

Christian Jung

Automatisierte Getriebekalibrierung bei
verschiedenen Testumgebungen

Korrelationsstudie zwischen Straße,
Rollenprüfstand und Antriebsstrangprüfstand

eingereicht als

DIPLOMARBEIT

an der

HOCHSCHULE MITTWEIDA

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Maschinenbau

Graz, 2009

Erstprüfer:

Zweitprüfer:

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am:

Bibliographische Beschreibung:

Jung, Christian:

Automatisierte Getriebekalibrierung bei verschiedenen Testumgebungen.

Korrelationsstudie zwischen Straße, Rollenprüfstand und Antriebsstrangprüfstand. – 2009.

– 50 S. Mittweida, Hochschule Mittweida, Fachbereich Maschinenbau, Diplomarbeit, 2009

Referat

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, eine Korrelation zwischen Messungen von der Straße, von einem Antriebsstrangprüfstand und einem Rollenprüfstand herzustellen. Angesichts der immer größer werdenden Zahl von Parametern in einem Getriebesteuergerät, die Einfluss auf den Gangwechsel haben, ist es notwendig die Kalibrationsarbeit durch Automatisierung zu verkürzen. Zu diesem Zweck wurde bestehendes Wissen der AVL List GmbH gebündelt und in einem neuen Verfahren, genannt ACTTM (Automated Calibration for Transmission), vereint. Um die Korrelation herzustellen wird zuerst eine Messprozedur definiert. Anhand dieses Verfahrens werden die nötigen Messdaten von den verschiedenen Umgebungen gewonnen. Die Auswertung beweist, dass dieses neue System auf einem Prüfstand vergleichbare Messdaten zu einer Straßenmessung liefert.

Abstract

The goal of this Diploma-Thesis is to get a correlation between measurements from the street, chassis-dyno and powertrain-dyno. Due to the growing numbers of parameters in a transmission-control-unit (TCU), which influences the shift behaviour, it is necessary to shorten the calibration work by automatic calibration. To reach this target, the know-how of the AVL List Company is bundled in a new system called ACTTM (Automated Calibration for Transmission). To achieve the correlation, a measurement procedure is defined. Based on this procedure the needed measurements were taken on the different environments. The evaluation shows that the new system delivers comparable results on a chassis-dyno or a powertrain-dyno as on the street.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Das Unternehmen AVL LIST GmbH	1
1.2	Auswahl der Antriebskonzepte	2
1.2.1	Das Doppelkupplungsgetriebe (DCT)	4
1.2.2	Der Wandler-Stufenautomat (AT)	6
1.3	Die verwendeten Systeme	8
1.3.1	AVL - DRIVE	8
1.3.2	AVL - CAMEO Transmission	8
1.3.3	ETAS - INCA	9
1.3.4	AVL - DRICON	9
2	Stand der Technik	10
2.1	Sequenzielle Kalibrierung auf der Straße	10
2.2	Vorgehensweise	13
3	Automatische Kalibrierung am Prüfstand	14
3.1	Derzeitige Verwendung der Prüfstände	14
3.2	Die Notwendigkeit der automatisierten Getriebekalibrierung	15
3.3	Vorgehensweise	16
4	Definition der Aufgabenstellung	18
5	Definition der Messprozedur	19
6	Systemaufbau	23
6.1	Voraussetzungen	23
6.2	Strasse	24
6.3	Rollenprüfstand	25
6.4	Antriebsstrangprüfstand	28
7	Analyse der Resultate	30
7.1	Ergebnisse des 1. Versuchsfahrzeugs	33
7.2	Ergebnisse des 2. Versuchsfahrzeugs	37
7.3	Ergebnisse des 3. Versuchsfahrzeugs	39
7.4	Ergebnisse des 4. Versuchsfahrzeugs	42
7.4.1	Reproduzierbarkeit der Ergebnisse	47
7.5	Schlussfolgerung	48
8	Zusammenfassung und Ausblick	48
9	Literaturverzeichnis	50

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Einteilung der Antriebskonzepte.....	2
Abbildung 1-2: Die verwendeten Versuchsfahrzeuge.....	3
Abbildung 1-3: Prinzipieller Aufbau von Doppelkupplungsgetrieben. (VW DSG).....	4
Abbildung 1-4: 7-Gang DCT (ZF)	5
Abbildung 1-5: Prinzipieller Aufbau eines Wandler-Stufenautomaten. (ZF 6HP-Baureihe).7	
Abbildung 2-1: Die einzelnen Schaltphasen einer Hochschaltung	11
Abbildung 3-1: Schematische Darstellung des Einsparungspotentiales mit ACT™	16
Abbildung 5-1: Definierter Bereich in AVL CAMEO Transmission.....	19
Abbildung 5-2: Messprozedur, 2-3 Hochschaltung, Graph	20
Abbildung 5-3: Messprozedur, 2-3 Hochschaltung, Wiederholpunkte	21
Abbildung 5-4: Messprozedur, 3-2 Rückschaltung, Graph	22
Abbildung 5-5: Messprozedur, 3-2 Rückschaltung, Wiederholpunkte.....	22
Abbildung 6-1: Systemaufbau, Straße, schematische Darstellung.....	24
Abbildung 6-2: Systemaufbau, Rollenprüfstand, schematische Darstellung	25
Abbildung 6-3: Der Rollenprüfstand.....	27
Abbildung 6-4: Systemaufbau, Antriebsstrangprüfstand, schematische Darstellung.....	28
Abbildung 6-5: Der Antriebsstrangprüfstand	29
Abbildung 7-1: Schematische Darstellung der Absenkung während der Beschleunigung ...	31
Abbildung 7-2: Auswertung, Versuchsfahrzeug 1, 2-3 Hochschaltung.....	33
Abbildung 7-3: Detailauswertung, Versuchsfahrzeug 1, 2-3 Hochschaltung	34
Abbildung 7-4: Auswertung, Versuchsfahrzeug 1, 3-2 Rückschaltung	35
Abbildung 7-5: Detailauswertung, Versuchsfahrzeug 1, 3-2 Rückschaltung.....	36
Abbildung 7-6: Überblick, Versuchsfahrzeug 2, 2-3 und 3-2 Schaltungen.....	37
Abbildung 7-7: Überblick, Versuchsfahrzeug 2, 3-4 und 4-3 Schaltungen.....	38
Abbildung 7-8: Überblick, Versuchsfahrzeug 3, 3-4 und 4-3 Schaltungen.....	39
Abbildung 7-9: Detailauswertung, Versuchsfahrzeug 3, 3-4 Hochschaltung.....	40
Abbildung 7-10: Detailauswertung, Versuchsfahrzeug 3, 4-3 Rückschaltung.....	41
Abbildung 7-11: Überblick, Versuchsfahrzeug 4, 2-3 und 3-2 Schaltungen.....	42
Abbildung 7-12: Auswertung, Versuchsfahrzeug 4, 2-3 Hochschaltung	43
Abbildung 7-13: Detailauswertung, Versuchsfahrzeug 4, 2-3 Hochschaltung.....	44
Abbildung 7-14: Auswertung, Versuchsfahrzeug 4, 3-2 Rückschaltung	45
Abbildung 7-15: Detailauswertung, Versuchsfahrzeug 4, 3-2 Rückschaltung.....	46
Abbildung 7-16: Auswertung, Versuchsfahrzeug 4, Reproduzierbarkeit.....	47

1 EINFÜHRUNG

1.1 DAS UNTERNEHMEN AVL LIST GMBH

Gegründet wurde das Unternehmen im Jahr 1948 und ist das weltweit größte private Unternehmen für die Entwicklung von Antriebssystemen (Verbrennungsmotoren, Hybrid Systemen, elektrischen Antrieben) sowie Simulation und Prüftechnik für PKW, LKW und Schiffsmotoren.

Grundsätzlich existieren in der AVL drei verschiedene Unternehmensbereiche:

Im Bereich „*Entwicklung Antriebssysteme*“ entwickelt und verbessert die AVL alle Arten von Antriebssystemen als kompetenter Partner der Motoren- und Fahrzeugindustrie. Die für die Entwicklungsarbeiten notwendigen Simulationsmethoden werden ebenfalls von AVL entwickelt und vermarktet.

Die Produkte des Bereiches „*Motorenmesstechnik und Testsysteme*“ umfassen alle Geräte und Anlagen, die für das Testen von Motoren und Fahrzeugen erforderlich sind.

Der dritte Bereich „*Advanced Simulation Technologies*“ deckt mit Simulationssoftware zur Auslegung und Optimierung von Antriebssystemen alle Phasen des Entwicklungsprozesses ab.

Derzeit sind im Hauptquartier in Graz 2000 Mitarbeiter beschäftigt. Weitere 2500 arbeiten in den weltweit 45 AVL-Gesellschaften. Im Jahr 2008 konnte das Unternehmen einen Umsatz von 740 Millionen Euro erwirtschaften. [1]

1.2 AUSWAHL DER ANTRIEBSKONZEPTE

Grundsätzlich werden in der PKW-Konstruktion in Abbildung 1-1 dargestellte Antriebskonzepte verbaut:

Parameter	Ausprägungen (PKW)				
Lage des Motors	Fronteinbau – längs	Fronteinbau – quer	Heckeinbau – längs	Heckeinbau - quer	
Angetriebene Achse(n)	Vorderradantrieb	Hinterradantrieb	Allradantrieb		
Stellung von Motor zum Getriebe	Motor vor Getriebe	Motor hinter Getriebe	Motor über Getriebe	Motor neben Getriebe	
Stellung von Motor und Getriebe zum Achsantrieb	Motor, Getriebe und Achsantrieb als Block	Achsantrieb getrennt von Motor und Getriebe (Standardantrieb)	Motor getrennt von Getriebe und Achsantrieb		
Bauliche Kombination Getriebe / Achsantrieb	Achsantrieb in Getriebe integriert	Achsantrieb an Getriebe angeflanscht	Getriebe und Achsantrieb getrennt		
Achsantrieb	Stirnräder	Kegelräder-Spiralkegeltrieb	Kegelräder-Hypoidkegeltrieb	Schneckenräder	Zugmitteltrieb
Sperre für Differential	Ungesperrt	Selbstsperrend	Manuell sperrbar	Elektronisch sperrbar	
Ausgleichsgetriebe	Stirnräder	Kegelräder	Schraubenräder	Schneckenräder	
Getriebebauart	Einstufig	Zweistufig z.B. Vorgelege	Mehrstufig, z.B. Dreiwellegengetriebe		

Abbildung 1-1: Einteilung der Antriebskonzepte [2]

Die Getriebebauarten und -bauformen werden im Wesentlichen wie folgt unterschieden: [2]

- Handschaltgetriebe MT
- Automatisierte Schaltgetriebe AMT
- Stufen-Automatgetriebe
 - Doppelkupplungsgetriebe DCT
 - konventionelle Automatgetriebe AT (bestehend aus hydrodynamischem Wandler und nachgeschaltetem Planetengetriebe)
 - Automatgetriebe in Vorgelegebauweise
- Hybridantrieb
- Mechanische Stufenlosgetriebe CVT

In dieser Arbeit werden vier Fahrzeuge mit folgenden Konzepten betrachtet (Abbildung 1-2):

Versuchsfahrzeug	Motor	Getriebe	Antrieb	Fahrzeugklasse
1	Fronteinbau / quer	Doppelkupplungsgetriebe	Vorderradantrieb	Mittelklasse
2	Fronteinbau / längs	Automatikgetriebe	Hinterradantrieb	Oberklasse
3	Fronteinbau / quer	Automatikgetriebe	Vorderradantrieb	Mittelklasse
4	Fronteinbau / längs	Automatikgetriebe	Hinterradantrieb	Oberklasse

Abbildung 1-2: Die verwendeten Versuchsfahrzeuge

Die Fahrzeuge wurden so gewählt, dass in dieser Studie ein möglichst breites Spektrum an Antriebskonzepten abgebildet werden kann. Folgenden Dinge wurden dabei berücksichtigt.

Ob ein Fahrzeug Front- oder Heckantrieb besitzt, hat lediglich am Rollenprüfstand Einfluss. Wenn ein Fahrzeug beschleunigt, bewegt sich das Heck des Fahrzeuges durch die dynamische Achslastverlagerung nach unten. Dadurch verändert sich der Winkel der Kraftmessdose zum Fahrzeug und könnte so das Ergebnis verändern. Heckgetriebene Fahrzeuge betrifft dies in größerem Maße, da dieses Verhalten durch die Verspannung des Antriebsstranges verstärkt wird. Aus diesem Grund müssen diese Fahrzeuge in der Studie berücksichtigt werden.

Bei der Auswahl der Getriebearten wurden zwei Konzepte beachtet. Das Doppelkupplungsgetriebe wurde ausgewählt, da es derzeit das Getriebe mit den kürzesten Schaltzeiten ist. Das Automatikgetriebe hingegen besitzt eine spezielle Charakteristik. Der Wandler verursacht eine Erhöhung des Motormomentes, weshalb geklärt werden muss, ob dieses Verhalten bei Schaltungen reproduzierbar ist. Die verwendeten Getriebearten werden in den Kapiteln 1.2.1 und 1.2.2 näher beschrieben.

Um zu Überprüfen ob die Simulation der Fahrzeugträgheit bzw. der Fahrwiderstände auf den Prüfständen korrekt ist, wurden Fahrzeuge aus verschiedenen Klassen gewählt. Fahrzeuge der Mittelklasse sind grundsätzlich leichter und weisen meist einen anderen Luftwiderstandsbeiwert als die der Oberklasse auf.

1.2.1 DAS DOPPELKUPPLUNGSGETRIEBE (DCT)

Das Prinzip des Doppelkupplungsgetriebes beruht auf zwei autarken Teilgetrieben, die über je eine Kupplung mit dem Motor verbunden sind (siehe Abbildung 1-3). Das eine Teilgetriebe enthält die ungeraden Gänge (1, 3, 5, ...), das andere Teilgetriebe enthält die geraden Gänge (2, 4, 6, ...). Durch die Aufteilung der Gänge in Verbindung mit der Doppelkupplung sind DCT voll lastschaltbar. Die Doppelkupplung wird bei DCT aber nicht nur zum Schalten eingesetzt – sie dient gleichzeitig als Anfahrlement.

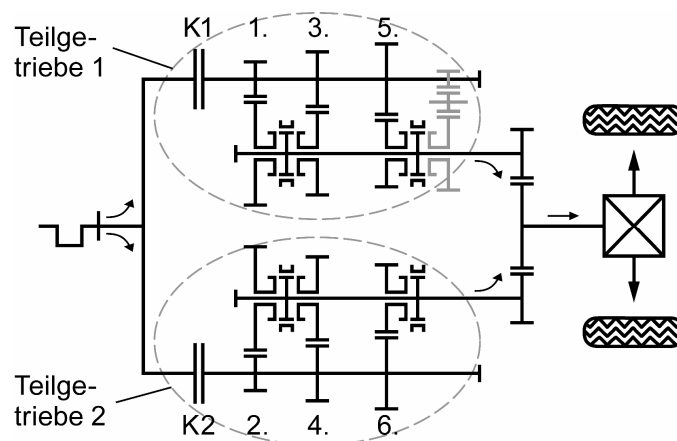


Abbildung 1-3: Prinzipieller Aufbau von Doppelkupplungsgetrieben. (VW DSG) [2]

Bei konstruktiven Ausführungen werden die beiden Teilgetriebe nicht wie in Abbildung 1-3 dargestellt nebeneinander angeordnet, sondern ineinander geschachtelt um Bauraum zu sparen. Eine der beiden Getriebeeingangswellen wird hierbei als Hohlwelle ausgeführt. Die prinzipielle Funktionsweise von Doppelkupplungsgetrieben wird im Folgenden an Hand der Hochschaltung von 2 nach 3 näher erläutert. Tritt im Fahrbetrieb eine Situation auf, die eine Hochschaltung vom aktuell eingelegten 2.Gang (*Teilgetriebe 2*) in den 3.Gang erfordert, wird im freien *Teilgetriebe 1* der 3.Gang eingelegt. Der Synchronisiervorgang des zugehörigen Losrads geschieht für den Fahrer nicht spürbar. Durch Überschneidung der schließenden Kupplungen *K1* zur öffnenden *K2* wird der Kraftfluss beim Gangwechsel nicht unterbrochen. Hat *K1* das Drehmoment übernommen, wird im jetzt freien *Teilgetriebe 2* der 2.Gang ausgelegt und es kann bei Bedarf ein anderer Gang vorgewählt werden. Der prinzipielle Ablauf unterscheidet sich bei Hoch- und Rückschaltungen nicht.

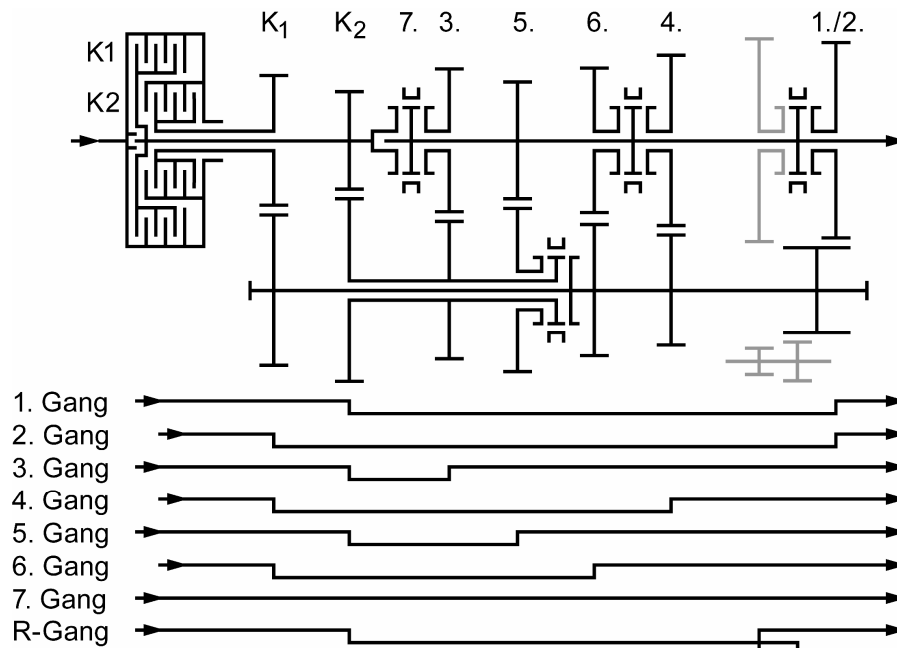


Abbildung 1-4: 7-Gang DCT (ZF) [2]

Abbildung 1-4 zeigt ein 7-Gang-DCT für einen Standardantrieb. Auf Grund der besseren Leistungsdaten wird zum Anfahren im Wesentlichen die äußere Kupplung *K1* eingesetzt. Grundsätzlich ist aber auch ein Anfahren mit der inneren Kupplung möglich. Durch den Einsatz einer kurzen Hohlwelle auf der Vorgelegewelle und die Mehrfachnutzung der hintersten Radebene im ersten und im zweiten Gang, konnte eine Radebene eingespart werden. Um vom 1.Gang in den 2.Gang zu wechseln muss lediglich die innere Kupplung *K2* geschlossen und die äußere Kupplung *K1* geöffnet werden. Bei diesem Gangwechsel ist also kein Einlegen eines Ganges nötig. Bei der Hauptkomponente, der Doppelkupplung, wird zwischen nasslaufenden und trockenlaufenden Systemen unterschieden. Nasslaufende Systeme benötigen wie konventionelle Automatikgetriebe eine hydraulische Versorgung zur Kupplungsbetätigung sowie zur Kühlung der Kupplungen. Ein Vorteil von DCT gegenüber AT ist, dass auch bei nasslaufender Doppelkupplung nur eine offene Kupplung Schleppverluste verursacht. Auf Grund der fehlenden Wandlerüberhöhung benötigen Doppelkupplungssysteme eine höhere Anfahrübersetzung. Hieraus folgt, dass die Getriebe eine höhere Gesamtspreizung benötigen. Dies kann zur Folge haben, dass ein zusätzlicher Gang benötigt wird, damit die Stufensprünge des Getriebes nicht zu groß werden. Größter Vor- und zugleich Nachteil eines DCT mit trockenlaufender Doppelkupplung ist das Fehlen des Öls im Bereich der Kupplung. Vorteil ist, dass sich für die offene Kupplung ein minimales Schleppmoment ergibt. Nachteilig ist, dass die bei Anfahrvorgängen und

Lastschaltungen auftretende Reibarbeit und damit Wärme nicht wie bei nasslaufenden Kupplungen über das Öl abgeführt werden kann. Als Grenze zwischen nass- und trockenlaufenden Kupplungen zeichnen sich ca. 300 Nm ab. Bei niedrigeren Motormomenten tendiert der Markt zu trockenlaufenden, bei darüber liegenden Momenten eher zu nasslaufenden Systemen. [2]

1.2.2 DER WANDLER-STUFENAUTOMAT (AT)

Abbildung 1-5 verdeutlicht den prinzipiellen Aufbau des Wandler-Stufenautomaten am Beispiel der in der Praxis häufig verbauten ZF 6HP-Baureihe. Dargestellt ist am linken Bildrand der so genannte hydrodynamische Drehmomentwandler, der auch nach seinen Erfindern als Trilok-Wandler (1928) bezeichnet wird. Die Pfeile am linken und rechten Bildrand verdeutlichen den Verlauf der vom Motor erzeugten Kennungen Drehmoment, Drehzahl und Leistung (als Produkt aus Moment und Drehzahl). Folglich ist der Verbrennungsmotor ganz links direkt vor dem Getriebeeingang positioniert. Die Motorkurbelwelle ist über das Schwungrad mit dem Gehäuse des Trilok-Wandlers fest verbunden, das wiederum mit dem so genannten Pumpenrad des Wandlers in fester Verbindung steht. Pumpenrad und Verbrennungsmotor drehen demnach immer gleich schnell. Das Turbinenrad des hochdynamischen Drehmomentwandlers ist fest mit der Getriebeeingangswelle verbunden. Die Getriebeeingangswelle ist das „erste“ Bauteil der folgenden, ineinander verschachtelten Planetenradsätze unterschiedlicher Ausführungsformen. Das definierte Festhalten bestimmter Bauteile der Planetenradsätze (Sonnenrad, Hohlräder und/oder Planetenträger) erfolgt durch so genannte Schaltelemente. Diese können Freiläufe, Bremsbänder oder nasse Lamellenkupplungen sein. Bei Lamellenkupplungen sind wechselweise Lamellen drehfest auf einem Innen- und Außenlamellenträger gelagert. Mithilfe des hydraulischen Drucks werden die Lamellen gegeneinander bewegt, sodass eine reibschlüssige Verbindung entsteht. Da die Kupplungen und Bremsen für die Übersetzungseinstellungen den größten Platzbedarf im Getriebeinneren belegen, müssen sie platzsparend installiert werden. Die Länge der Kupplungselemente ist also so kurz wie möglich zu halten. Der Übersetzungswechsel erfolgt bei den modernen Stufenautomaten durch eine Überschneidungsschaltung. Während eine Kupplung definiert öffnet, schließt zeitgleich eine zweite. Für den Fahrer ist dieser Vorgang kaum spürbar, sodass Automatikgetriebe gerade aufgrund ihres hohen Fahrkomforts beliebt sind. Das letzte Bauteil des Wandler-Stufenautomaten ist die

Getriebeausgangswelle (vgl. Abbildung 1-5 ganz rechts), die – je nach Anordnung von Motor, Getriebe und angetriebener Fahrzeugachse – zum Achsgetriebe führt und danach über die Seitenwellen zu den Rädern. [3]

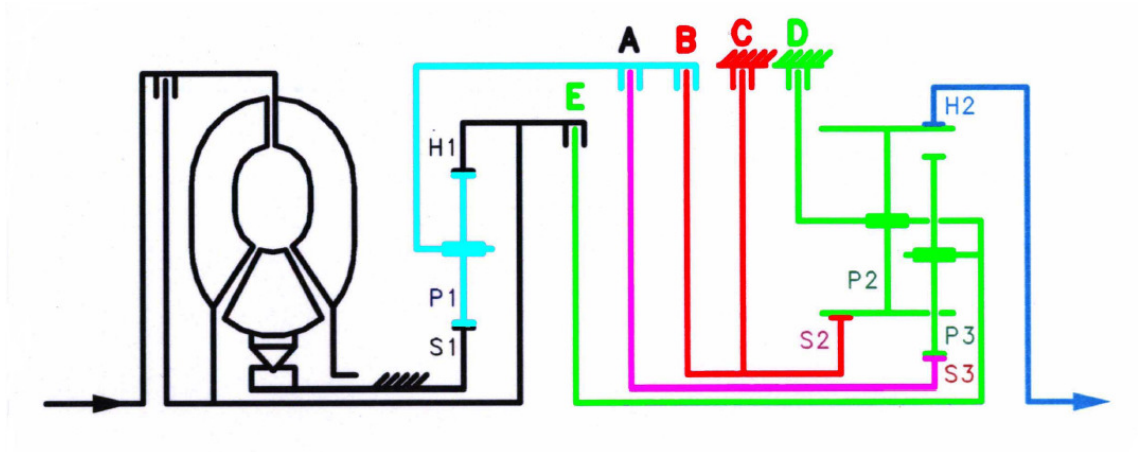


Abbildung 1-5: Prinzipieller Aufbau eines Wandler-Stufenautomaten. (ZF 6HP-Baureihe) [3]

1.3 DIE VERWENDETEN SYSTEME

1.3.1 *AVL-DRIVE*

Um die Fahrbarkeit eines Fahrzeuges zu verbessern und die Kalibrationsarbeit, die einen hohen Standard an Fahrbarkeit gewährleistet soll, zu verkürzen, entwickelte die AVL ein System, mit dem eine objektive Beurteilung der wichtigsten Fahrbarkeitskriterien von Personenkraftwagen ermöglicht wird. In den letzten 8 Jahren wurde das System kontinuierlich weiterentwickelt. Dabei wurden über 100 verschiedene Fahrzeugtypen mit manuellen Getrieben (MT), Automatik Getrieben (AT), automatisierten Getrieben (AMT) und kontinuierlich variablen Getrieben (CVT) verwendet.

AVL-DRIVE ist ein System, das in Echtzeit zirka 350 einzelne Kriterien die die Fahrbarkeit beschreiben aufzeichnet und bewertet. Dazu werden diverse Fahrzeug-, Motor- und Getriebedaten über Sensoren oder Schnittstellen (z.B.: Bussysteme) aufgezeichnet. Beschleunigungssensoren werden an der Karosse und an der Nackenstütze des Fahrers angebracht um die Längsbeschleunigung zu messen. Alle Daten werden über ein ETAS System (siehe Kapitel 1.2.3) gesammelt und durch die dazugehörige Software aufgezeichnet um sie später analysieren zu können. Die Software besteht aus der Fahrzustandserkennung und einer Einheit, welche die Fahrbarkeit errechnet.

Die Fahrbarkeit wird mit einem Notensystem von 1 bis 10 bewertet. Die Note 1 bedeutet „unfahrbar“ und die Note 10, dass die Fahrbarkeit über den Erwartungen des Herstellers liegt. Wobei das typische Limit für eine gute Fahrbarkeit bei 7 liegt. Noten zwischen 7 und 8 bedeuten, dass die Kalibrierung serienreif ist.

1.3.2 *AVL-CAMEO TRANSMISSION*

Grundsätzlich wurde AVL-CAMEO konzipiert um die Entwicklung am Motorprüfstand durch die automatische Kalibrierung von motorrelevanten Daten wie Einspritzzeitpunkt, Einspritzmenge, usw. zu verkürzen. Dieses Prinzip wurde weiterentwickelt um auch die am Getriebesektor immer größer werdende Anzahl an Parametern, die einen Einfluss auf die Fahrbarkeit haben, bewältigen zu können. Es ermöglicht die Erstellung eines Testlaufes für jede gewünschte Schaltung in dem alle relevanten Parameter automatisch variiert werden. AVL-CAMEO Transmission steuert einerseits AVL-DRICON (siehe Kapitel 1.2.4) um die verschiedenen Fahrzustände zu erreichen, andererseits verarbeitet es die Bewertung des

jeweiligen Fahrzustandes von AVL-DRIVE (siehe Kapitel 1.2.1). Anhand dieser Bewertung ist AVL-CAMEO Transmission in der Lage das Optimum für jeden variierten Parameter zu ermitteln. Zudem können die so optimierten Kennwerte, Kennlinien und Kennfelder direkt über ETAS-INCA (siehe Kapitel 1.2.3) in das Getriebesteuergerät eingespielt werden.

1.3.3 ETAS - INCA

Die Firma ETAS stellt mit dem Produkt INCA eine Software zur Verfügung, welche zur Validierung, Kalibration und Diagnose von elektronischen Systemen im Fahrzeug eingesetzt wird. INCA unterstützt die Online- und Offline-Kalibrierung von Kennwerten, Kennlinien und Kennfeldern im Getriebe- oder Motorsteuergerät. Parallel können Messdaten aus dem Steuergerät sowie von Sensoren (z.B.: Beschleunigungssensoren) und Bussystemen im Fahrzeug erfasst werden. [4]

Mittels dieser Software werden zum einen die vorher festgelegten Parameter von AVL-CAMEO Transmission Online verstellt. Zum anderen werden Daten, wie zum Beispiel Motor- und Getriebedrehzahl oder Kupplungsdrücke, vom Fahrzeug ausgelesen.

1.3.4 AVL - DRICON

AVL-DRICON ist die Schnittstelle die alle Antriebsstrang bezogenen Aktuatoren, wie zum Beispiel Fahrpedal oder Gangwahlhebel, simuliert. Darüber hinaus stellt es auch die Schnittstelle zu Antriebsstrang- und Rollenprüfstand dar. Es besteht aus einem Echtzeitrechner, der in einem Gehäuse eingebaut ist. Es wird über einen portablen Touchscreen bedient und kann durch die kleine Bauweise direkt im Fußraum des Beifahrers untergebracht werden.

Diese Eigenschaften ermöglichen den Einsatz des Systems auf der Teststrecke. So kann ein Testlauf, der in AVL-CAMEO Transmission definiert wurde, auf der Straße reproduziert werden. Über den Touchscreen kann das System in Bereitschaft versetzt werden. Aktiviert wird es, sobald der Fahrer das Fahrpedal zu 100% betätigt. In diesem Zustand wird die vorher definierte Schaltung abgearbeitet.

2 STAND DER TECHNIK

2.1 SEQUENZIELLE KALIBRIERUNG AUF DER STRAÙE

Bei einer typischen Kalibrierung der Schaltparameter auf der Straße kommt eine sequenzielle (schrittweise) Vorgehensweise zur Anwendung.

Schritt 1: Parameter verändern

Schritt 2: Messung der Schaltung

Schritt 3: Analyse der Schaltung

Schritt 4: Parameter verändern

Im Folgenden wird die Vorgehensweise anhand einer einfachen Hochschaltung genauer beschrieben. Dabei wird die Schaltung in drei Phasen unterteilt und die einzelnen Schaltparameter erklärt (Abbildung 2-1).

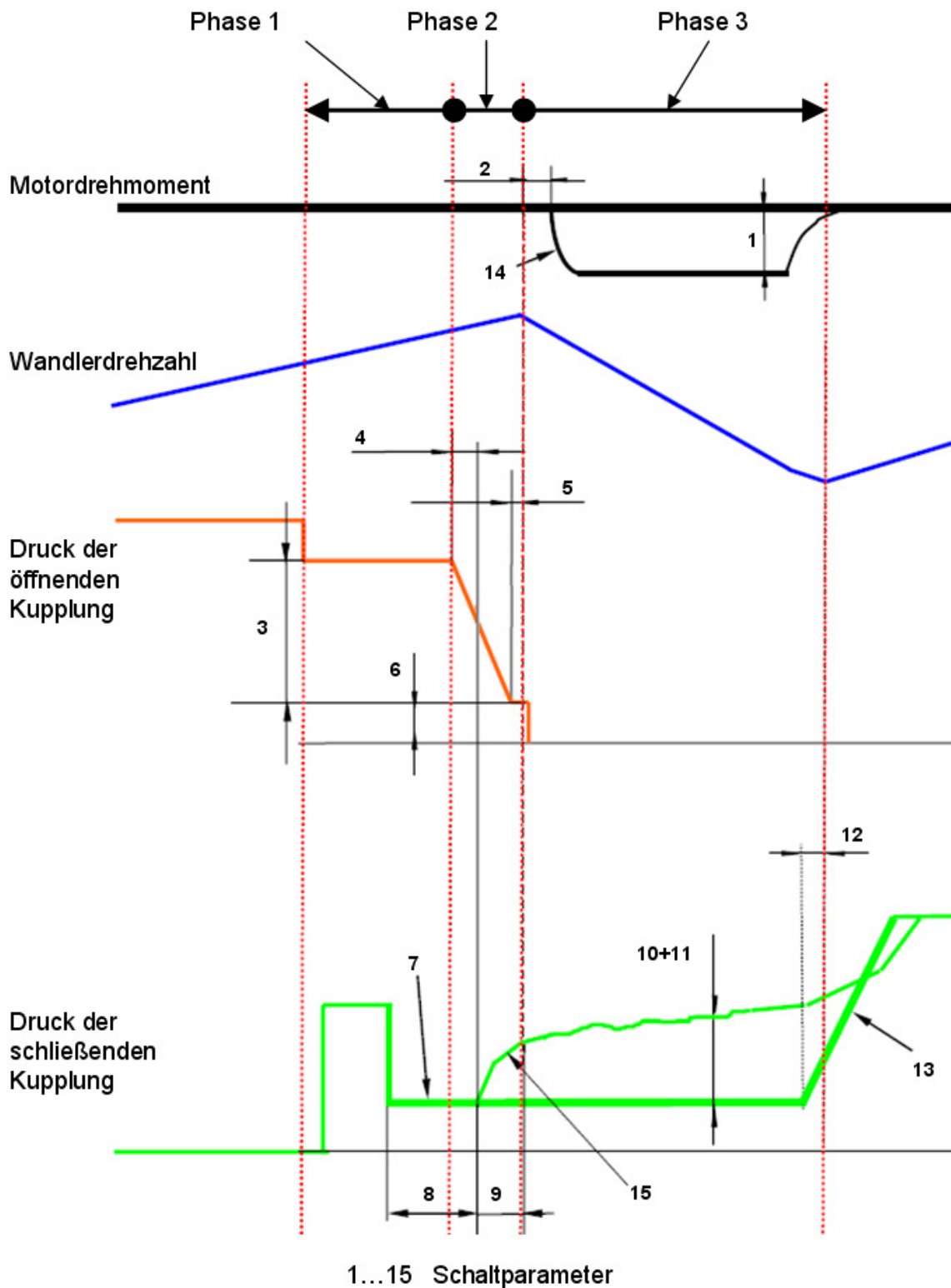


Abbildung 2-1: Die einzelnen Schaltphasen einer Hochschaltung

Bezeichnung der Schaltphasen:

- Phase 1 → Vorbereitung – Der Druck der öffnenden Kupplung wird auf das so genannte Haftmoment gebracht an der die Kupplung noch keinen Schlupf hat und die schließende Kupplung wird bereits befüllt.
- Phase 2 → Überblendung – Das Drehmoment wird von der öffnenden auf die schließende Kupplung übertragen.
- Phase 3 → Drehzahlgleich – Die Motordrehzahl wird mit der Getriebedrehzahl synchronisiert.

Beschreibung der Schaltparameter:

- 1 → Reduktion des Motordrehmoment [Nm]; $f(\text{Wandlerdrehzahl, Wandlerdrehmoment})$
- 2 → Zeitlicher Beginn der Reduktion des Motordrehmoment [ms]; $f(\text{Wandlerdrehzahl})$
- 3 → Hydraulischer Haftdruck für die öffnende Kupplung [bar]; $f(\text{Wandlerdrehmoment, Getriebetemperatur})$
- 4 → Rampe der öffnenden Kupplung relativ zur Rampe der schließenden Kupplung [ms]; $f(\text{Wandlerdrehmoment, Getriebetemperatur})$
- 5 → Endzeit der öffnenden Kupplungsrampe relativ zur Endzeit der schließenden Kupplungsrampe [ms]; $f(\text{Wandlerdrehmoment, Getriebetemperatur})$
- 6 → Hydraulischer Zieldruck für die Rampe der öffnenden Kupplung [bar]; $f(\text{Wandlerdrehmoment, Wandlerdrehzahl})$
- 7 → Hydraulischer Fülldruck der schließenden Kupplung [bar]; $f(\text{Wandlerdrehmoment, Wandlerdrehzahl})$
- 8 → Endzeit für die Füllung der schließenden Kupplung [ms]; $f(\text{Getriebetemperatur})$
- 9 → Rampenzeit der schließenden Kupplung [ms]; $f(\text{Wandlerdrehmoment, Wandlerdrehzahl})$
- 10 → Druck in der schließenden Kupplung während des Schaltvorganges [bar]; $f(\text{Wandlerdrehmoment, Wandlerdrehzahl})$
- 11 → Druckdifferenz zwischen Schaltparameter 8 und 10 [bar]; $f(\text{Wandlerdrehmoment})$

-
- 12→ Startzeit der Synchronisierungsrampe [ms]; $f(\text{Wandlerdrehmoment})$
 - 13→ Gradient der Synchronisierungsrampe [bar/s]; $f(\text{Wandlerdrehmoment})$
 - 14→ Kennfeld für die Reduktion des Motormomentes [-]
 - 15→ Kennfeld für den Druckverlauf der schließende Kupplung [-]

2.2 VORGEHENSWEISE

Phase 1 – Vorbereitung: Zunächst muss der Haftdruck (Schaltparameter 3) der öffnenden Kupplung ermittelt werden. Dies geschieht durch absenken des Druckes bis die öffnende Kupplung schlupft und damit eine Erhöhung der Motordrehzahl messbar wird. Danach wird der Fülldruck der schließenden Kupplung ermittelt (Schaltparameter 7 und 8). Durch das Vorbefüllen der schließenden Kupplung wird die Schaltzeit verkürzt, allerdings kann bei zu hohem Fülldruck eine hohe Wärmeentwicklung entstehen, da die Kupplung nahezu geschlossen ist.

Phase 2 – Überblendung: Die Schaltparameter 9 und 15 müssen so lange variiert werden bis die Überblendphase in einer akzeptablen Zeit abgeschlossen ist und die Schaltung dabei noch genügend Komfort aufweist. Eine zu lange Überblendphase hat sehr großen Einfluss auf die Getriebetemperatur und somit auf die Haltbarkeit der Kupplungen. Um zu verhindern, dass in dieser Phase die Motordrehzahl nach oben oder nach unten driftet müssen die Schaltparameter 4, 5 und 6 variiert werden. Dabei ist zu beachten, dass der Kupplungsdruck der öffnenden Kupplung am Ende der Phase null sein muss, da es sonst zu einer ungewollten Beeinflussung der 3. Phase kommen kann.

Phase 3 – Drehzahlangleich: Um die Schaltung mit dem gewünschten Komfort und in der gewünschten Zeit abzuschließen müssen die Schaltparameter 1, 2, 10, 11 und 14 variiert werden. Hier ist zu beachten, dass die gewünschte Reduktion des Motormomentes eine Verzögerung, hervorgerufen durch die Trägheit des Motors, aufweist. Daher sollte diese Verzögerung vorab gemessen werden. Schaltparameter 12 und 13 dienen dazu, die Schaltung, wenn sie durch diverse Umstände, wie zum Beispiel Verschleiß der Kupplungen zu lange dauert, endgültig abzuschließen. Durch diese Parameter wird eine Überhitzung des Getriebes und übermäßiger Verschleiß verhindert.

Wenn eine der Phasen nicht mit dem gewünschten Ergebnis abgeschlossen werden kann, dann ist es erforderlich wieder in die vorherige Phase zurückzukehren und diese zu überprüfen und gegebenenfalls zu ändern.

Üblicherweise erfordert diese Vorgehensweise eine große Anzahl an Schleifen und Wiederholungen, dessen großer zeitlicher Aufwand sich in den Kosten widerspiegelt. Um den zeitlichen Rahmen in Grenzen zu halten, wird pro Schaltung ein Entwicklungsingenieur abgestellt. Dies bedeutet, dass mehrere Entwicklungsfahrzeuge nötig sind, was wiederum die Kosten erhöht.

3 AUTOMATISCHE KALIBRIERUNG AM PRÜFSTAND

3.1 DERZEITIGE VERWENDUNG DER PRÜFSTÄNDE

Rollenprüfstände werden grundsätzlich für die gesetzlich vorgeschriebenen Abgasanalysetests verwendet und um damit die Zertifizierung für die jeweilige Abgasnorm durchzuführen. Sie können die Massenträgheit und die Fahrwiderstände (A0, B0 und C0; siehe Kapitel 6.3) eines Fahrzeuges während eines Abgaszyklus, wie zum Beispiel der „New European Driving Cycle“ (NEDC), simulieren. Des Weiteren kann das Verhalten eines Fahrzeuges bei Höhenlage (verschiedene Luftdrücke) oder extremen Temperaturen (zum Beispiel Kaltstarttests) erprobt werden. Auf Rollenprüfständen kann außerdem ein Fahrzeugleiben in geraffter Weise dargestellt werden. Erreicht wird dies durch gezieltes Anfahren von kritischen Betriebszuständen und durch die Nutzung des Prüfstandes über Nacht und am Wochenende.

Der Antriebsstrangprüfstand kann ebenso 24 Stunden am Tag und 7 Tage die Woche genutzt werden. Dadurch eignet er sich besonders für Dauerlauftests des gesamten Antriebsstranges. Durch den Einsatz der speziell entwickelten Wechselstrommotoren können alle Antriebsstrangkonzepete (Front-, Allrad- und Heckantrieb) getestet werden. Dabei können, durch die Flexibilität der Wechselstrommotoren, einzelne Komponenten separat entwickelt und geprüft werden. Außerdem kann ein Antriebsstrang akustisch analysiert werden.

3.2 DIE NOTWENDIGKEIT DER AUTOMATISIERTEN GETRIEBEKALIBRIERUNG

Ähnlich wie in der Motorkalibrierung wächst auch in der Getriebekalibrierung stetig die Anzahl der Parameter. Damit wird es immer schwieriger die mögliche und notwendige Kalibrierarbeit, im vom Hersteller vorgegebenen Zeitrahmen, abzuschließen. Zudem werden die dafür verfügbaren Prototypenfahrzeuge aus Kostengründen immer weiter reduziert. Diese Tatsachen zwangen die AVL List GmbH an einer Lösung zu arbeiten. Daher wurde ACTTM (Automated Calibration of Transmission) entwickelt.

Der Anteil der Kalibrierarbeit für Hoch- und Rückschaltungen, bei einer gesamten Getriebekalibrierung, beträgt etwa 30%. Durch die Automatisierung kann dieser Anteil um 75% verringert werden. Dies wiederum bedeutet eine Reduzierung der gesamten Arbeit um 23%. (siehe Abbildung 3-1) Durch die Automatisierung wird aber nicht nur die Kalibrierarbeit verringert, sondern der Einsatz von Prototypenfahrzeugen sinkt ebenfalls.

Da die Möglichkeit besteht verschiedene Fahrzeugvarianten zu simulieren (Kombi, Coupe, usw.) kann diese Arbeit ins Büro verlegt werden. Sind die Daten eines Fahrzeuges einmal ermittelt kann durch verschiedene Optimierungen in AVL-CAMEO Transmission der Schaltkomfort oder die Sportlichkeit der Schaltung jederzeit verändert werden. Es sind also keine weiteren Messungen am Prüfstand nötig und somit wird der Einsatz von Prototypen um rund 30% verringert.

Das Einsparungspotenzial kann am Antriebsstrangprüfstand gesteigert werden, da es nicht erforderlich ist komplette Prototypen einzusetzen. Es besteht die Möglichkeit lediglich den Antriebsstrang aufzubauen. Dies verringert die Kosten nochmals erheblich.

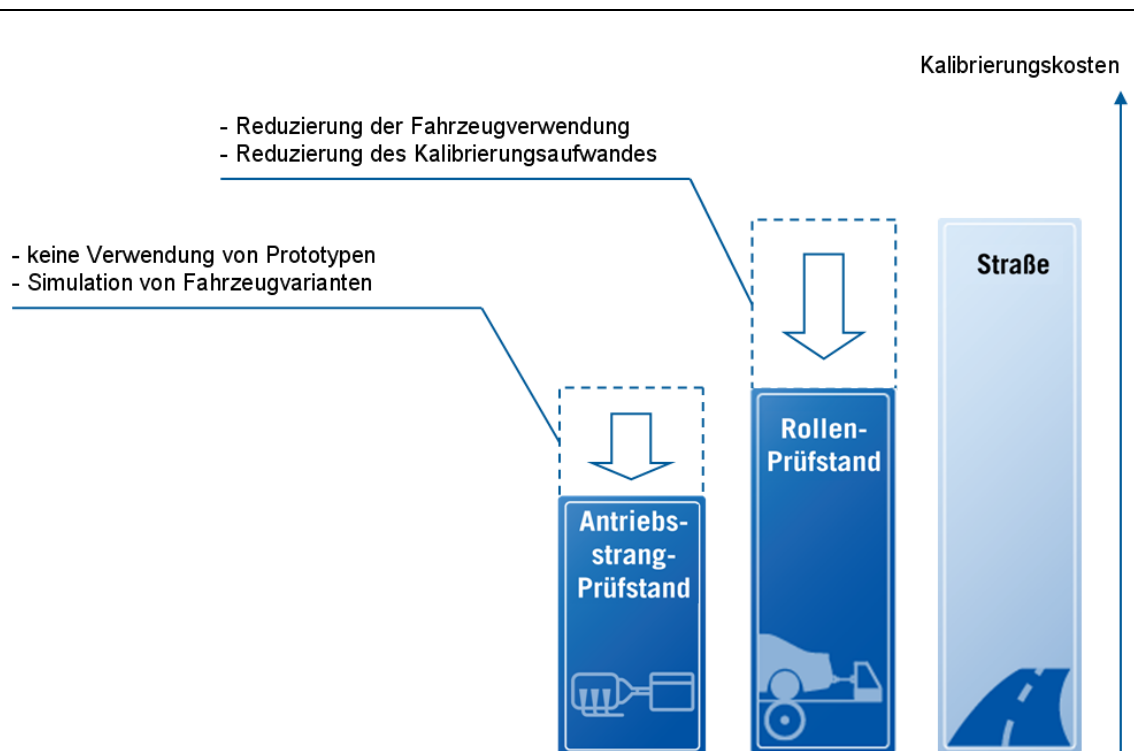


Abbildung 3-1: Schematische Darstellung des Einsparungspotentials mit ACT™

3.3 VORGEHENSWEISE

Um ein Getriebe am Rollen- oder Antriebsstrangprüfstand zu kalibrieren werden in AVL-CAMEO Transmission zuerst alle technischen Daten über Fahrzeug, Motor und Getriebe eingegeben. Die Anwendung stellt dann einen Assistenten für die Erstellung der Testläufe zur Verfügung. Darin wird die zu optimierende Schaltung definiert und die dazugehörigen Grenzwerte für Motordrehzahl, Motormoment und Pedalstellung werden festgelegt. Im Falle eines Automatikgetriebes müssen wegen der Wandlerüberhöhung die Maximal- und Minimalwerte für die Wandlerdrehzahl und das Wandlermoment festgelegt werden.

Anschließend werden sämtliche Schaltparameter, die das Programm variieren soll definiert. Dabei wird der maximale und minimale Bereich für jeden Schaltparameter angegeben. Dies sind die absoluten Limits, die keinesfalls über- oder unterschritten werden dürfen. Da aber alle Schaltparameter gleichzeitig verstellt werden ist noch nicht gewährleistet, dass Motor, Getriebe oder Antriebswellen vor Fehlfunktionen oder Überlastung geschützt sind. Dazu werden nun die Basiskennwerte, -kennlinien und -kennfelder erstellt. Anhand dieser Basiswerte muss nun der Entwicklungsingenieur die maximalen und minimalen Werte so festlegen, dass selbst im Extremfall ein reibungsloser Betrieb sichergestellt ist. Zusätzlich

wird definiert in wie vielen Schritten die Anwendung den einzelnen Parameter variieren kann. Je größer die Anzahl der Schritte, umso genauer kann später das mathematische Modell erstellt werden. Abschließend wird die Gesamtzahl der Betriebspunkte für die jeweilige Schaltung und die Anzahl der Wiederholpunkte festgelegt. Hier gilt ebenfalls: je mehr Betriebs- und Wiederholpunkte, desto genauer das mathematische Modell. Wobei Betriebspunkte jene Schaltungen sind, bei denen die Schaltparameter variiert werden. Wiederholpunkte sind Schaltungen die mit den Basiskennwerten, -kennlinien und -kennfeldern betrieben werden. Durch eine gute Reproduzierbarkeit der Wiederholpunkte wird gewährleistet, dass das mathematische Modell aussagekräftig ist. Anhand dieser Werte ermittelt AVL-CAMEO Transmission einen fahrbaren Bereich für die gewählte Schaltung und definiert die ideale Abfolge der Schaltungen. Derzeit sind nur einfache Hoch- und Rückschaltungen technisch realisiert.

Einer der Vorteile der automatisierten Getriebekalibrierung ist, dass jetzt weitere einfache Hoch- und Rückschaltungen definiert werden können, die dann in einem gesamten Abfahrplan am Prüfstand, auch unbemannt über Nacht und am Wochenende, abgearbeitet werden können. Um für eine Schaltart ein vollständiges mathematisches Modell zu erstellen sind im Durchschnitt 5000 Schaltungen nötig.

Bei der automatisierten Abarbeitung der Schaltungen am Prüfstand ermittelt AVL-DRIVE die Qualität der einzelnen Schaltungen und sendet die Bewertung an AVL-CAMEO Transmission.

Anhand der so gewonnen Daten kann nun im Büro, ohne Notwendigkeit eines Prüfstandes, eine Optimierung aller Schaltparameter in AVL-CAMEO Transmission vorgenommen werden. Dabei können verschiedene Kriterien für die Optimierung angegeben werden. Zum Beispiel kann ein Getriebe so kalibriert werden, dass der Schaltkomfort eine gewisse Mindestnote in AVL-DRIVE nicht unterschreitet und dabei die Schaltdauer und die Schaltverzögerung möglichst kurz bleiben. Dabei können mehrere Datenstände erstellt werden. Beispielsweise kann durch verändern der Kriterien ein Datenstand für den Sportmodus eines Getriebes erstellt werden. Die so erstellten neuen Kennwerte, Kennlinien und Kennfelder können direkt in AVL-CAMEO Transmission erstellt und über die ETAS-INCA Software in das Getriebesteuergerät eingespielt werden. Abschließend muss die erstellte Kalibrierung auf der Straße getestet werden.

Es entfallen die zeit- und kostenintensiven Schleifen der sequenziellen Kalibrierung. Ein weiterer Vorteil der automatisierten Getriebekalibrierung ist die Möglichkeit die Basisdaten des Fahrzeuges so zu verändern, dass eine neue Fahrzeugvariante dabei entsteht. Zum Beispiel kann so eine Kombi- oder Coupevariante nur durch ändern des Fahrwiderstandes und des Fahrzeuggewichtes mit den gewonnenen Daten parallel kalibriert werden.

4 DEFINITION DER AUFGABENSTELLUNG

Ausschlaggebend für das Empfinden eines Fahrers, ob eine Schaltung gut oder schlecht ist, sind im Wesentlichen die Längsbeschleunigung, das Verhalten der Motordrehzahl und die Schaltdauer. In der Längsbeschleunigung werden Kriterien wie zum Beispiel die Zugkraftreduktion, Schläge oder Schwingungen erfasst. Die Motordrehzahl wird vom Fahrer akustisch wahrgenommen und darf bei einer Schaltung nicht nach oben oder unten driften, da dies ebenfalls als unangenehm empfunden wird. Eine zu lange Schaltung lässt ein Fahrzeug als träge erscheinen und beeinflusst somit auch die Fahrbarkeit.

Mit dieser Untersuchung soll bewiesen werden, dass alle relevanten Kriterien, die die Qualität eines Getriebes ausmachen auf einem Rollen- oder Antriebsstrangprüfstand reproduzierbar sind.

Dazu wird zuerst eine kompakte Messprozedur definiert, die für alle Umgebungen geeignet ist und sämtliche Einflüsse auf eine Schaltung ausschließt. Diese Prozedur wird mit einem Fahrzeug in allen drei Umgebungen (Straße, Rollen- und Antriebsstrangprüfstand) untersucht. Drei weitere Fahrzeuge werden für die Korrelation zwischen Straße und Rollenprüfstand verwendet, wobei hier verschiedene Rollenprüfstände zum Einsatz kommen. Für zwei Versuchsfahrzeuge werden die Prüfstände beim Kunden vor Ort genutzt und zwei weitere werden auf den AVL-Prüfständen betrieben. Zusätzlich soll bewiesen werden, dass die Ergebnisse reproduzierbar sind.

5 DEFINITION DER MESSPROZEDUR

Mit Hilfe von AVL-CAMEO Transmission wird ein Testlauf erstellt. Dieser enthält Hochschaltungen vom 2. in den 3. Gang und Rückschaltungen vom 3. in den 2. Gang. Beide Schalttypen enthalten Schaltungen unter Last und Schaltungen die im Schubbetrieb durchgeführt werden. In der Abbildung 5-1 ist der nicht fahrbare Bereich, der von AVL-CAMEO Transmission ermittelt wurde, durch rote Punkte gekennzeichnet und der fahrbare Bereich durch grüne Punkte. Der Bereich in dem die Schaltungen tatsächlich passieren liegt innerhalb der schwarzen Linien. Einerseits muss der Bereich aus Zeitgründen kleiner als der fahrbare Bereich definiert werden. Andererseits ist so gewährleistet, dass Abweichungen durch Verschleiß in dieser Untersuchung keine Rolle spielen.

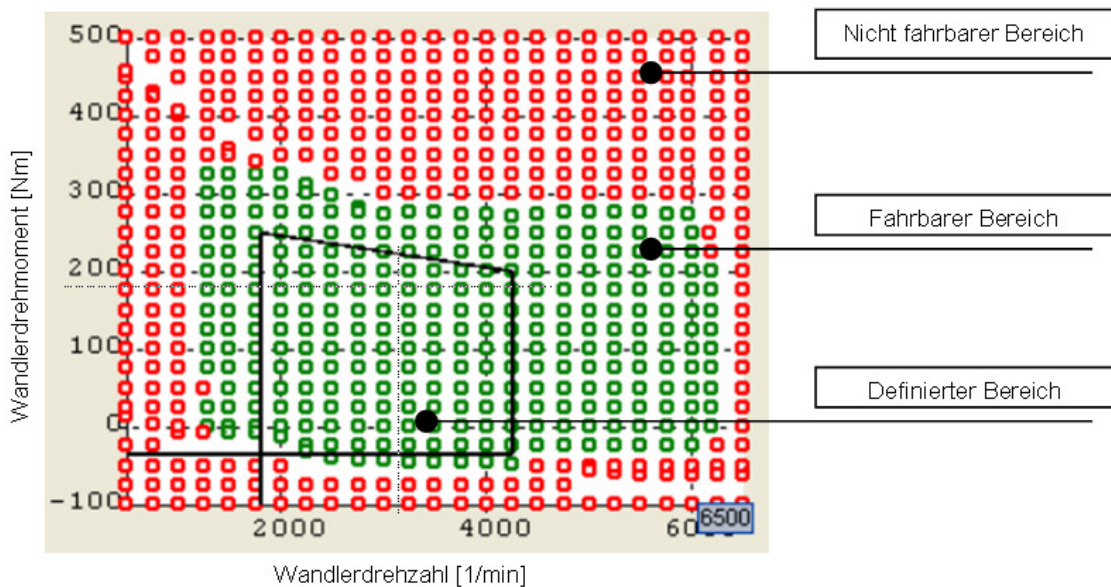


Abbildung 5-1: Definierter Bereich in AVL CAMEO Transmission

Die grünen Punkte innerhalb der schwarzen Linien stellen gleichzeitig, durch Festlegen der Schrittweite von Wandlerdrehmoment und Wandlerdrehzahl, die einzelnen Betriebspunkte dar. Aus diesen Betriebspunkten werden die Wiederholpunkte bestimmt.

Eine Verstellung der Schaltparameter durch AVL-CAMEO Transmission ist auf der Straße nicht möglich, da die Anwendung speziell für den Prüfstand konzipiert wurde. Die Kommunikation zwischen dem System AVL-DRICON, das den Prüfstand steuert, und der Software AVL-CAMEO Transmission erfolgt nur in eine Richtung. Wenn der Fahrer den

Testlauf unterbricht hätte dies keine Auswirkung auf AVL-CAMEO Transmission. Somit wird das Fortsetzen des Testlaufes unmöglich. Die AVL-Teststrecke lässt aus Platzgründen nur eine Schaltung ohne Unterbrechung zu. Im definierten Bereich befinden sich für Hoch- und Rückschaltung rund 200 Betriebspunkte. Mit Variation würde dies rund 3000 Betriebspunkte bedeuten, die gefahren werden müssten. Daher werden, um die Korrelation zwischen Straße, Rollen- und Antriebsstrangprüfstand herstellen zu können, lediglich die Wiederholpunkte herangezogen.

In den Abbildungen 5-2, 5-3, 5-4 und 5-5 sind die ausgewählten Wiederholpunkte dargestellt, die für die Korrelation herangezogen werden. Die gewählten Hochschaltungen werden als Schaltung vom 2. in den 3. Gang ausgeführt. Die Rückschaltungen werden als Schaltung vom 3. in den 2. Gang ausgeführt. Durch diese Kombination ist es möglich einen kompakten Testlauf zu erstellen, der in sehr kurzer Zeit auf den Prüfständen abgefahren werden kann.

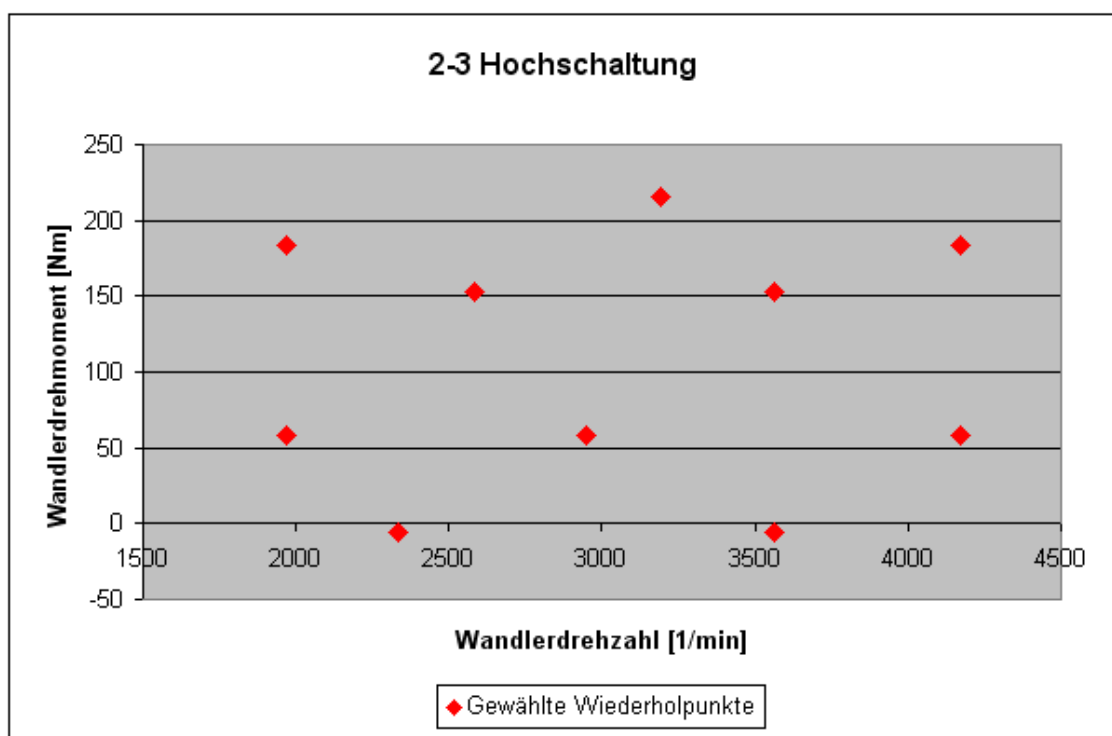


Abbildung 5-2: Messprozedur, 2-3 Hochschaltung, Graph

2-3 Hochschaltung

Wiederholpunkt	Wandlerdrehzahl	Wandlerdrehmoment	Geschwindigkeit	Pedalposition	Beschleunigung
[-]	[1/min]	[Nm]	[km/h]	[%]	[m/s ²]
1	1969,40	57,90	29,00	24,60	0,67
2	1969,40	184,21	29,00	45,80	2,36
3	2336,70	-5,26	34,40	9,70	-0,18
4	2581,60	152,63	38,10	42,50	1,93
5	2949,00	57,90	43,50	28,10	0,65
6	3193,90	215,79	47,10	57,30	2,76
7	3561,20	-5,26	52,50	14,20	-0,21
8	3561,20	152,63	52,50	42,70	1,91
9	4173,50	57,90	61,60	30,50	0,62
10	4173,50	184,21	61,60	48,30	2,32

Abbildung 5-3: Messprozedur, 2-3 Hochschaltung, Wiederholpunkte

Die Wiederholpunkte wurden so gewählt, dass zwei Schaltungen (Wiederholpunkt 3 und 7) mit negativer Beschleunigung, also im Schubbetrieb, ausgeführt werden. Die Wiederholpunkte 1, 5 und 9 haben eine Beschleunigung zwischen 0 und 0,8m/s². Die restlich fünf Wiederholpunkte werden mit einer Beschleunigung ausgeführt, die größer als 0,8m/s² ist. Bei dieser Beschleunigung ist der Auslöser für den Schaltbefehl an das Getriebe die Geschwindigkeit.

Bei einer Beschleunigung unter 0,8m/s² ist es nicht möglich die Geschwindigkeit als Auslöser für den Schaltbefehl zu verwenden, da bei so kleinen Beschleunigungen bereits Messrauschen die Schaltung ungewollt auslösen kann. Deshalb wird in diesem Fall die Wandlerdrehzahl als Auslöser verwendet. Dazu muss zuerst, auf Grund der erwarteten Beschleunigung, eine Wandlerdrehzahl berechnet werden die 0,5s vor der gewünschten Schaltdrehzahl liegt. Diese Drehzahl plus 0,5s dient nun als Auslöser für den Schaltbefehl.

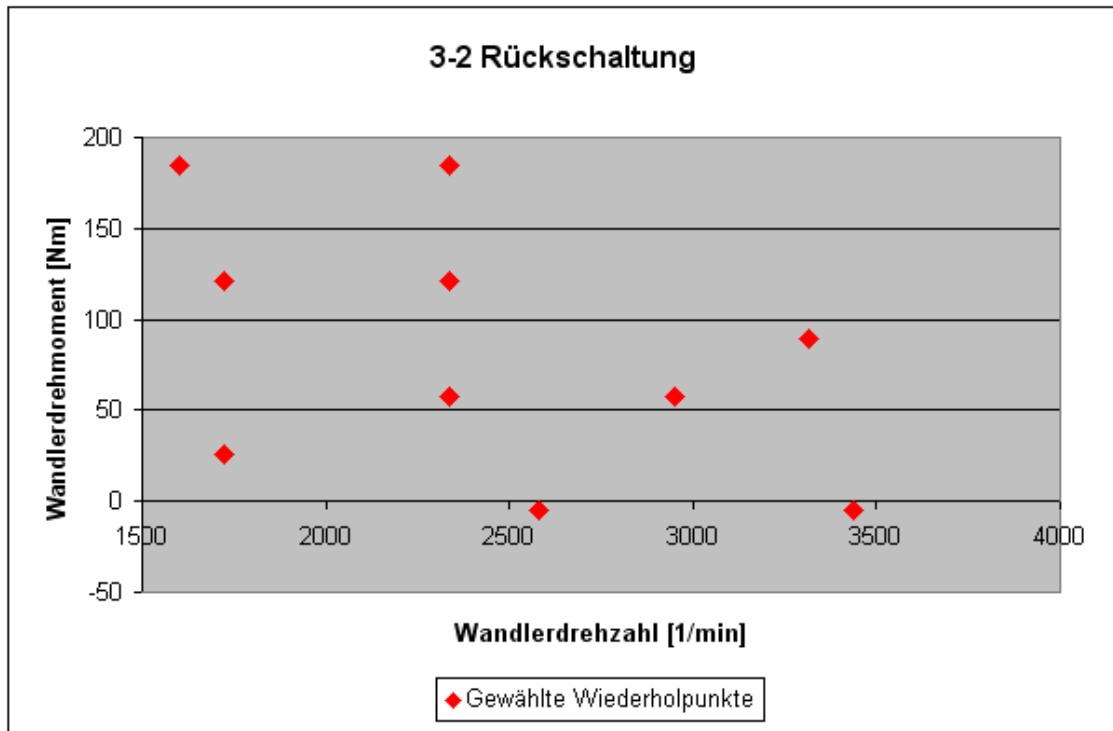


Abbildung 5-4: Messprozedur, 3-2 Rückschaltung, Graph

Wiederholpunkt	Wandlerdrehzahl	Wandlerdrehmoment	Geschwindigkeit	Pedalposition	Beschleunigung
[-]	[1/min]	[Nm]	[km/h]	[%]	[m/s ²]
1	1602,00	184,21	36,30	43,50	1,61
2	1724,50	26,32	39,10	17,30	0,13
3	1724,50	121,05	39,10	34,10	1,01
4	2336,70	57,90	53,00	26,20	0,40
5	2336,70	121,05	53,00	37,10	0,99
6	2336,70	184,21	53,00	48,40	1,58
7	2581,60	-5,26	58,60	11,20	-0,20
8	2949,00	57,90	66,90	28,10	0,37
9	3316,30	89,47	75,30	33,10	0,65
10	3438,80	-5,26	78,00	14,00	-0,25

Abbildung 5-5: Messprozedur, 3-2 Rückschaltung, Wiederholpunkte

Bei den Rückschaltungen wurden ebenfalls Beschleunigungen aus dem negativen Bereich, also Rückschaltungen im Schubbetrieb, bis hin zu Beschleunigungen über 0,8m/s² berücksichtigt.

Um zu vermeiden, dass direkt nach der Rückschaltung eine Drehzahl erreicht wird in der das Getriebe eine Zwangshochschaltung durchführt, wurde das Drehzahlband bei den Rückschaltungen bewusst kleiner gewählt.

Alle definierten Schaltungen (10 Hochschaltungen und 10 Rückschaltungen) werden auf allen Testumgebungen (Straße, Rollen- und Antriebsstrangprüfstand) 5-mal wiederholt um die Reproduzierbarkeit zu gewährleisten.

Dieser Testlauf wird in den Grundzügen bei allen Fahrzeugen und bei allen Testumgebungen beibehalten. Lediglich bei Untersuchungen, die auf einem Kundenprüfstand durchgeführt wurden, wurde auf die speziellen Anforderungen des Kunden Rücksicht genommen.

6 SYSTEMAUFBAU

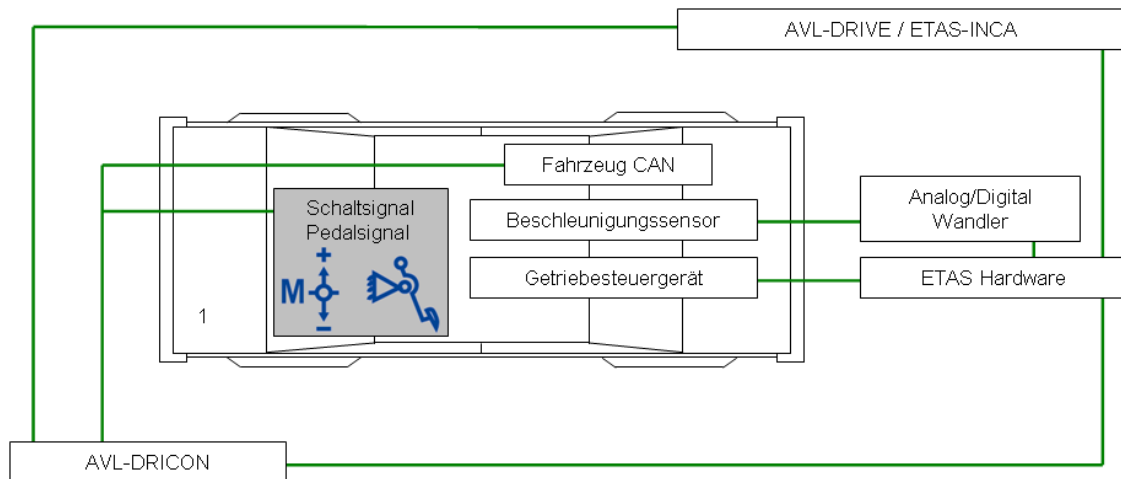
6.1 VORAUSSETZUNGEN

Um das System auf der Straße, dem Rollen- oder Antriebsstrangprüfstand betreiben zu können, sind folgende Punkte Voraussetzung:

- Der Hersteller muss eine vollständige Dokumentation der Fahrzeugdaten (Motor, Getriebe, usw.) zur Verfügung stellen.
- Es muss uneingeschränkter Zugang zum Getriebesteuergerät gewährleistet sein. (Steuergerät mit montiertem „ETK“ ist bei der Getriebekalibrierung Standard)
- Um das bestmögliche Ergebnis erzielen zu können, ist auch ein Zugang zum Motorsteuergerät notwendig.
- Das Fahrzeug muss über ein elektronisches Gaspedal verfügen.
- Um manuelle Schaltungen kalibrieren zu können, muss eine Verbindung zum Wahlhebel oder zu den Schaltwippen am Lenkrad hergestellt werden können.

6.2 STRASSE

Für den Betrieb auf der Straße kommen folgende Systeme, wie in Abbildung 6-1 schematisch dargestellt, zum Einsatz: AVL-DRIVE, Beschleunigungssensor, Analog/Digital Wandler, ETAS Hardware (im vorliegenden Fall eine ES 1000 Einheit) und AVL-DRICON.



1...Fahrzeug

Abbildung 6-1: Systemaufbau, Straße, schematische Darstellung

Um die in AVL-CAMEO Transmission erstellten Wiederholpunkte auf der Straße abfahren zu können, werden die Punkte zuerst in eine Text-Datei exportiert. Diese Datei wird in ein für AVL-DRICON lesbares Format gebracht und in dessen Rechner eingespielt. In AVL-DRICON erscheinen diese Punkte nun auf einem portablen Touchscreen, den der Fahrer während der Fahrt bedienen kann. Auf einem Laptop laufen die Programme AVL-DRIVE und ETAS-INCA. Im Kofferraum ist die ETAS Hardware und der Analog/Digital Wandler untergebracht.

Ist ein Wiederholpunkt ausgewählt und AVL-DRICON aktiviert dann wird das System gestartet, indem der Fahrer das Fahrpedal zu 100% betätigt. Geht der Fahrer vom Fahrpedal oder betätigt er das Bremspedal gibt das System die Kontrolle wieder ab. AVL-DRICON stellt nun das gewünschte Fahrpedal ein und bekommt über den Fahrzeug-CAN die aktuelle Geschwindigkeit. Ist die gewünschte Geschwindigkeit erreicht schickt AVL-DRICON den Schaltbefehl an den Wahlhebel. Das Beschleunigungssignal wird über den Analog/Digital Wandler zur ETAS Hardware geschickt und von der ETAS-INCA

Software ausgelesen. Diese schickt das Signal an AVL-DRIVE. Damit AVL-DRIVE die Schaltqualität bewerten kann werden weitere Informationen vom Fahrzeug-CAN und dem Getriebesteuergerät ausgelesen.

6.3 ROLLENPRÜFSTAND

Beim Betrieb am Rollenprüfstand werden folgende Systeme, wie in Abbildung 6-2 schematisch dargestellt, eingesetzt: AVL-CAMEO Transmission, AVL-DRIVE, AVL-DRICON, ETAS-INCA, ETAS Hardware (ES 1000), Analog/Digital Wandler, Kraftmessdose mit Messverstärker und die Prüfstandssteuerung (AVL-PUMA).

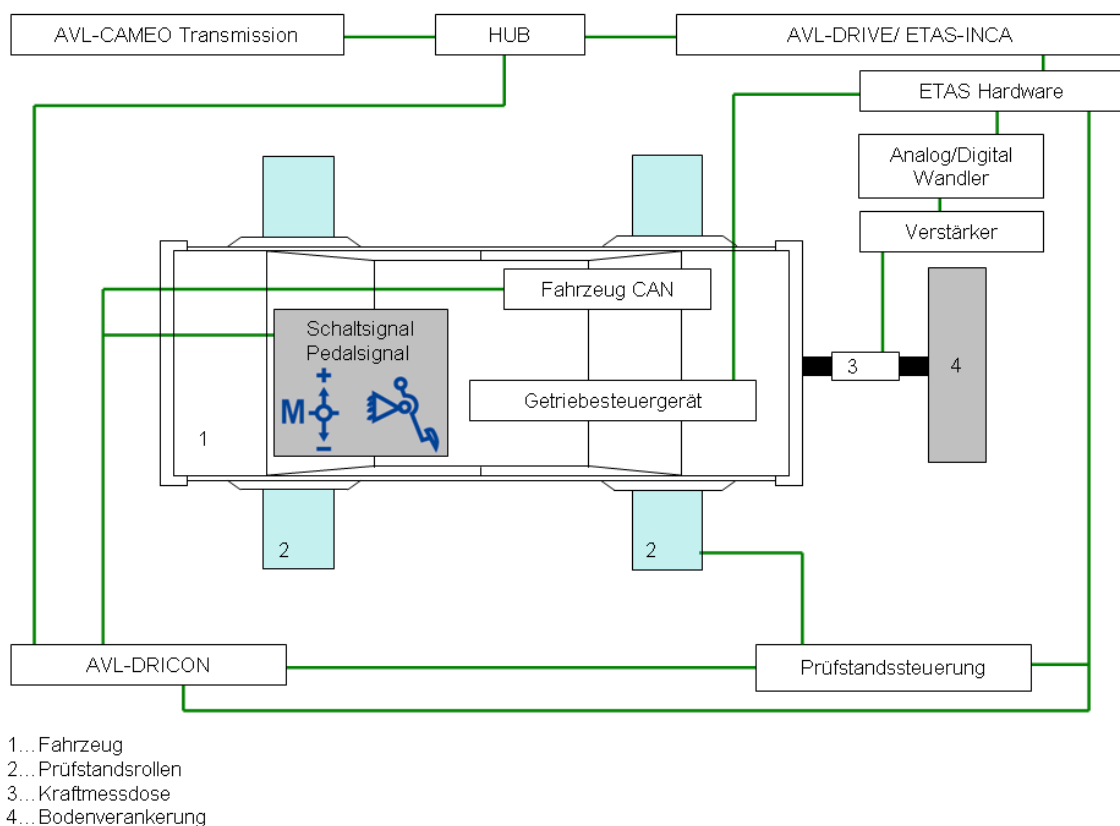


Abbildung 6-2: Systemaufbau, Rollenprüfstand, schematische Darstellung

Grundsätzlich ist die Funktionsweise am Rollenprüfstand ähnlich wie auf der Straße. Die wesentlichen Unterschiede liegen im Beschleunigungssignal und in der Abarbeitung der Wiederholpunkte.

Das Fahrzeug steht auf einem Rollenprüfstand und ist somit keiner Beschleunigung ausgesetzt. Deshalb kommt bei diesem System eine Kraftmessdose (in Abbildung 6-3 rot

markiert) zum Einsatz. Diese ist einerseits mit dem Fahrzeug verbunden, andererseits mit einer Vorrichtung, die fest im Boden verankert ist. Diese Verankerung ist so ausgelegt (siehe Abbildung 6-3), dass selbst bei voller Beschleunigung, also maximaler Kraft, keine Verformungen oder Schwingungen auftreten. Zudem verfügt sie über seitliche Abstandhalter, die verhindern, dass das Fahrzeug ausbrechen kann. Um das Fahrzeug vorne in der Spur zu halten werden Spanngurte verwendet, die allerdings nicht die Längsbewegung des Fahrzeuges beeinträchtigen dürfen, da es sonst zu einer Verfälschung des Kraftsignals kommt. Die Umrechnung der Kraft, die an der Kraftmessdose anliegt in eine Beschleunigung, wird mit folgender Formel (1) umgesetzt:

$$a = \frac{F}{m} \quad (1)$$

a.....Beschleunigung [m/s²]
 F.....Kraft an der Kraftmessdose [N]
 m.....Fahrzeugmasse [kg]

Grundsätzlich muss in dieser Formel (1) die Kraft berücksichtigt werden, die sich aus den Fahrwiderstände (A_0 , B_0 und C_0) ergibt. Berechnet werden diese wie folgt:

$$A_0 = 9,81 * y * m \quad (2)$$

$$B_0 = \frac{0,000981 * m}{3,6} \quad (3)$$

$$C_0 = \frac{0,6 * c_w * A}{12,96} \quad (4)$$

$$F = A_0 + B_0 * v + C_0 * v^2 \quad (5)$$

y.....Rollwiderstand (Wert vom Hersteller) [-]
 m.....Fahrzeugmasse [kg]
 c_w.....Luftwiderstandsbeiwert (Wert vom Hersteller) [-]
 A.....Stirnfläche [m²]
 F.....Kraft aus den Fahrwiderständen [N]
 v.....Geschwindigkeit [m/s]
 A₀.....Konstanter Fahrwiderstandskoeffizient [N]
 B₀.....Linearer Fahrwiderstandskoeffizient [N/m/s]
 C₀.....Quadratischer Fahrwiderstandskoeffizient [N/m/s²]

Da diese Kraft vom Prüfstand simuliert wird, muss sie somit nicht in die Ausgangsformel eingehen.

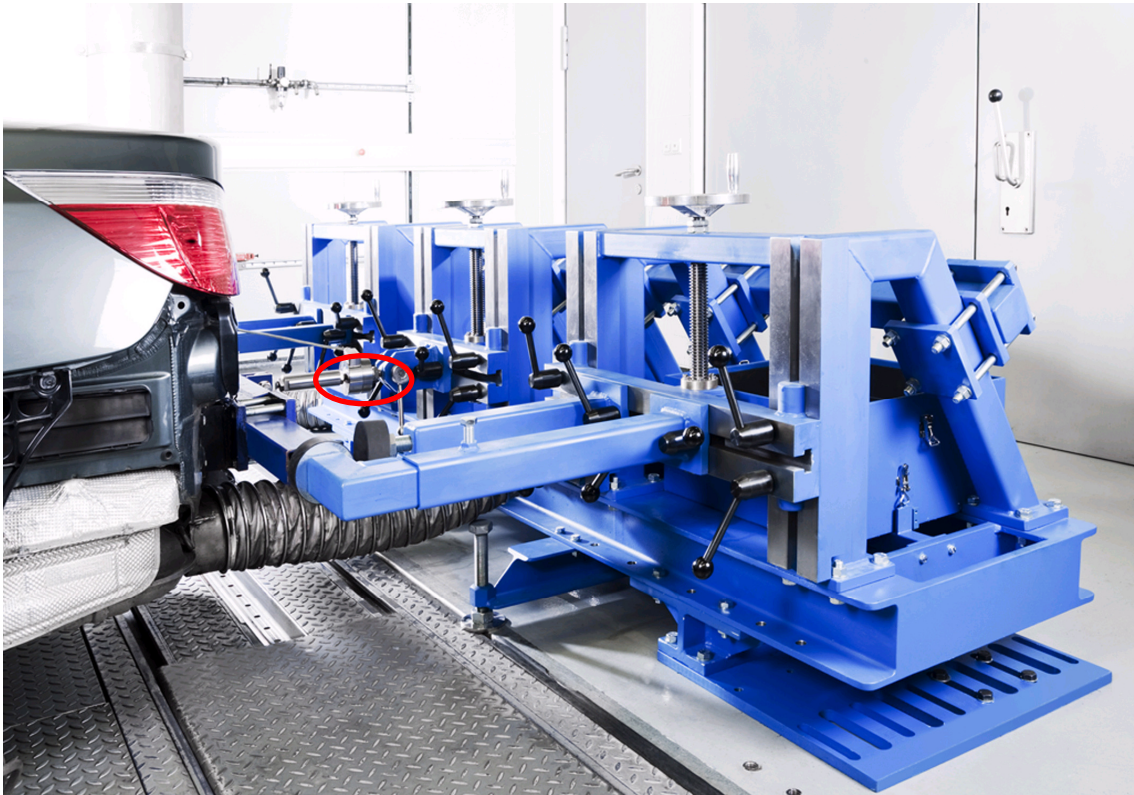


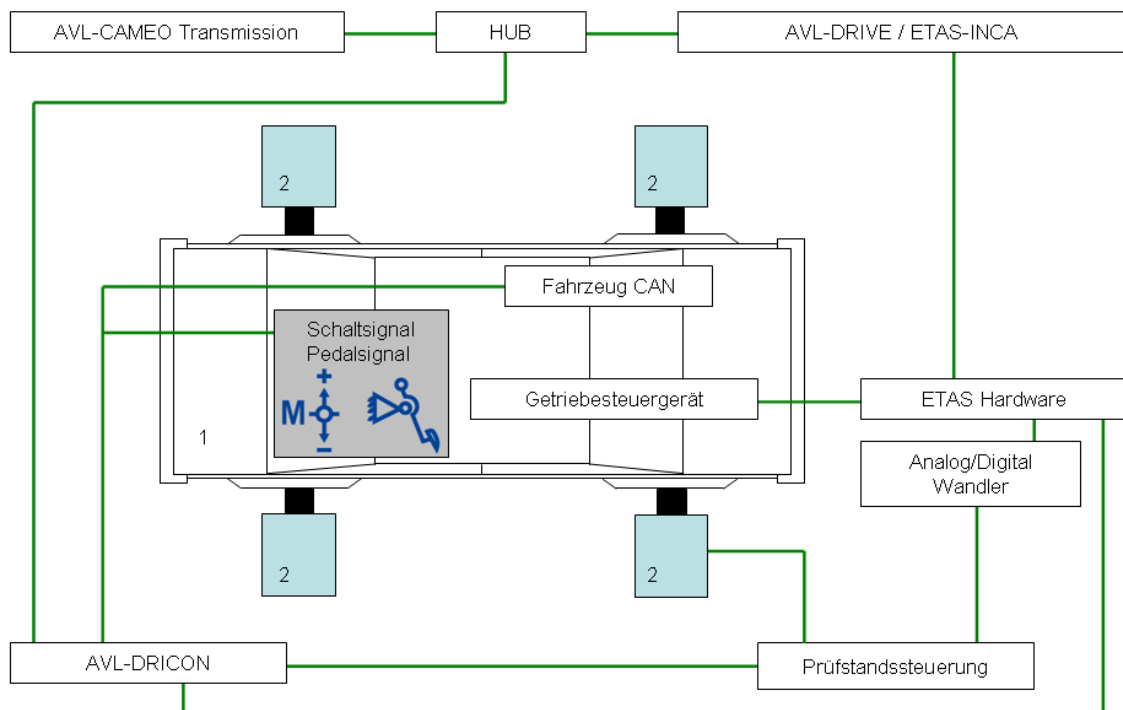
Abbildung 6-3: Der Rollenprüfstand

Die Steuerung der einzelnen Schaltungen übernimmt am Rollenprüfstand AVL-CAMEO Transmission. Im Gegensatz zur Straße muss hier keine Text-Datei in AVL-DRICON eingespielt werden, stattdessen werden die Daten laufend von AVL-CAMEO Transmission übermittelt.

Wird ein Fahrzeug, zum Beispiel mit Heckantrieb, auf einem Rollenprüfstand mit nur einer gebremsten Achse betrieben kann es zu folgendem Problem kommen: Da die Vorderachse im Betrieb still steht erkennen die vorderen Raddrehzahlsensoren dies und melden einen ABS (Antiblockiersystem) Ausfall. Bei manchen Herstellern geht dies mit einer Verringerung der Motorleistung einher. Das ABS muss also vor Beginn der Messung vollständig deaktiviert werden.

6.4 ANTRIEBSSTRANGPRÜFSTAND

Beim Betrieb am Antriebsstrangprüfstand werden grundsätzlich dieselben Systeme (siehe schematische Darstellung in Abbildung 6-4) wie am Rollenprüfstand eingesetzt. Lediglich bei der Ermittlung der Beschleunigung gibt es Unterschiede. Anstelle der Kraftmessdose wird hier die Beschleunigung aus den Momenten der Raddynamos berechnet. Der Ablauf an sich ist identisch mit dem am Rollenprüfstand.



- 1... Fahrzeug
- 2... Raddynamo mit Drehmomentmesseinheit

Abbildung 6-4: Systemaufbau, Antriebsstrangprüfstand, schematische Darstellung



Abbildung 6-5: Der Antriebsstrangprüfstand

Das Fahrzeug wird, wie in Abbildung 6-5 ersichtlich, direkt mit den Raddynamos verbunden. Daran sind Einheiten angeschlossen, die das Drehmoment messen. Aus diesem Moment wird die Beschleunigung (6) wie folgt errechnet:

$$a = \frac{M_R + M_L - (A_0 + B_0 * v + C_0 * v^2)}{r_{dyn} * m} \quad (6)$$

- a.....Beschleunigung [m/s²]
- M_R.....Drehmoment rechts [Nm]
- M_L.....Drehmoment links [Nm]
- r_{dyn}.....Dynamischer Raddurchmesser (Wert vom Hersteller) [m]
- A₀.....Konstanter Fahrwiderstandskoeffizient [N]
- B₀.....Linearer Fahrwiderstandskoeffizient [N/m/s]
- C₀.....Quadratischer Fahrwiderstandskoeffizient [N/m/s²]
- m.....Fahrzeugmasse [kg]

Die Fahrwiderstandkoeffizienten (A0, B0 und C0) werden mit den Formeln 2, 3 und 4 (siehe Seite 26) ermittelt. Die Beschleunigung wird am Prüfstandcomputer errechnet und über den Analog/Digital Wandler zu AVL-DRIVE gesendet.

7 ANALYSE DER RESULTATE

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Korrelationsuntersuchung behandelt. Dabei werden die nachstehenden Begriffe verwendet:

Zugkraftreduktion → Nachlassen der Beschleunigung vor oder während einer Schaltung.

Ruck → Anstieg oder Abfall der Beschleunigung in einem Zeitraum der über 10ms liegt. Für den Fahrer deutlich spürbar.

Einzelschlag → Anstieg oder Abfall der Beschleunigung in einem Zeitraum unter 10ms. Gekennzeichnet durch einen sehr hohen Gradient. Für den Fahrer spürbar.

Mehrfachschwingungen → Beim Ein- oder Auskuppeln kann das Fahrzeug in Längsschwingung versetzt werden. Ähnlich dem „Kupplungsruckeln“ bei einem manuellen Getriebe.

Drehzahlabfall bzw. Drehzahlanstieg → Erhöhung der Motordrehzahl über die Zieldrehzahl des nächsten Ganges.

Schaltdauer → Zeitlicher Abstand zwischen verlassen der Startdrehzahl und Erreichen der Zieldrehzahl.

Die Ergebnisse der unterschiedlichen Versuchsfahrzeuge bezüglich der verschiedenen Konzepte sehen wie folgt aus:

Bei Messungen zur Absenkung eines heckgetriebenes Fahrzeuges bei hohen Beschleunigungen am Rollenprüfstand wurde ein maximaler Wert ermittelt. Dieser liegt bei 0,07m. Der Abstand zwischen Fahrzeug und Bodenverankerung ist davon abhängig, wo die Bodenverankerung im Prüfstand montiert werden kann. Der durchschnittliche Wert für diesen Abstand liegt bei 1m (siehe Abbildung 7-1).

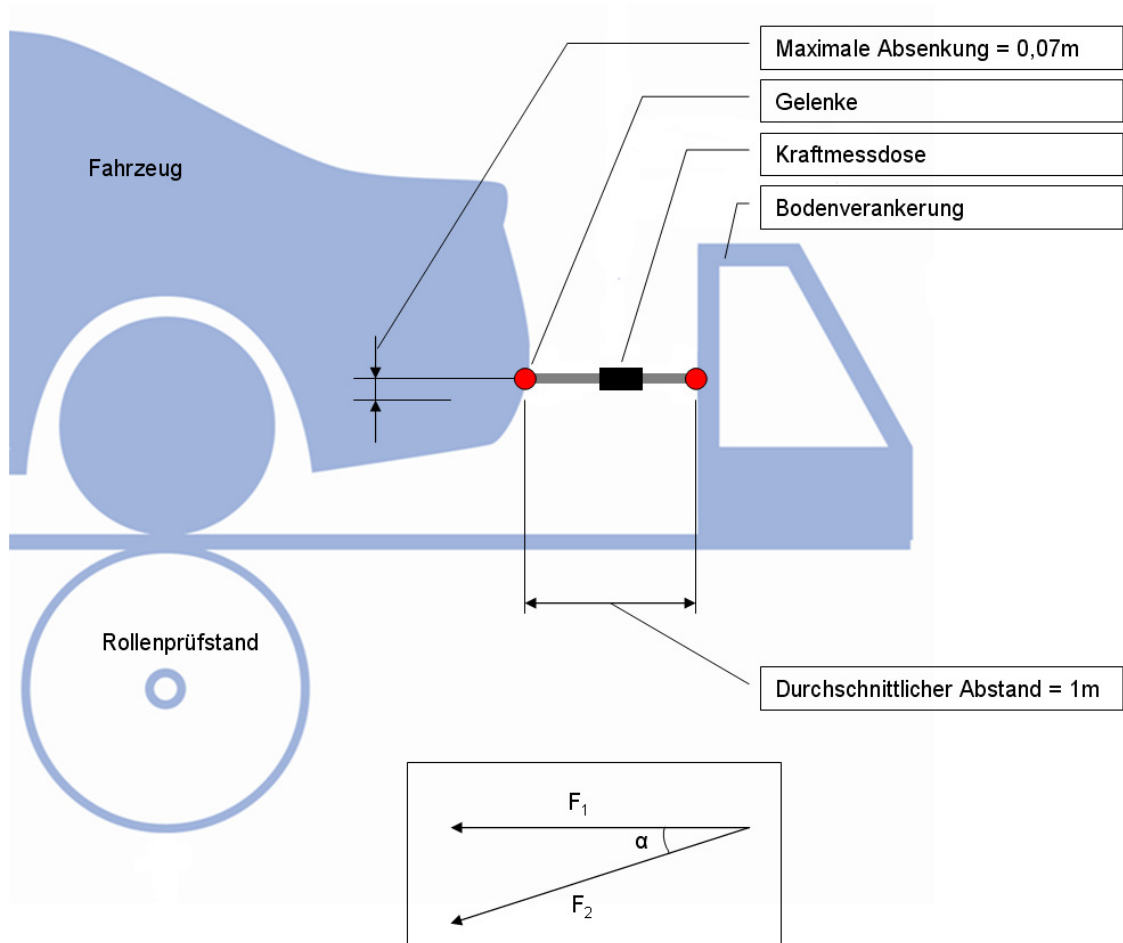


Abbildung 7-1: Schematische Darstellung der Absenkung während der Beschleunigung

Aus diesen Maßen ergibt sich folgender Winkel:

$$\tan \alpha = \frac{0,07\text{m}}{1} = 0,07 \quad \alpha \approx 4^\circ \quad (7)$$

Die maximal aufgetretene Kraft (F_1) an der Kraftmessdose liegt bei 6000N. Damit ergibt sich folgende Kraft (F_2):

$$F_2 = \frac{F_1}{\cos \alpha} = \frac{6000\text{N}}{\cos 4^\circ} = 6014,651\text{N} \quad (8)$$

Durch die Absenkung des Fahrzeuges entsteht im Extremfall eine zusätzliche Kraft von rund 15N. Geht man von einem durchschnittlichen Fahrzeuggewicht von 1600kg aus ergibt sich folgendes:

$$a_1 = \frac{F}{m} = \frac{6000N}{1600kg} = 3,75 \frac{m}{s^2} \quad (9)$$

$$a_2 = \frac{6015N}{1600kg} = 3,76 \frac{m}{s^2} \quad (10)$$

Wird die zusätzliche Kraft von 15N berücksichtigt entsteht ein Unterschied ($a_2 - a_1$) von $0,01m/s^2$ in der Beschleunigung. Da diese Abweichung keine Auswirkung auf die Bewertung von AVL-DRIVE hat kann die zusätzliche Kraft bei den Berechnungen der Beschleunigung vernachlässigt werden.

Aktuelle Rollenprüfstände werden mit einer Regelgeschwindigkeit von 100ms betrieben. Dass diese Geschwindigkeit, selbst für ein modernes Doppelkupplungsgetriebe ausreichend ist, beweisen die Ergebnisse des ersten Versuchsfahrzeuges (siehe Abbildung 7-2). Die Schaltzeiten, die auf der Straße erreicht wurden konnten ohne Probleme auf dem Rollenprüfstand reproduziert werden. Da der Antriebsstrangprüfstand (50ms) die Regelgeschwindigkeit des Rollenprüfstandes unterbieten kann, ist davon auszugehen, dass auch hier keine Probleme auftreten. Die durch den Einsatz eines Wandlers charakteristische Eigenschaft eines Automatikgetriebes konnte ebenfalls problemlos auf beiden Prüfständen reproduziert werden. Als Beweis dazu dienen die Detailauswertungen der Versuchsfahrzeuge 3 und 4 (siehe Abbildungen 7-9, 7-10, 7-13 und 7-15). In allen Darstellungen ist keine nennenswerte Abweichung des Beschleunigungssignals feststellbar. Da alle verglichenen Schaltungen mit derselben Fahrpedalstellung gemessen wurden, ist einerseits bewiesen, dass die Charakteristik einer Wandler-Automatik reproduzierbar ist, andererseits zeigt dies auch, dass die Simulation des Fahrzeuges am Prüfstand der Realität entspricht.

Im Folgenden wird nun detailliert auf die Messergebnisse der einzelnen Versuchsfahrzeuge eingegangen.

7.1 ERGEBNISSE DES 1. VERSUCHSFAHRZEUGS

Die erste Testreihe ist mit einem frontgetriebenen Fahrzeug mit Doppelkupplungsgetriebe der Mittelklasse durchgeführt worden. Dabei wurde das Hauptaugenmerk auf Hochschaltungen unter Last gelegt.

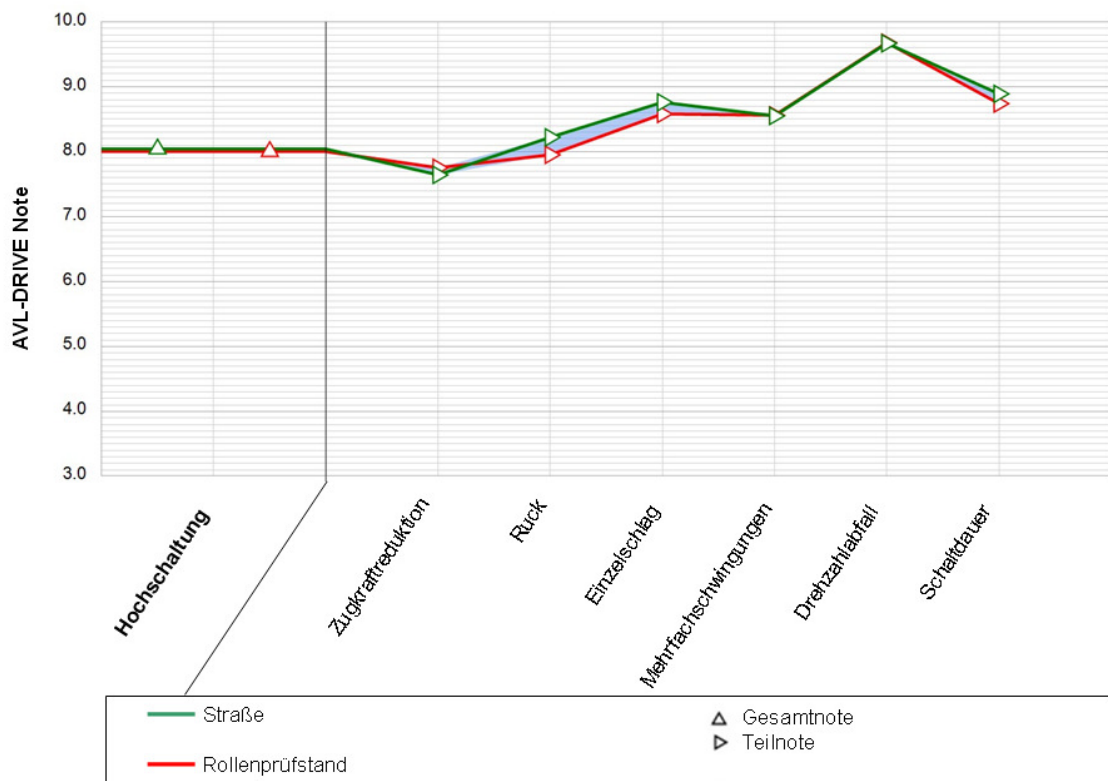


Abbildung 7-2: Auswertung, Versuchsfahrzeug 1, 2-3 Hochschaltung

Abbildung 7-2 zeigt die Gesamtnote für 50 Hochschaltungen in den 3.Gang. Auf der rechten Seite sind sechs Einzelkriterien der Schaltungen dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass keine wesentlichen Unterschiede in den Noten, die von AVL-DRIVE objektiv ermittelt wurden, vorhanden sind. Grundsätzlich ist anzumerken, dass Unterschiede kleiner als 0,5 in der Note, selbst von einem erfahrenen Testfahrer nicht auszumachen sind. Daher liegt ein Unterschied von 0,5 innerhalb der Toleranz.

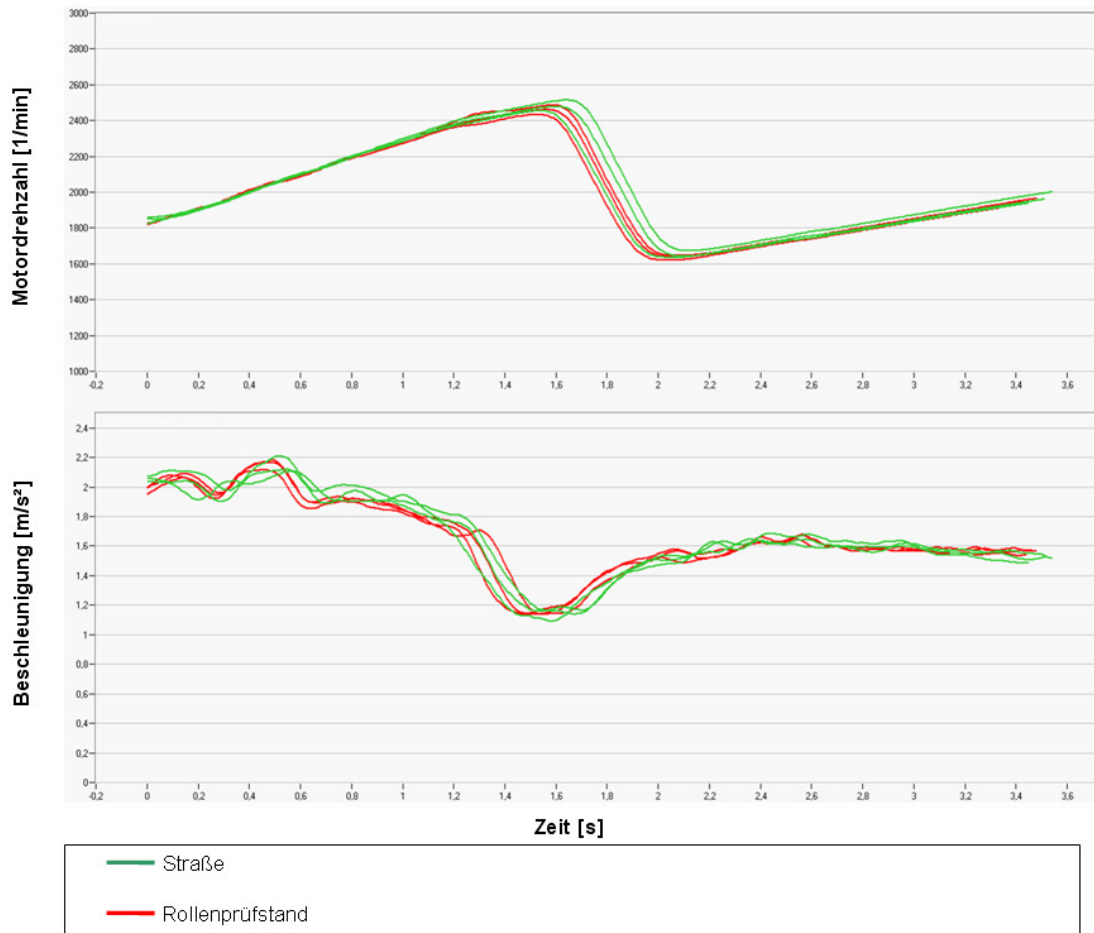


Abbildung 7-3: Detailauswertung, Versuchsfahrzeug 1, 2-3 Hochschaltung

Die Detailauswertung in Abbildung 7-3 zeigt drei Hochschaltungen in den 3.Gang mit einer Pedalstellung von 40% der Straßenmessung und drei Schaltungen mit identischer Pedalstellung einer Messung am Rollenprüfstand. Im oberen Graphen wird das Verhalten der Motordrehzahl dargestellt, während im unteren Graphen die Längsbeschleunigung während der Schaltung gezeigt wird.

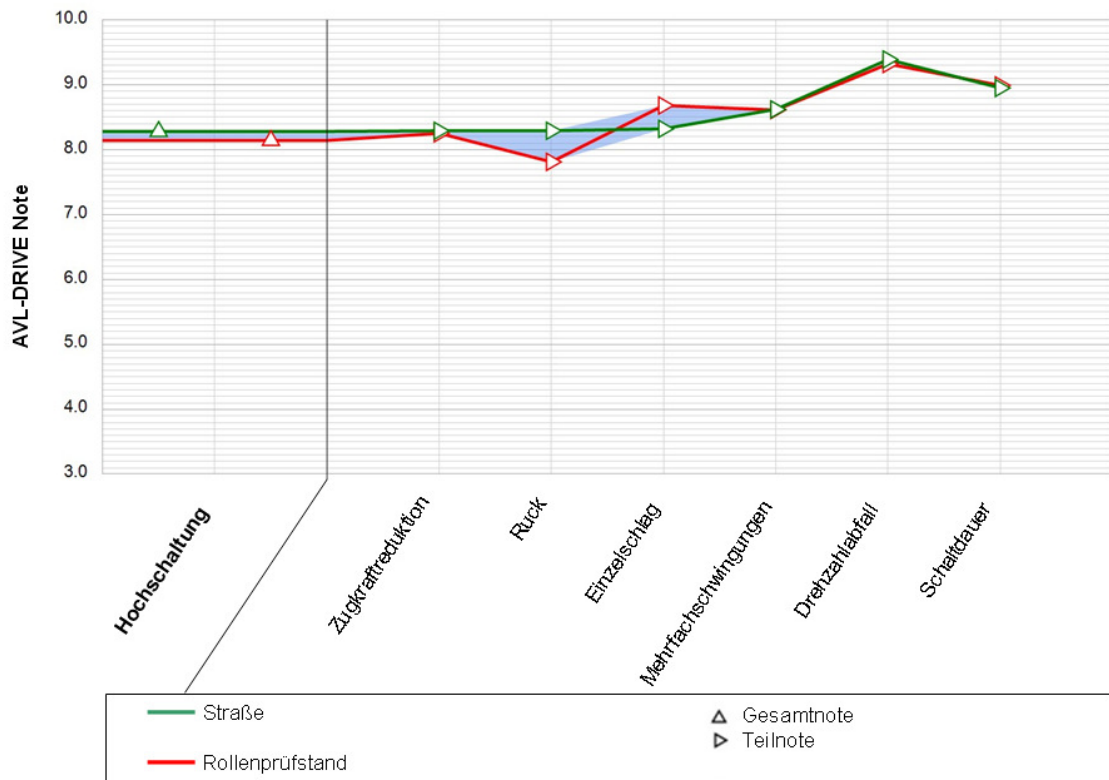


Abbildung 7-4: Auswertung, Versuchsfahrzeug 1, 3-2 Rückschaltung

In Abbildung 7-4 sind 50 Hochschaltungen unter Last in den 4.Gang abgebildet. Die Unterschiede in den Noten für Ruck und Einzelschlag liegen unter der 0,5 Grenze und fallen somit in den Toleranzbereich.

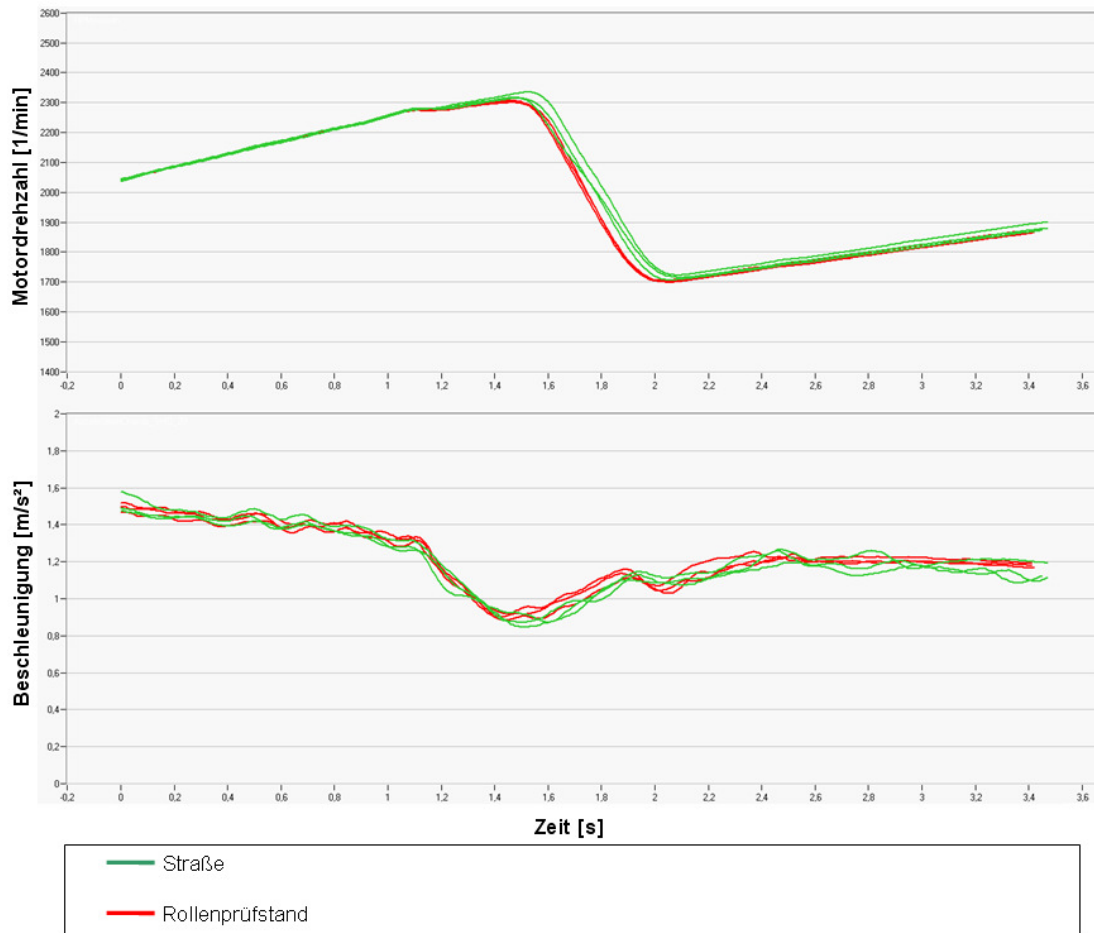


Abbildung 7-5: Detailauswertung, Versuchsfahrzeug 1, 3-2 Rückschaltung

Abbildung 7-5 zeigt sechs Hochschaltungen in den 4.Gang im Detail dargestellt. Jeweils drei Messungen der Straße, sowie des Rollenprüfstandes. Alle Schaltungen sind mit einer Pedalstellung von 40% ausgeführt worden.

7.2 ERGEBNISSE DES 2. VERSUCHSFAHRZEUGS

Die zweite Testreihe ist mit einem heckgetriebenen Fahrzeug der Oberklasse durchgeführt worden. Ausgestattet war dieses Kraftfahrzeug mit einem Automatikgetriebe. Für diesen PKW ist die Messprozedur erweitert worden. Zu den Hochschaltungen in den 3.Gang und den Rückschaltungen in den 2.Gang wurden Hochschaltungen in den 4.Gang und Rückschaltungen in den 3.Gang hinzugefügt. Diese Testreihe wurde auf Wunsch des Kunden, am Prüfstand eines großen Automobilherstellers abgearbeitet.

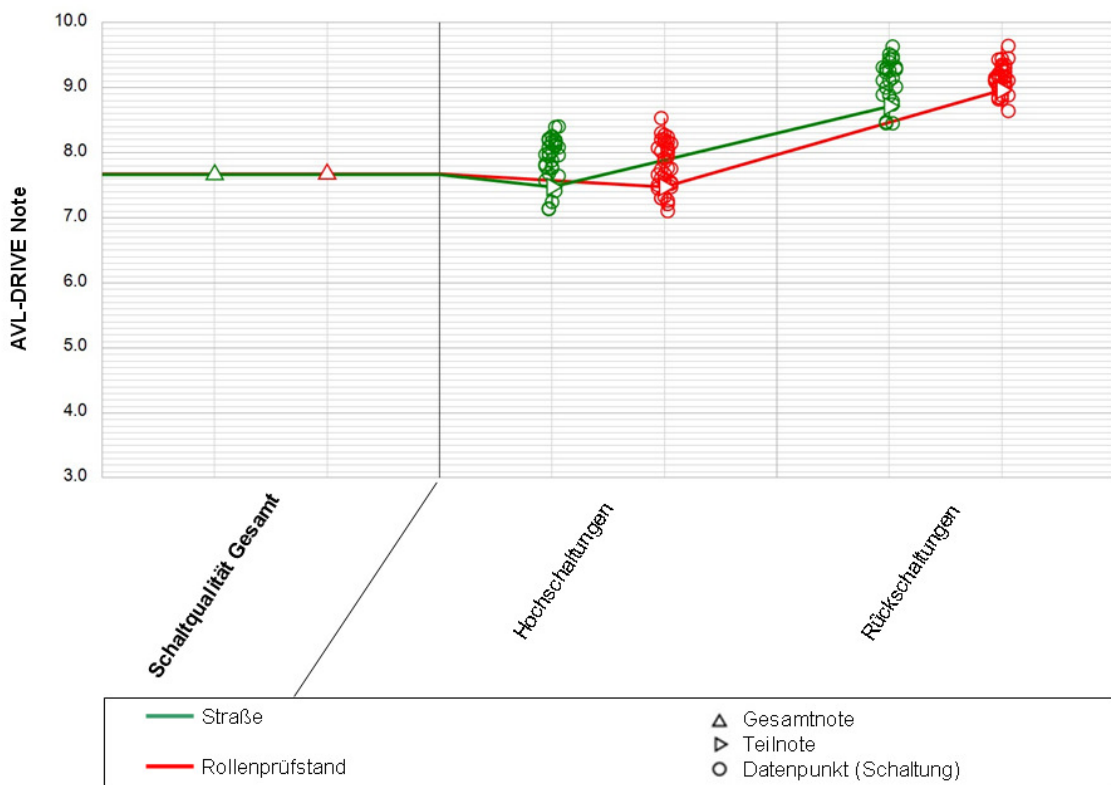


Abbildung 7-6: Überblick, Versuchsfahrzeug 2, 2-3 und 3-2 Schaltungen

In Abbildung 7-6 sind 50 Hochschaltungen in den 3.Gang und 50 Rückschaltungen in den 2.Gang mit verschiedenen Pedalstellungen gesammelt dargestellt. Hier ist zu erkennen, dass die Schaltqualität des Fahrzeuges sowohl auf der Straße, als auch auf dem Rollenprüfstand auf identischem Niveau liegt. Die Streuung, erkennbar durch die einzelnen Datenpunkte, ist bei beiden Umgebungen sehr gering. Dies zeigt die gute Vergleichbarkeit der Testumgebungen.

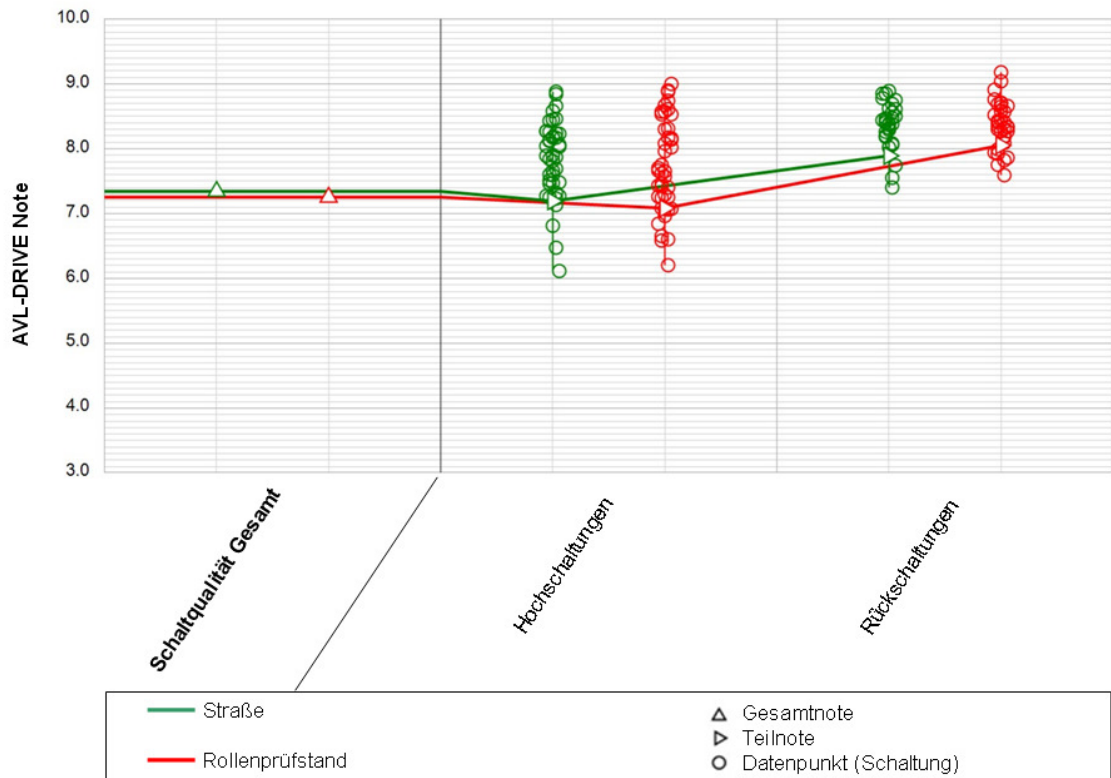


Abbildung 7-7: Überblick, Versuchsfahrzeug 2, 3-4 und 4-3 Schaltungen

Diese gute Vergleichbarkeit wird in der Abbildung 7-7 verdeutlicht. In diesem Testlauf wurden Hochschaltungen in den 4.Gang sowie Rückschaltungen in den 3.Gang umgesetzt. Bei den Datenpunkten, vor allem bei den Hochschaltungen, sind einzelne Punkte mit geringer Note zu sehen. Hier kann man erkennen, dass die Ergebnisse der Straßenmessung auf dem Rollenprüfstand des Kunden reproduziert werden konnten.

7.3 ERGEBNISSE DES 3. VERSUCHSFAHRZEUGS

Die dritte Testreihe wurde ebenfalls auf einem Kundenprüfstand absolviert. Das Fahrzeug, ein frontgetriebener PKW der Mittelklasse mit Automatikgetriebe, wurde vom Kunden bereitgestellt. Für die Messprozedur sind Hochschaltungen in den 4.Gang und Rückschaltungen in den 3.Gang geplant worden. Insgesamt werden pro Testumgebung 100 Schaltungen gefahren: 50 Hochschaltungen und 50 Rückschaltungen.

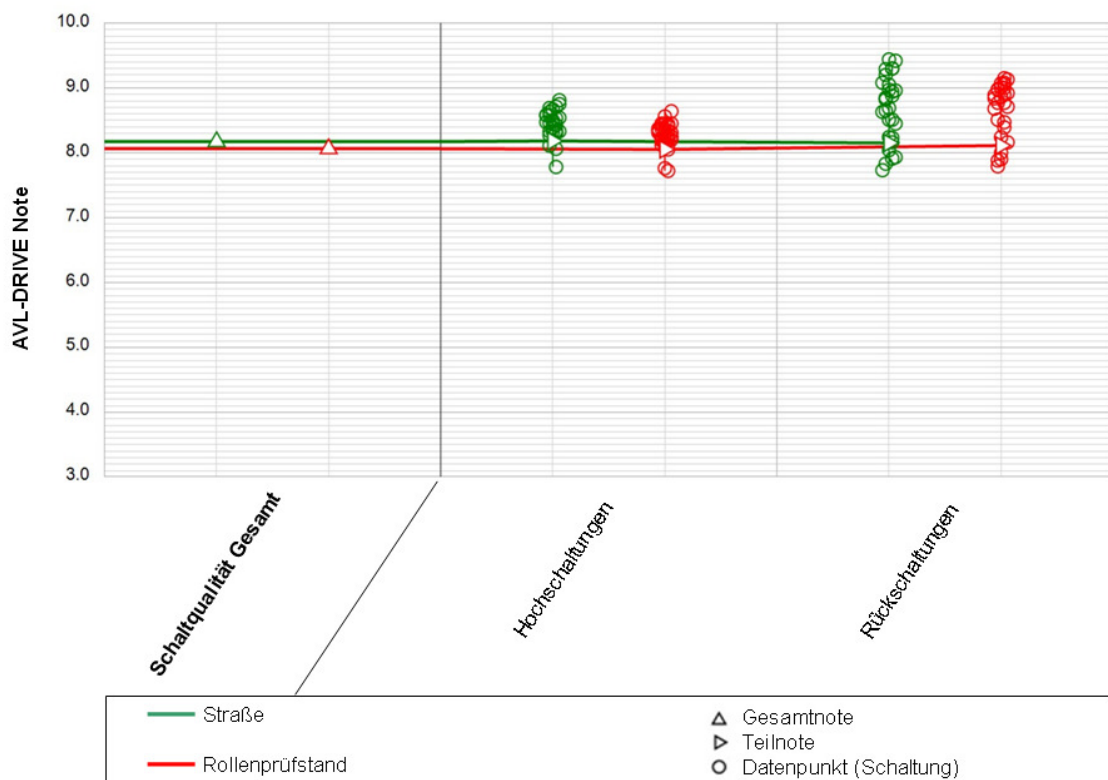


Abbildung 7-8: Überblick, Versuchsfahrzeug 3, 3-4 und 4-3 Schaltungen

Grundsätzlich zeigt dieses Fahrzeug eine sehr gute Schaltqualität. Allerdings ist bei dieser dritten Testreihe (Abbildung 7-8) auffällig, dass bei den Rückschaltungen auf der Straße teilweise höhere Noten erzielt wurden. Auf diese Tatsache wird in der Auswertung noch eingegangen.

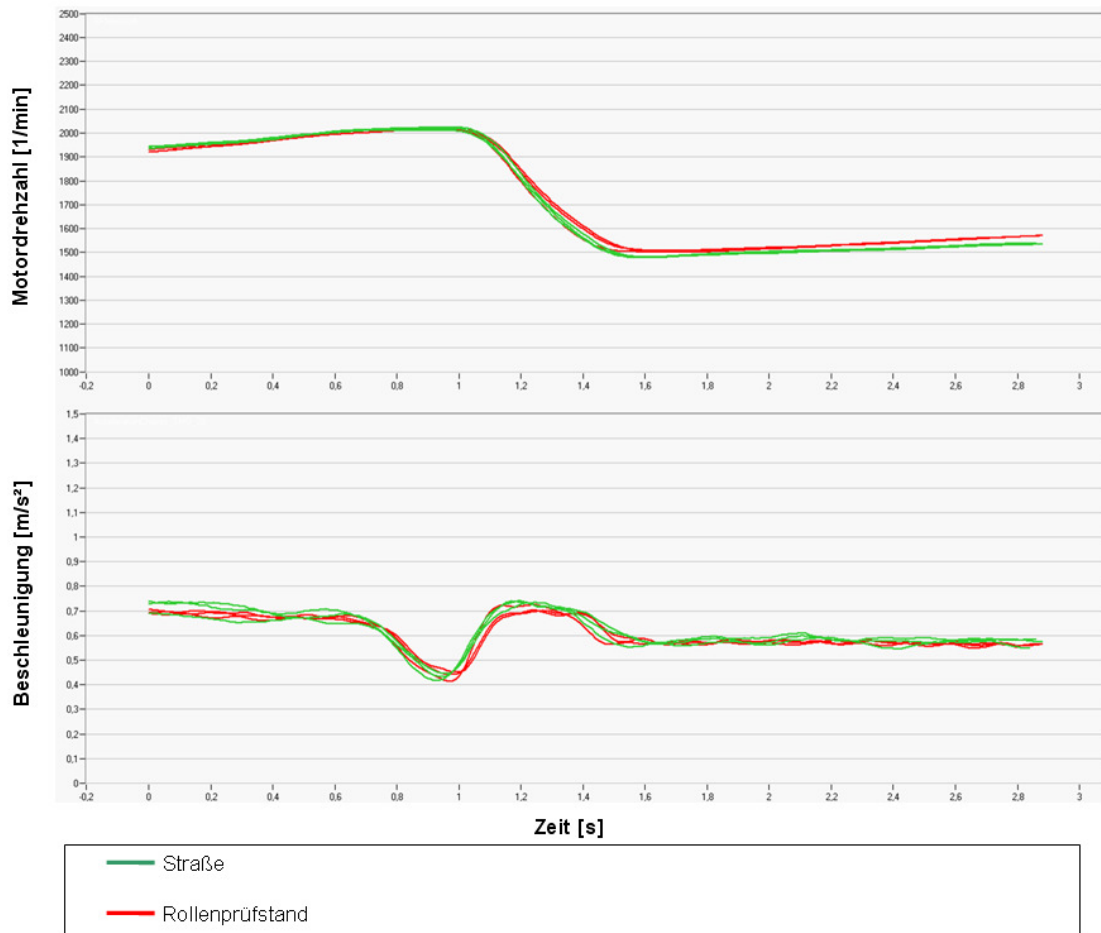


Abbildung 7-9: Detailauswertung, Versuchsfahrzeug 3, 3-4 Hochschaltung

Bei den Hochschaltungen in den 4. Gang (Abbildung 7-9), hier gegenübergestellt mit einer Pedalstellung von 20%, jeweils drei Straßen- und drei Rollenprüfstandsmessungen, sind keine Unterschiede zu erkennen. Das Verhalten der Motordrehzahl und des Beschleunigungssignals sind identisch.

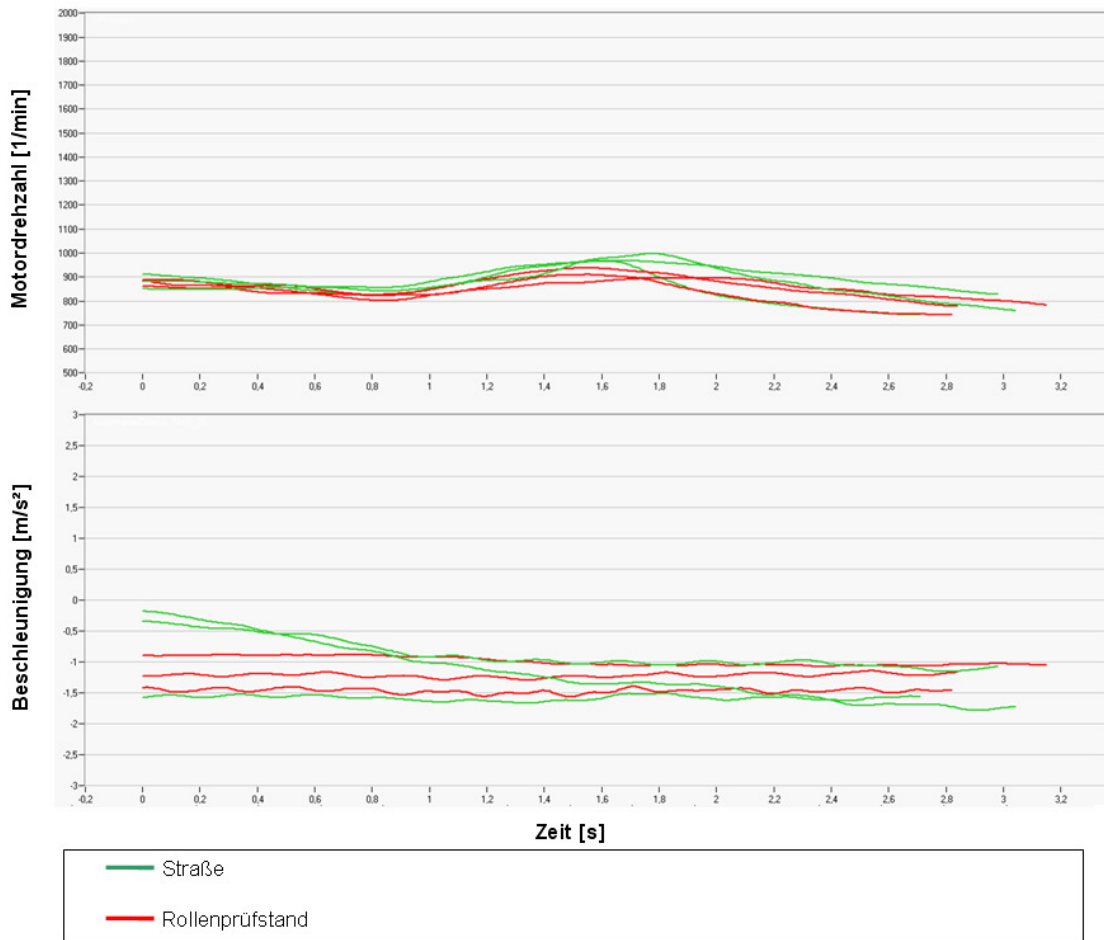


Abbildung 7-10: Detailauswertung, Versuchsfahrzeug 3, 4-3 Rückschaltung

Bei den Rückschaltungen in den 3.Gang (Abbildung 7-10) ist im Beschleunigungssignal ein Unterschied zu erkennen. Als Ursache für die Streuung, die sich in den teilweise besseren Noten von Abbildung 7-8 zeigt, ist die Temperatur der Bremsen zu benennen. Diese Schaltung wird immer mit derselben Bremspedalstellung gefahren. Je nachdem wie oft diese Schaltungen im Prüfstandsbetrieb oder auf der Straße hintereinander ausgeführt werden, verändert sich die Bremsentemperatur bei jeder Schaltung. Abweichungen können also durch die Temperatur der Bremsen erfolgen. Allerdings hat dies nur wenig Einfluss auf die objektive Benotung von AVL-DRIVE.

7.4 ERGEBNISSE DES 4. VERSUCHSFAHRZEUGS

Im vierten Testlauf ist der Antriebsstrangprüfstand, als dritte Testumgebung, mit einbezogen worden. Alle Testergebnisse wurden auf AVL-Prüfständen bzw. auf der AVL-Teststrecke erhoben. Es sind wiederum 50 Hochschaltungen in den 3.Gang und 50 Rückschaltungen in den 2.Gang durchgeführt worden. Als Testfahrzeug wurde ein heckgetriebener PKW der Oberklasse, ausgestattet mit einem Automatikgetriebe, herangezogen.

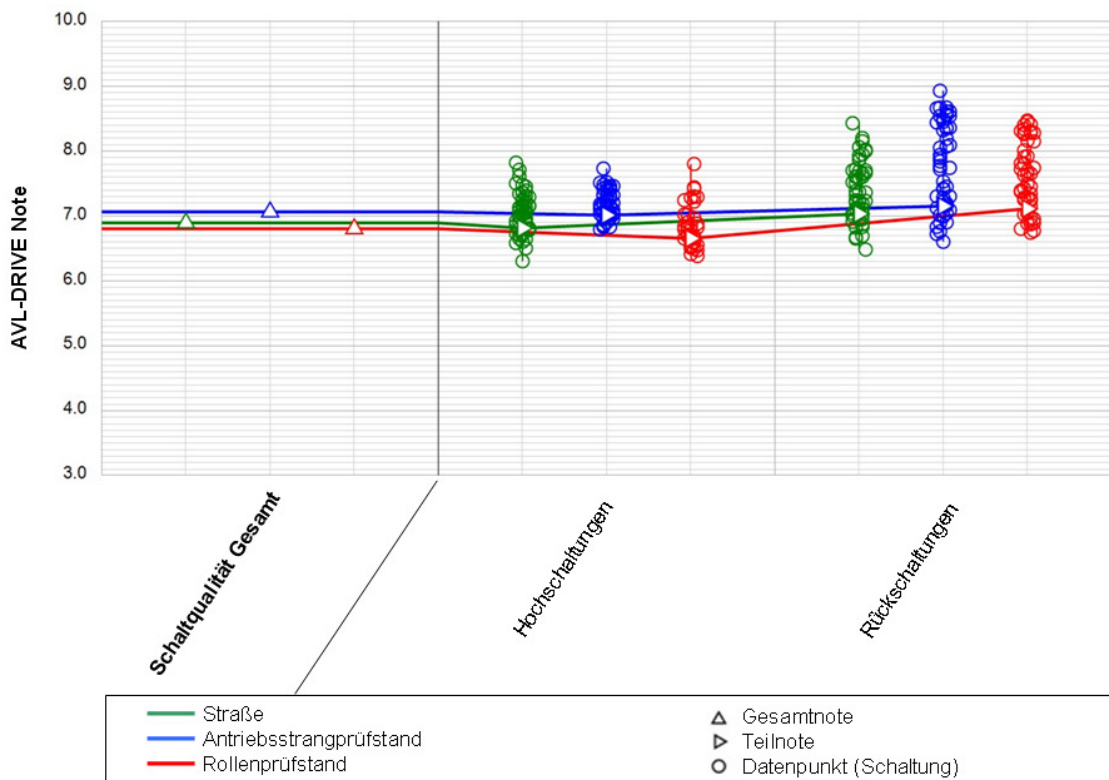


Abbildung 7-11: Überblick, Versuchsfahrzeug 4, 2-3 und 3-2 Schaltungen

Bei der Gegenüberstellung der 50 Hochschaltungen (Abbildung 7-11) fällt die geringere Streuung der Schaltungen am Antriebsstrangprüfstand auf. Bei den Rückschaltungen hingegen tritt eine größere Streuung auf. Die Ursache dafür konnte bis zum Verfassen der Studie nicht eindeutig geklärt werden. Beim Vergleich der 50 Hochschaltungen (Abbildung 7-12) treten keine großen Abweichungen auf, die dieses Phänomen erklären könnten. Die Abweichung in der Note für Ruck und Mehrfachschwingungen liegen innerhalb der Toleranz und sind daher keine Erklärung. Grundsätzlich kann aber gesagt werden, dass die

geringe Streuung keine Auswirkungen auf die Anwendung der automatisierten Getriebekalibrierung am Antriebsstrangprüfstand hat.

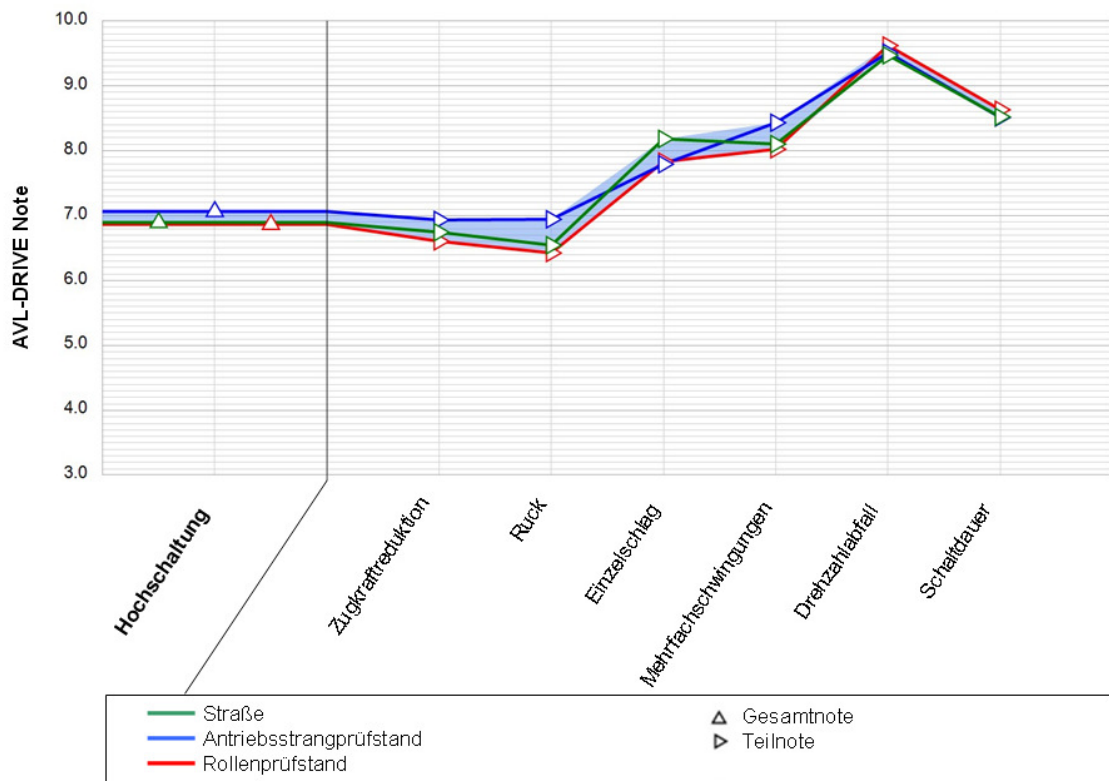


Abbildung 7-12: Auswertung, Versuchsfahrzeug 4, 2-3 Hochschaltung

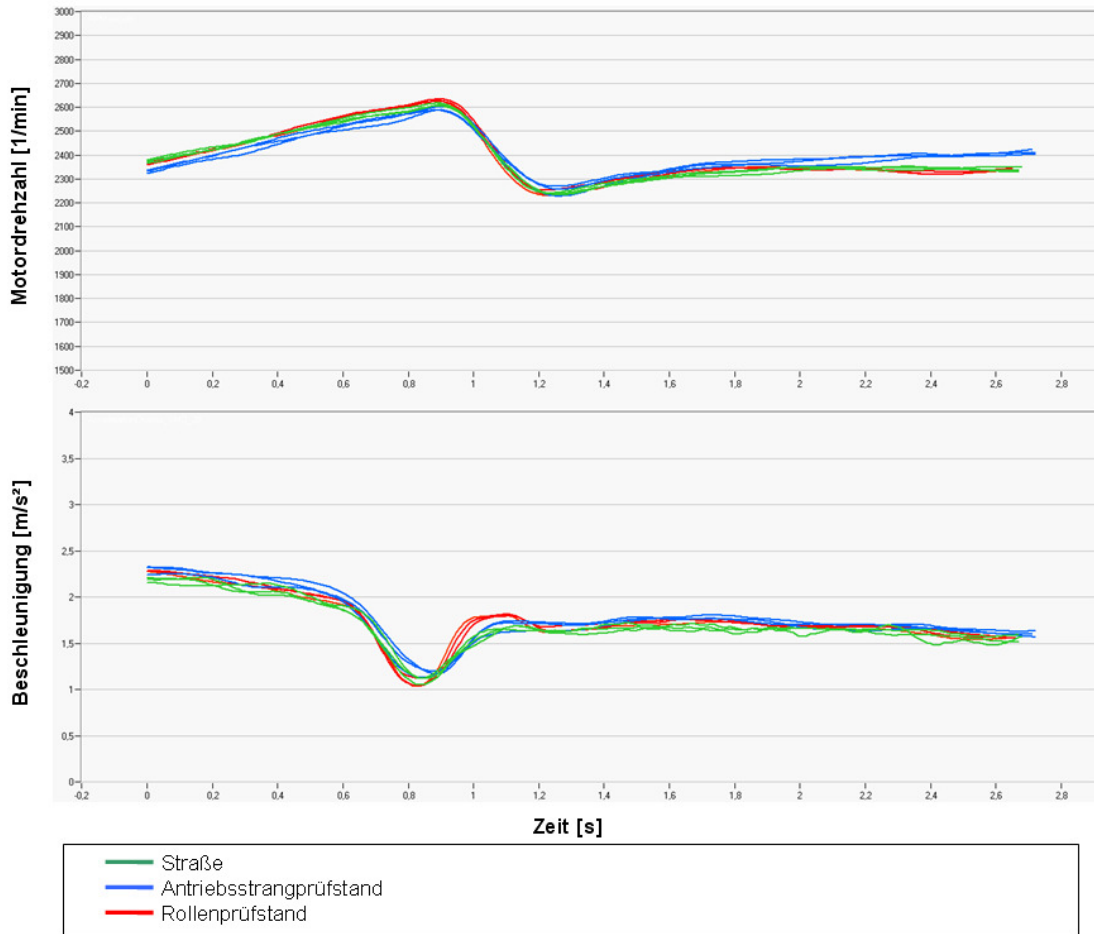


Abbildung 7-13: Detailauswertung, Versuchsfahrzeug 4, 2-3 Hochschaltung

Bei der Detailanalyse von jeweils drei Hochschaltung in den 3.Gang (Abbildung 7-13) mit einer Pedalstellung von 35% ist ebenso keine nennenswerte Abweichung festzustellen.

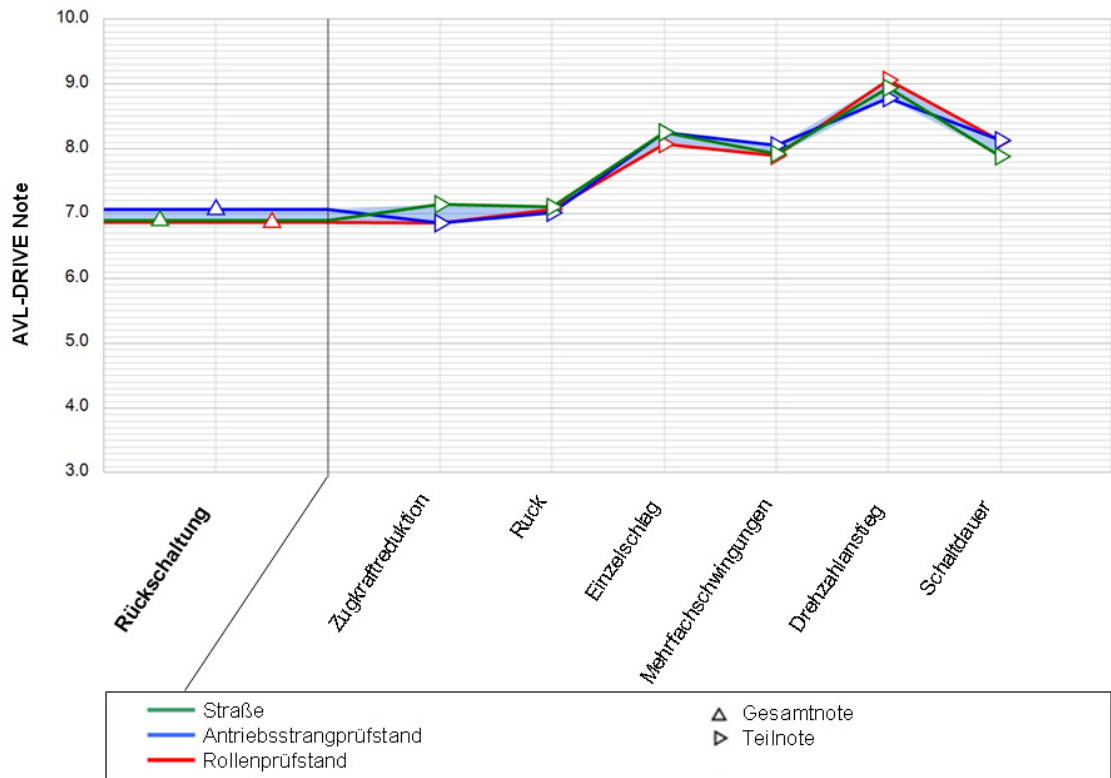


Abbildung 7-14: Auswertung, Versuchsfahrzeug 4, 3-2 Rückschaltung

Die Gegenüberstellung der 50 Rückschaltungen in den 2.Gang (Abbildung 7-14) zeigt ein ähnliches Bild. Die Gesamtnote ist wie bei den Hochschaltungen am Antriebsstrangprüfstand leicht besser, liegt aber in der Toleranz.

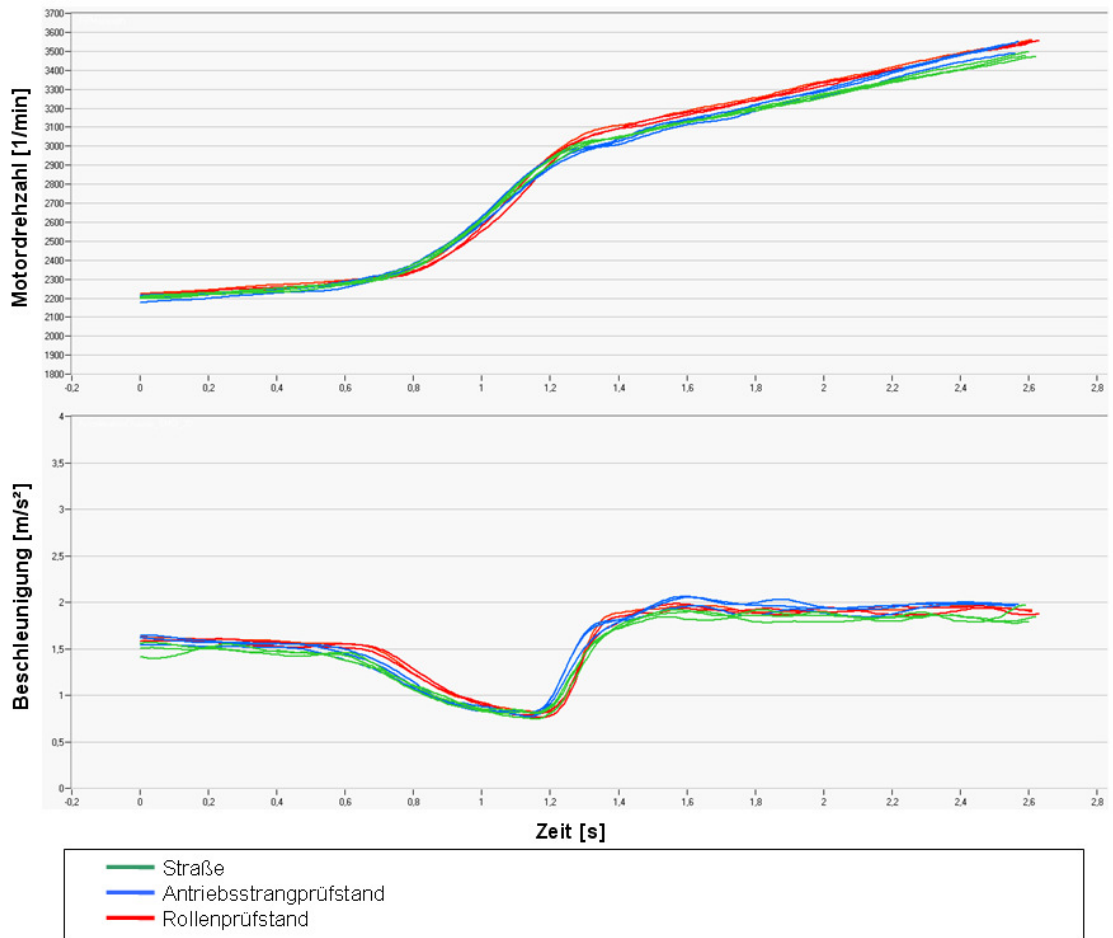


Abbildung 7-15: Detailauswertung, Versuchsfahrzeug 4, 3-2 Rückschaltung

In Abbildung 7-15 ist die Detailauswertung von jeweils drei Rückschaltungen mit einer Pedalstellung von 35% dargestellt. In beiden Graphen ist eine gute Korrelation der drei Testumgebungen feststellbar.

7.4.1 REPRODUZIERBARKEIT DER ERGEBNISSE

Das vierte Fahrzeug wurde herangezogen um die Vergleichbarkeit an verschiedenen Tagen zu dokumentieren. Dabei wurden 50 Hochschaltungen in den 4.Gang und 50 Rückschaltungen in den 3.Gang durchgeführt. Die Zeit zwischen den einzelnen Aufbauten am Rollenprüfstand betrug zwei Monate.

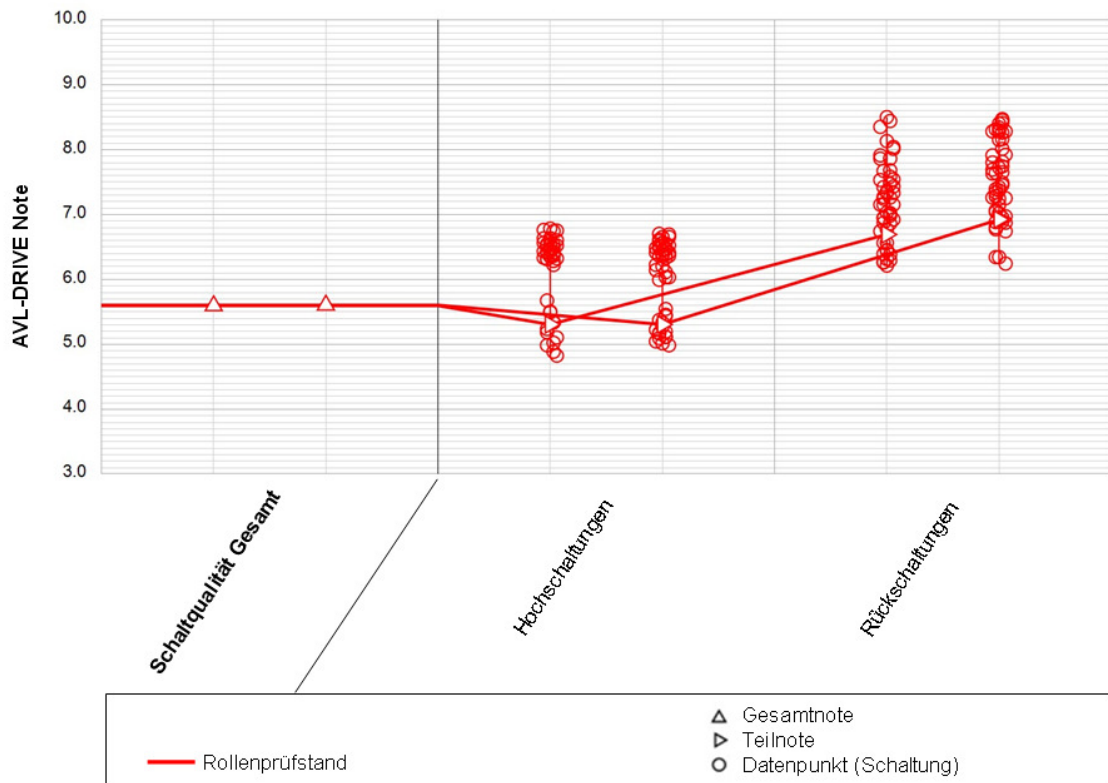


Abbildung 7-16: Auswertung, Versuchsfahrzeug 4, Reproduzierbarkeit

Trotz des zeitlichen Abstandes konnten, wie in Abbildung 7-16 dargestellt, die Ergebnisse reproduziert werden. Dies zeigt, dass ein Wiederaufbau des Systems keinen Einfluss auf die Ergebnisse hat. Tests können jederzeit abgebrochen und später fortgesetzt werden. Somit ist ein hohes Maß an Flexibilität gewährleistet.

7.5 SCHLUSSFOLGERUNG

Alle vorliegenden Messungen beweisen, dass Schaltungen die automatisiert auf einem Prüfstand gemacht werden mit Schaltungen auf der Straße korrelieren. Dabei wurden alle Einflussfaktoren wie Fahrdynamik oder verschiedene Antriebskonzepte berücksichtigt. Zudem wurde demonstriert, dass Schaltungen selbst nach dem Abbau und Wiederaufbau des Systems reproduzierbar sind und somit die Benotung von AVL-DRIVE identisch ist.

8 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Voraussetzung für die automatisierte Getriebekalibrierung am Rollen- oder Antriebsstrangprüfstand ist der Vergleich mit der Straße. Nur wenn die am Prüfstand optimierte Schaltung auch auf der Straße identisch ist, hat das System eine Zukunft. Deshalb wurden Schaltungen auf allen Testumgebungen miteinander verglichen.

In dieser Untersuchung wurde zuerst eine Auswahl an Antriebskonzepten getroffen, welche in verschiedenen Testumgebungen eine definierte Messprozedur, die einfache Hoch- und Rückschaltungen beinhaltet, absolvieren mussten. Ein Einfluss der Fahrdynamik oder der Antriebskonzepte konnte ausgeschlossen werden. Die nötigen Formeln zur Ermittlung der Beschleunigung auf einem Prüfstand wurden erstellt und anschließend alle Messungen durchgeführt. Anhand dieser Daten wurde die Korrelation zwischen automatisiert gefahrenen Schaltungen auf einem Prüfstand und Schaltungen auf der Straße hergestellt. Zudem wurden die Einsparungsmöglichkeiten hinsichtlich Zeit und Kosten dargestellt.

Die Effizienz des Systems kann weiter gesteigert werden, wenn die derzeitig realisierbaren Schaltungen, die auf einem Prüfstand möglich sind, noch erweitert werden. So könnten beispielsweise auch Kickdown-Schaltungen (mehrfach Rückschaltungen) automatisiert gefahren und anschließend optimiert werden.

Durch die exakte Simulation des Fahrzeuges ist es möglich, dass in Zukunft nicht ein ganzes Prototypenfahrzeug auf dem Antriebsstrangprüfstand aufgebaut werden muss. Es wird ausreichen, wenn der Antriebsstrang (Motor, Getriebe, Achsen und Aufhängung) aufgebaut wird. Weiters gibt es Potenzial, dass lediglich das Getriebe aufgebaut wird. Ein Forschungsprojekt in der AVL LIST GmbH testet bereits den Einsatz von

Asynchronmaschinen, die die Drehungleichförmigkeit eines Verbrennungsmotors simulieren können. Eine weitere Maschine könnte den restlichen Antriebsstrang simulieren. Damit wäre es möglich ein Prototypengetriebe so zu kalibrieren, dass es beim ersten Einbau bereits fahrbereit ist.

9 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] AVL LIST GmbH, AVL Fact Sheet, URL:
<http://www.avl.com/wo/webobsession.servlet.go/encoded/YXBwPWJjbXMmcGFnZT12aWV3Jm5vZGVpZD00MDAwMTMwMTUmbGFuZ3VhZ2VpZD0yJm1hc2s9dmll_0Adw_3D_3D.html>, verfügbar am 22.07.2009
- [2] H.; Bertsche, B.; Lechner, G.: Fahrzeuggetriebe. Berlin: Springer, 2007
- [3] CAR TRAINIG INSTITUTE, Getriebe im Automobil, Modul 7: Wandler-Stufenautomat und Betriebsstrategie. Sulzbach: IIR Verlag GmbH, 2/2006
- [4] ETAS, INCA-Software-Produkte, URL:
<http://www.etas.com/de/products/inca_software_products.php>, verfügbar am 22.07.2009

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Bearbeitungsort, Datum

Unterschrift