



**Fachgebiet Kraftfahrzeugtechnik**

Telefon: (03682) 451 151

Telefax: (03682) 451 223

Bearbeiter: Dipl.-Ing. D. Bader

e-mail: daniel.bader@tu-ilmenau.de

Datum: 08.12.02

## **Aufgabenstellung für eine Studien/Projektarbeit**

### **Ausrüstung eines Fahrzeuges mit Meßwerterfassungstechnik für die Geräusch- und Schwingungsmessung.**

Im Rahmen eines Projektes zur Untersuchung von Achsantriebsverzahnungen rüstet das FG Kraftfahrzeugtechnik ein Messfahrzeug aus. Nach vollständiger Ausrüstung werden mit diesem Fahrzeug Test- und Messfahrten mit verschiedenen Achsgetrieben durchgeführt. Ziel sind eine Verbesserung des Geräuschverhaltens und eine Erhöhung des Getriebewirkungsgrades. Das Hauptaugenmerk dieser Aufgabenstellung liegt auf der Konzeption und dem Aufbau des Messfahrzeugs.

Folgende Aufgaben sind im Rahmen dieser Arbeit zu lösen:

- Einarbeitung in Drehmoment- und Schwingungsmessung .
- Recherche über entsprechende Messwerterfassungssysteme in Fahrzeugen.
- Definition von Meßaufgaben und Meßgrößen.
- Konstruktion von Bauteilen/Befestigungen.
- Einrichtung von Messwerterfassungskomponenten.
- Einrichtung von Messsoftware.
- Nachweis der Funktionsfähigkeit in ersten Fahrversuchen.

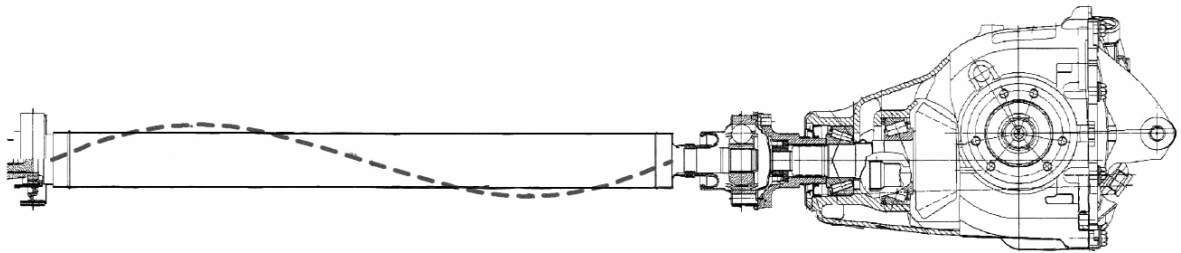
Die Aufgabe ist im Rahmen des Projektes erweiterungsfähig und kann auch in einer folgenden Arbeit weitergeführt werden. Die Bearbeitung erfolgt als Teil eines Projektteams. Laufender Informationsaustausch mit Bearbeitern angrenzender und übergreifender Aufgaben ist erforderlich.

Betreuer: DI Daniel Bader  
Verantw. Hochschullehrer: Prof. Klaus Augsburg

Technische Universität Ilmenau  
Fakultät für Maschinenbau  
Fachgebiet Kraftfahrzeugtechnik  
Manuel Kleinke MB1b / M99 – 28972

**Ausrüstung eines Fahrzeuges mit Meßwerterfassungstechnik für die  
Geräusch- und Schwingungsmessung.**

# Studienarbeit



Bearbeiter:	Manuel Kleinke
Betreuer:	Dipl.-Ing. D. Bader
Verantwortlicher Hochschullehrer:	Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Augsburg
Ausgabetermin:	08.12.2002
Abgabetermin:	08.12.2003

## **Vorwort**

Ich möchte mich für die Betreuung der Studienarbeit im Fachgebiet Kraftfahrzeugtechnik der Technischen Universität Ilmenau bei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Augsburg und Herrn Dipl.-Ing. D. Bader bedanken. Weiterhin soll auch den Mitarbeitern der Werkstatt für die gute, zuverlässige und zügige Arbeit gedankt sein.

Ebenso danke ich den Mitarbeitern des Projektpartners BGI automotive GmbH & Co. KG Eisenach unter der Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. H. J. Stadfeld für Tipps, Anregungen aber auch Forderungen dieser Arbeit.

Mein Dank gilt auch Herrn Dipl.-Ing. F. Gielisch von der BMW AG München für wichtige Anregungen dieser Aufgabe.

## **Erklärung**

Ich versichere hiermit, dass die Anfertigung dieser Studienarbeit auf einer selbständigen Arbeit beruht und das alle verwendeten Hilfsmittel und Quellen vollständig angegeben wurden.

Diese Arbeit hat nach meinem Wissen in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungskommission vorgelegen.

Ilmenau, den 08.12.2003

Manuel Kleinke

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>01</b>
<b>2. Einführung in die Messtechnik der Hinterachsgetriebe</b> .....	<b>03</b>
2.1. Vorbetrachtungen .....	03
2.2. Einführung in die Hinterachsgetriebe ..	04
2.3. physikalische Größen .....	07
<b>3. Wahl der Sensoren</b> .....	<b>09</b>
3.1. Temperaturmessung .....	10
3.2. Drehzahlmessung .....	12
3.2.1. Wahl nach physikalischer Größe und Anordnung .....	12
3.2.1.1 Inkrementelles und absolutes Messverfahren .....	12
3.2.1.2 mechanische Anordnungen .....	15
3.2.1.3 Selektierung nach physikalischen Größen .....	15
3.2.2. Gewählter Sensor .....	19
3.2.3. Zahnraddimensionierung .....	20
3.3. Drehmomentmessung .....	21
3.4. Geräuschemessung .....	28
3.5. Schwingungsmessung .....	28
3.6. CAN – BUS .....	32
<b>4. Messwerterfassung</b> .....	<b>33</b>
<b>5. Spannungsversorgung und Konditionierung</b> .....	<b>35</b>
<b>6. Einbau der technischen Elemente in das Forschungsfahrzeug</b> .....	<b>36</b>
6.1 Befestigung der Sensoren .....	36
6.2 Anbringung der Konditionierung .....	39
6.3 Befestigung der Messwerterfassung und Auswerteeinheiten .....	40
<b>7. Planung der Testfahrten</b> .....	<b>43</b>
<b>8. Zusammenfassung</b> .....	<b>46</b>
<b>9. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>47</b>
<b>10. Anhang</b> .....	<b>49</b>
10.1 Schutzklassen .....	49
10.2 Forderungsliste .....	50
10.3 Datenblatt Thermoelement .....	51
10.4 Datenblatt Drehzahlsensor .....	52

10.5 Telemetriesystem .....	53
10.6 Datenblatt Mikrofon .....	54
10.7 Positionierung des Beschleunigungssensors am HAG .....	55
10.8 Mikrophon Positionierung .....	56
10.9 Zeichnung zur Kabelverlegung .....	57
10.10 Schaltplan .....	58
10.11 Skizze Notebook-Halterung .....	59
10.12 Messprotokoll .....	60
10.13 Dokumentation über BMW-Umbau .....	62

Anhang CD: Datenblätter, Schaltplan, Tabellen u.s.w.

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Bild 1: Kegelfrad-Flankenlinien. . . . .	04
Bild 2: Kegelfräder. . . . .	05
Bild 3: Schrägkegelfrad und zugehöriges Planrad. . . . .	05
Bild 4: Bogenkegelfräder und zugehörige Planräder. . . . .	06
Bild 5: Messstromkreis mit isothermalen Block an der Vergleichsstelle. . . . .	11
Bild 6: Prinzip des induktiven Drehzahlaufnehmers. . . . .	19
Bild 7: Drehzahlsensor „Type Digital“. . . . .	20
Bild 8: Prinzipbild eines Drehmomentmesssystems mit Veränderung einer Induktivität. . . . .	22
Bild 9: Prinzipieller Aufbau der Verstärkungsmechanik. . . . .	22
Bild 10: Prinzipielle Anordnung der beiden Strichscheiben. . . . .	23
Bild 11: Prinzipieller Aufbau eines OFWR. . . . .	24
Bild 12: Aufbau eines piezoelektrischen Drehmomentaufnehmers. . . . .	24
Bild 13: Prinzipskizze eines Schwingsaitenaufnehmers. . . . .	25
Bild 14: DMS - Drehmomentmessung an rotierenden Wellen. . . . .	28
Bild 15: Wirkungskette für das Verzahnungsgeräusch. . . . .	29
Bild 16: Mögliche Schnittstellen für die Geräuschübertragung ins Fahrzeug. . . . .	29
Bild 17: Messprinzip. . . . .	30
Bild 18: Shear" Prinzip. . . . .	31
Bild 19: "Tri-Shear" ICP Accelerometer. . . . .	31
Bild 20: Anschluss eines ICP Beschleunigungs-Sensors. . . . .	32
Bild 21: Messwerterfassungssystem; (li.) „Harmonie“; (re) „MSX-16“. . . . .	33
Bild 22: Ansicht HAG von unten. . . . .	37
Bild 23: Drehzahlsensor und Zahnrad. . . . .	38
Bild 24: Mikrofonhalterung (Beifahrersitz). . . . .	39
Bild 25: Konditionierung und Spannungsversorgung. . . . .	40
Bild 26: Befestigung der Notebookhalterung an der Sitzschiene. . . . .	41
Bild 27: Ein- und Ausbau des Antriebs der Sitzlängsverstellung. . . . .	41
Bild 28: Montage Harmonie + Zusatzkanalbox. . . . .	42

Tabelle 1:	Forderungstabelle. . . . .	09
Tabelle 2:	Grundwerte von Thermospannungen von vier Typen von Thermopaaren. . . . .	10
Tabelle 3:	Forderungsliste Temperaturmessung. . . . .	11
Tabelle 4:	Forderungsliste Drehzahlmessung. . . . .	12
Tabelle 5:	Gegenüberstellung inkrementelle und absolute Drehgeber. . . . .	13
Tabelle 6:	Kriterien inkrementeller Drehgeber. . . . .	14
Tabelle 7:	Gegenüberstellung verschiedener Messprinzipien . . . . .	16
Tabelle 8:	Vergleich verschiedener Drehmomentsysteme. . . . .	26
Tabelle 9:	Vergleich zweier Datenübertragungsarten. . . . .	27
Tabelle 10:	Vergleich der verwendeten Beschleunigungssensoren. . . . .	30
Tabelle 11:	Vergleich „Harmonie“ und „MSX-16“. . . . .	33
Tabelle 12:	Lastzustände und Gelenkwellendrehzahlgradienten. . . . .	45

## Größen und Abkürzungen

A	Fläche
$a_1$	Mindestzahnbreite
$a_2$	min. Zahnücke
a	Zahnabstand
a-GW	Gradient der Gelenkwelldrehzahl
a-v	Geschwindigkeitsgradient
B	Magnetische Flussdichte
d	Kopfkreisdurchmesser
$d_a, d_i$	Außen-, Innendurchmesser eines Hohlzylinders
$\varepsilon$	Dehnung, Stauchung
$f_{\max}$	Impulsfrequenz
G	Schubmodul
I	Strom
i	Übersetzungsverhältnis
M	Drehmoment
N	Drehzahl
P	Leistung
$\Phi$	Magnetischer Fluss
$\varphi$	Winkel
Q	Ladung
r	Radius
s	Durchmesser Sensorkopf
T	Temperatur
T	Zeit
$\vartheta_M$	Messtemperatur
$\vartheta_V$	Vergleichsstellentemperatur
u	Zahnradumfang am Kopfkreis
U	Spannung
$U_{\text{th}}$	Thermospannung
W	Energieänderung
$\omega$	Winkelgeschwindigkeit
z	Zähnezahl

# 1 Einleitung

An die Aggregate der Kraftfahrzeugtechnik werden immer höhere Anforderungen gestellt. Sie, werden sowohl durch die Fahrzeughersteller als auch durch die Kunden bestimmt. Daher müssen oftmals gegenläufige Ziele, wie geringer Schadstoffausstoß, maximaler Wirkungsgrad, minimale Herstellungskosten, geringer Bauraumbedarf und geringes Geräuschverhalten in bestmöglichen Kompromissen erfüllt werden.

In der Fahrzeugtechnik werden verschiedene Komponenten, auf diese Wünsche untersucht. Einer dieser ist die Antriebstechnik. Die Gesamtübersetzung im Fahrzeug vom Motor bis zu den Rädern wird vom Getriebe mit variabler Übersetzung und dem Achsantrieb gebildet. Einzelne Komponenten wie der Achsantrieb bestehen wiederum aus mehreren Elementen, die hinsichtlich des Wirkungsgrades und des Geräuschverhaltens untersucht werden müssen. Achsantriebe stellen mittels Kegel- oder Stirnradgetriebe und Gelenkwelle mit eventuellem Zwischenlager eine Verbindung zwischen dem Getriebe und den Rädern her.

Die Beseitigung von Verzahnungsgeräuschen aus dem Hinterachsgetriebe (HAG) stellt insbesondere bei Heckgetriebenen Fahrzeugen eine anspruchsvolle Aufgabe dar. Die Abstützung des gesamten Antriebsmomentes und der Wunsch nach einem sportlichen Fahrverhalten erfordern eine straffe Abstimmung der Hinterachsaufhängung.

Die Firma BGI automotive arbeitet zusammen mit der TU Ilmenau an einem Projekt, welches die Aufgabe hat, Geräusche und Schwingungen an Hinterachsgetrieben zu untersuchen und zu verringern. Hierbei sollten auch die BMW Werke mit ihrer mehrjährigen Ingenieurserfahrung auf diesem Gebiet für einen guten Einstieg in die Forschung sorgen.

Wirkungsgradverbesserung und damit Geräusch- und Schwingungsoptimierung kann mittels verschiedener Geometrien der Getriebeelemente erreicht werden. Die Wirkflächenpaarung der Einzelteile in den Baugruppen müssen demnach untersucht

und gegebenenfalls verändert werden. Zur Untersuchung der Baugruppen werden verschiedenste Messwerte aufgenommen.

Einerseits ist die Zielstellung dieser Studienarbeit beim Untersuchen von Hinterachsgetrieben die richtige Wahl der zu untersuchenden physikalischen Größen. Andererseits ist das Aussuchen geeigneter Messtechniken und Messsysteme ein wichtiger Aspekt bei der Aufnahme von Messwerten.