.

Damit sollten auch andere Labors und auch deren Auftraggeber motiviert werden, gleiche Standards anzuwenden um den für Emissionsfaktoren nutzbaren Messdatenpool möglichst groß und konsistent zu gestalten.