



FEDERUNGSSYSTEME BEI TRANSPORTERN

Manfred Nadlinger
Erich Artmüller
Alois Leichtfried
Franz Gruber

Heft Nr. 49 / Oktober 2006

AT 3250 Wieselburg, Rottenhauser Straße 1
Tel.: +43 7416 52175 - 0, Fax: +43 7416 52175 - 45
E-Mail: blt@josephinum.at, <http://blt.josephinum.at>



Impressum

Projektleiter:

Dipl.-HLFL-Ing. Manfred Nadlinger

Projektmitarbeiter:

Erich Artmüller, Alois Leichtfried, Franz Gruber

HBLFA Francisco Josephinum
BLT Biomass – Logistics – Technology

Beteiligte Institutionen bzw. Projektpartner:

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (CH)
Transporterfirmen (Aebi, Lindner, Reform, Schiltrac)

Als Manuskript gedruckt und herausgegeben von



Oktober 2006

Abschlussbericht zum Forschungsprojekt BLT 04 2279 „Federungssysteme bei Transportern“

Der Nachdruck, die Entnahme von Abbildungen, die photomechanische oder xerographische Vervielfältigung und auch die auszugsweise Wiedergabe sind nur unter Quellenangabe gestattet.

Mit dem Agrarrechtsänderungsgesetz 2004 (BGBl. Nr 83/2004) wurden die Höhere landwirtschaftliche Bundeslehranstalt Francisco-Josephinum in Wieselburg und die Bundesanstalt für Landtechnik in Wieselburg mit 1. Jänner 2005 zur „**Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Landtechnik und Lebensmitteltechnologie Francisco Josephinum in Wieselburg**“ zusammengeführt. Die Kurzbezeichnung „BLT“ steht für den F & E Bereich **Biomass – Logistics – Technology** der HBLFA Wieselburg. Der Aufgaben- und Wirkungsbereich hat sich gegenüber der ehemaligen Bundesanstalt für Landtechnik (BLT) nicht verändert.

Rottenhauser Straße 1
AT 3250 Wieselburg
AUSTRIA

Tel.: +43 7416 52175-0
Fax: +43 7416 52175-45
E-Mail: blt@josephinum.at

Liste aller bisherigen Forschungsberichte der BLT Wieselburg:
<http://www.blt.josephinum.at>

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG	1
3	SCHWERPUNKTE DER UNTERSUCHUNG	4
4	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	4
5	FEDERUNGS-AUSSTATTUNG DER FAHRZEUGE	4
6	WO UND WAS WURDE UNTERSUCHT?	7
7	ERGEBNISSE VOR UND NACH DER OPTIMIERUNG DER FEDERUNG	9
8	VERGLEICH DER TRANSPORTER AUF DER 100-M-HOLPERBAHN.....	13
9	VERGLEICH DER TRANSPORTER AUF DER 35-M-HOLPERBAHN.....	16
10	VERGLEICH DER TRANSPORTER AUF DER ASPHALTSTRASSE.....	19
11	VERGLEICH DER TRANSPORTER MIT TRAKTOR, UNIMOG UND PKW.....	20
12	VERGLEICH – TRANSPORTER MIT TRAKTOR (100-M-HOLPERBAHN)	23
13	VERGLEICH – TRANSPORTER MIT UNIMOG UND VW-TOUAREG (100-M-HOLPERBAHN)	24
14	VERGLEICH – TRANSPORTER MIT TRAKTOR, UNIMOG UND PKW (ASPHALTSTRASSE).....	26
15	ANTEIL DES FAHRERSITZES AN DER SCHWINGUNGSREDUKTION.....	27
16	TÄGLICH ZULÄSSIGE ARBEITSZEIT NACH EU-RICHTLINIE 2002/44/EG	28
17	ZUSAMMENFASSUNG.....	32

1 EINLEITUNG

Bedingt durch den Strukturwandel in der Landwirtschaft werden die Anforderungen an die Maschinen und Geräte kontinuierlich gesteigert. Bei den Transportern ist wie bei den Traktoren ein Trend zu stärkeren Motorleistungen, zunehmend höheren Betriebsstunden und ein Anstieg der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten festzustellen. Zur Verringerung der Schwingungsbelastungen des Fahrers am Traktor wurden Federungssysteme wie z.B. Vorderachsfederung und Kabinenfederung entwickelt, die bereits am Markt erfolgreich eingeführt sind. Die gleiche technische Entwicklung findet auch bei den Transportern statt. Federungssysteme wurden entwickelt, die eine Erleichterung der täglichen Arbeit bringen sollen. Der Transporter ist ein Fahrzeug, das neben dem landwirtschaftlichen Bereich auch zunehmend immer mehr in den Kommunen (Gemeinden, Städte) eingesetzt wird. Der Federungskomfort spielt bei der Kaufentscheidung eine große Rolle.

2 PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

Derzeit werden verschiedene Fahrzeugtypen mit unterschiedlichen Federungssystemen angeboten. Die Wirkung der Federungssysteme der Transporter auf das Schwingungsaufkommen von Fahrer und Fahrzeug, wurde bisher nicht oder nur wenig untersucht. Die Landwirte hatten bisher beim Kauf von Transportern keine objektive Entscheidungsgrundlage. Das Fahrverhalten von Transportern ist jedoch grundsätzlich anders als bei den Traktoren. Die Gewichtsverteilung zwischen der Vorder- und der Hinterachse ist sehr stark von der Beladung abhängig. Die Kabine befindet sich über der Vorderachse und die kleinen Räder mit hohem Reifendruck bewirken ein völlig anderes Fahrverhalten auf der Straße. Die EU hat 2002 eine neue Richtlinie 2002/44/EG für den Arbeitnehmerschutz mit dem Titel „Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen)“ beschlossen. Diese Richtlinie regelt die maximal tägliche (8 Stunden) zumutbare Schwingungsexposition für den Fahrer. Das bedeutet, dass mit steigender Schwingungsbelastung sich die zulässige Arbeitszeit verkürzt.

Die Richtlinie gilt ab 2005 für alle neuen Arbeitsgeräte, ab 2010 für bestehende Geräte und soll ab 2014 mit Berücksichtigung aller Übergangsfristen für die Land- und Forstwirtschaft in Kraft treten. Eine wissenschaftliche Grundlage für begrenzte Lenkzeiten bei landwirtschaftlichen Maschinen gab es bisher nicht. Diese Untersuchung brachte Ergebnisse über den Federungskomfort der Transporter im Vergleich untereinander und im Verhältnis zu anderen Fahrzeugen ist. Ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchung war inwieweit die derzeit am Markt befindlichen Transporter die Anforderungen der EU-Richtlinie 2002/44/EG erfüllen. Im Zuge dieser Untersuchung wurden die Transporter von vier verschiedenen Firmen herangezogen.

Folgende Transporter mit Vorderachs- und Hinterachsfederung wurden untersucht:



Abb. 1: Lindner „Unitrac 95“



Abb. 2: Reform „T9“



Abb. 3: Aebi „TP88“



Abb. 4: Schiltrac „2068SF“

3 SCHWERPUNKTE DER UNTERSUCHUNG

- Wirkung der Federungssysteme auf die Schwingungsbelastungen des Fahrers und des Fahrzeuges auf verschiedenen Fahrbahnen und mit unterschiedlicher Beladung;
- Vergleich des Schwingungsverhaltens der vier Transporter untereinander und der Vergleich mit Traktor, Unimog und PKW;
- Vergleich des derzeitigen Schwingungsaufkommens auf den Testbahnen und im Praxiseinsatz mit der künftigen EU-Richtlinie 2002/44/EG (Vibrationen – 89/391/EWG).

4 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Im Jahre 2004 wurde in einer Voruntersuchung der „Iststand“ hinsichtlich Schwingungsverhalten der damals am Markt befindlichen Transporter ermittelt. Über den Winter 2005/2006 wurde den Firmen die Gelegenheit gegeben Verbesserungen an den Fahrzeugfederungen vorzunehmen. Im Herbst 2005 wurden die Abschlussmessungen an den optimierten Fahrzeugen durchgeführt. Alle in Folge angeführten Ergebnisse beziehen sich somit auf den letzten technischen Stand (optimierten) der Fahrzeuge.

5 FEDERUNGS-AUSSTATTUNG DER FAHRZEUGE

Alle vier Transporter waren mit einer hydropneumatischen Einzelradfederung (Einzelradaufhängung) mit Niveaueingleich ausgestattet. Der Niveaueingleich bewirkt eine ständige Niveaueingleichung in der Höhe, unabhängig von der Ballastierung des Fahrzeuges. Somit ist der gesamte Federweg bei allen Fahrzuständen immer zur Verfügung.

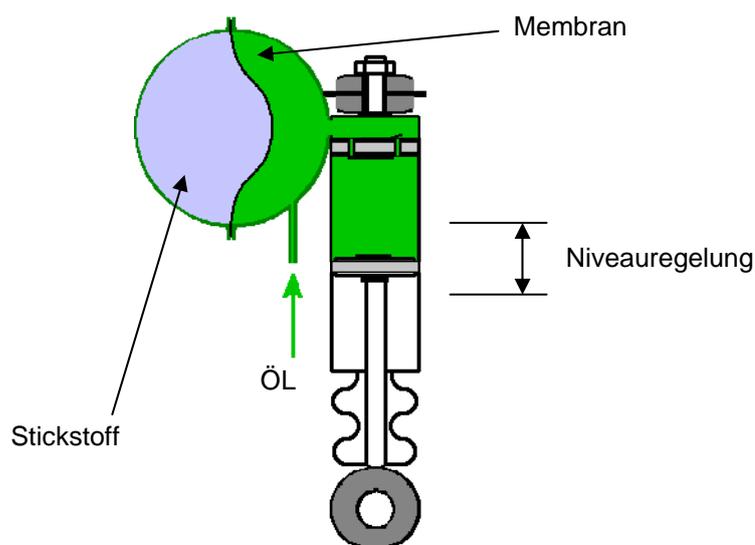


Abb. 5: Federungszyinder

Die Fa. Lindner bietet ihr bewährtes Federungssystem am „Unitrac“ seit ca. 13 Jahren an. Konstruktiv hat sich seither nicht viel verändert. Bei der Federung handelt es sich um eine Einzelradaufhängung in Form von kompakten Achsschwinge an der Vorder- und Hinterachse quer zur Fahrtrichtung (Querschwinge), die am Fahrzeugrahmen befestigt sind und sich am Federungszyylinder bei den einzelnen Rädern abstützen. Die Federung kann wahlweise gesperrt oder aktiviert werden (Abb. 6).



Abb. 6: Federung Lindner „Unitrac 95“

Die Fa. Schiltrac hat zum neuen Transporter Schiltrac „2068SF“ auch das Federungssystem neu entwickelt. Die Federung wurde nicht im herkömmlichen Sinn als Einzelradaufhängung ausgeführt, sondern in Form eines Dreieckrahmens anstatt der üblichen Vorder- und Hinterachse. Dieser Dreieckrahmen ist ca. 1 m vor den vorhandenen Achsen gelenkig an einem Punkt mittig gelagert und öffnet sich dann V-förmig zu den Rädern hin. Der Dreieckrahmen stützt sich jeweils an den einzelnen Federungszyindern der Räder ab. Die Federung kann je nach Bedarf wahlweise gesperrt, abgesenkt oder ausgehoben werden (Abb. 7).



Abb. 7: Federung Schiltrac „2068SF“

Die Fa. Reform hat für den „T8“ und „T9“ auch ein neues Einzelradfederungssystem entwickelt. Die Federung ist nicht in Form von Querschwingen (quer zur Fahrtrichtung) wie bei den anderen Fahrzeugen ausgebildet, sondern als gezogene Schwingen die am Rahmen befestigt sind und nach hinten ausfedern. Jede Achsschwinge stützt sich auf dem Federungszyylinder des jeweiligen Rades ab. Die Federung kann ebenfalls wahlweise gesperrt, abgesenkt oder ausgehoben werden (Abb. 8).



Abb. 8: Federung Reform „T9“

Die Fa. Aebi wurde durch diese Untersuchung angeregt eine neue Einzelradfederung zu entwickeln. Die Konstruktion gleicht der einer PKW Radaufhängung. Die Räder werden jeweils oben und unten von einer Querschwinge (Parallelogrammführung) gehalten. Die Federung und Dämpfung übernehmen die niveaugeregelten Dämpfungszyylinder an den einzelnen Rädern (Abb. 9). Zusätzliche Gummipuffer verhindern den Endanschlag beim Einfedern.



Abb. 9: Federung Aebi „TP88“

6 WO UND WAS WURDE UNTERSUCHT?

Alle vier Fahrzeuge wurden mit aktivierter Federung auf den Testbahnen der FJ-BLT Wieselburg im Leerzustand und mit 2/3 der Nutzlast gefahren.

Folgende Testbahnen wurden verwendet:

- **100-m-Holperbahn** - entspricht im Profil einem Feldweg (genormt nach ISO 5008), gefahren wurde mit Fahrgeschwindigkeiten von 10 bis 30 km/h.
- **35-m-Holperbahn** - entspricht einem Sturzakker (genormt nach ISO 5008), dient vorwiegend zur horizontalen Schwingungsanregung (y) quer zur Fahrtrichtung, gefahren wurde mit Fahrgeschwindigkeiten von 3,4 und 5 km/h.
- **Asphaltstraße** - schlechte Landstraße (mit Ausbesserungsstellen), gefahren wurde mit Fahrgeschwindigkeiten von 30, 35 und 40 km/h (Abb. 10, 11 und 12).



Abb. 10: 35-m-Holperbahn



Abb. 11: 100-m-Holperbahn



Abb. 12: Asphaltstraße

Der Vergleich des Schwingungskomforts der Fahrzeuge wurden mittels der Beschleunigungen an der Sitzfläche des Fahrersitzes (dreiaxsig x, y, z), am Kabinenboden (dreiaxsig x, y, z), an der Achse vorne (vertikal z), an der Achse hinten (vertikal z) sowie die Federwege an den Achsen und am Fahrersitz gemessen.

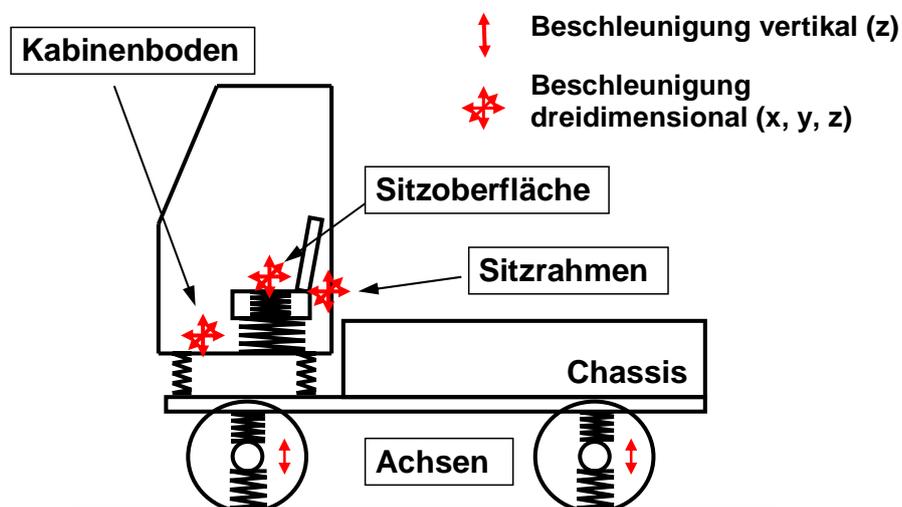


Abb. 13: Messstellen am Fahrzeug

Um den Vergleich hinsichtlich Wirksamkeit der Transporterfederungen zum ungefederten Transporter feststellen zu können, wurde ein alter Transporter (ca. 15 Jahre) ohne Federung in die Untersuchung eingebunden.

7 ERGEBNISSE VOR UND NACH DER OPTIMIERUNG DER FEDERUNG

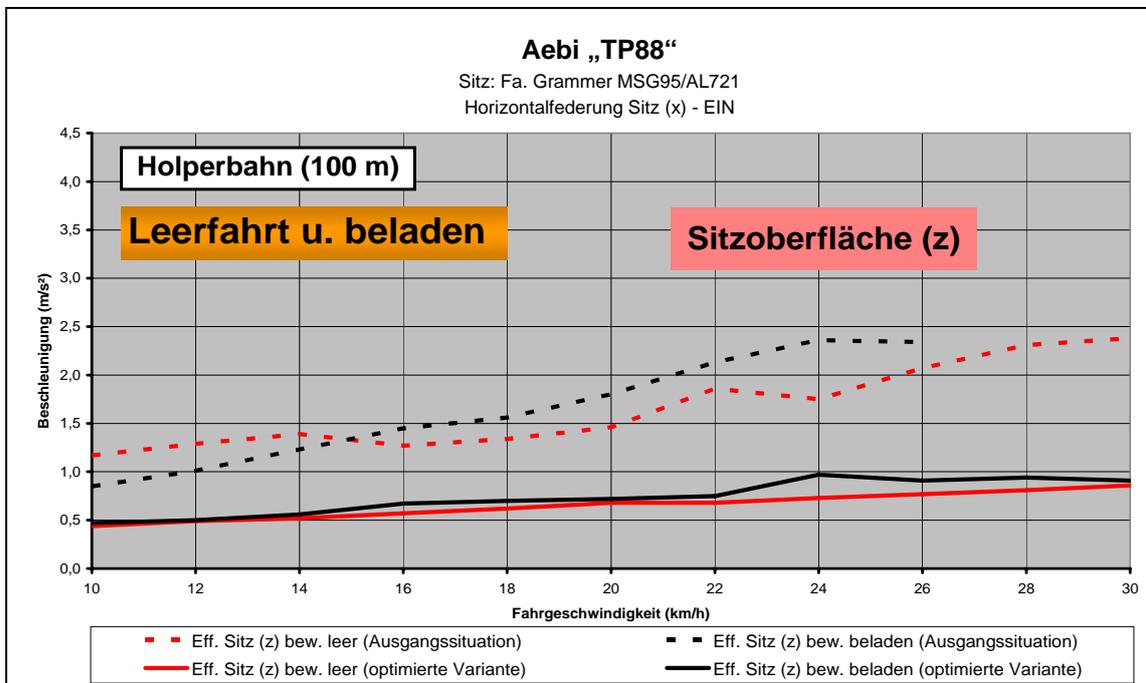


Abb. 14: Aebi - Sitzoberfläche (z) bew. (Ausgangssituation und optimierte Variante)

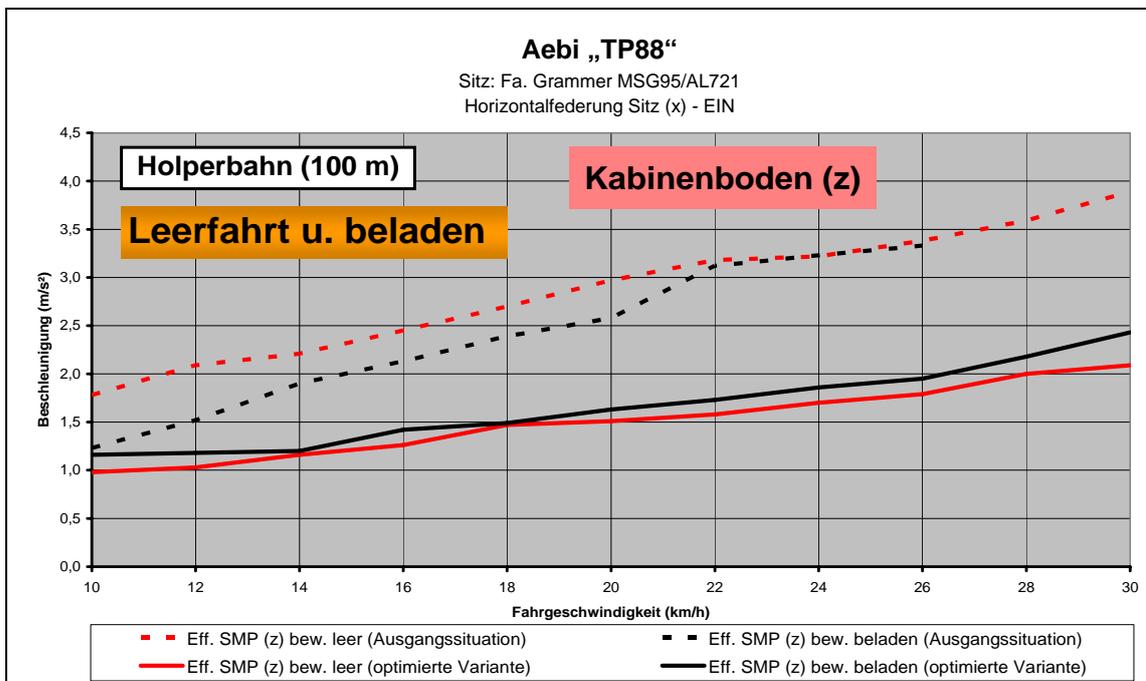


Abb. 15: Aebi - Kabinenboden (z) bew. (Ausgangssituation und optimierte Variante)

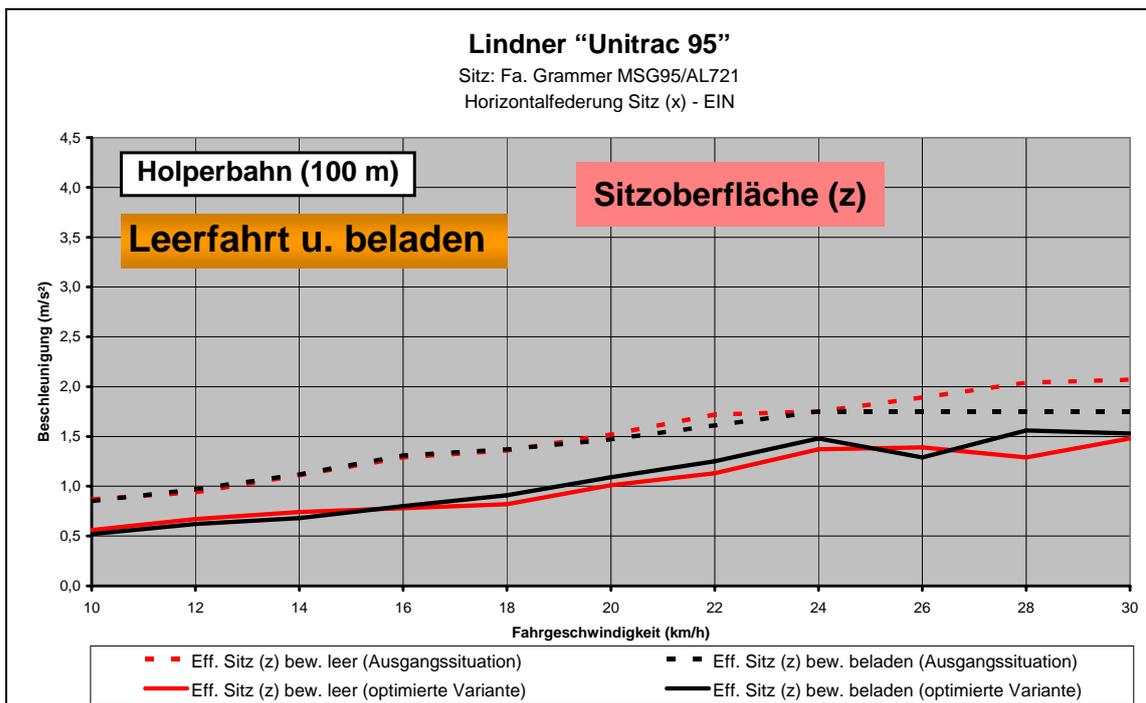


Abb. 16: Lindner - Sitzoberfläche (z) bew. (Ausgangssituation und optimierte Variante)

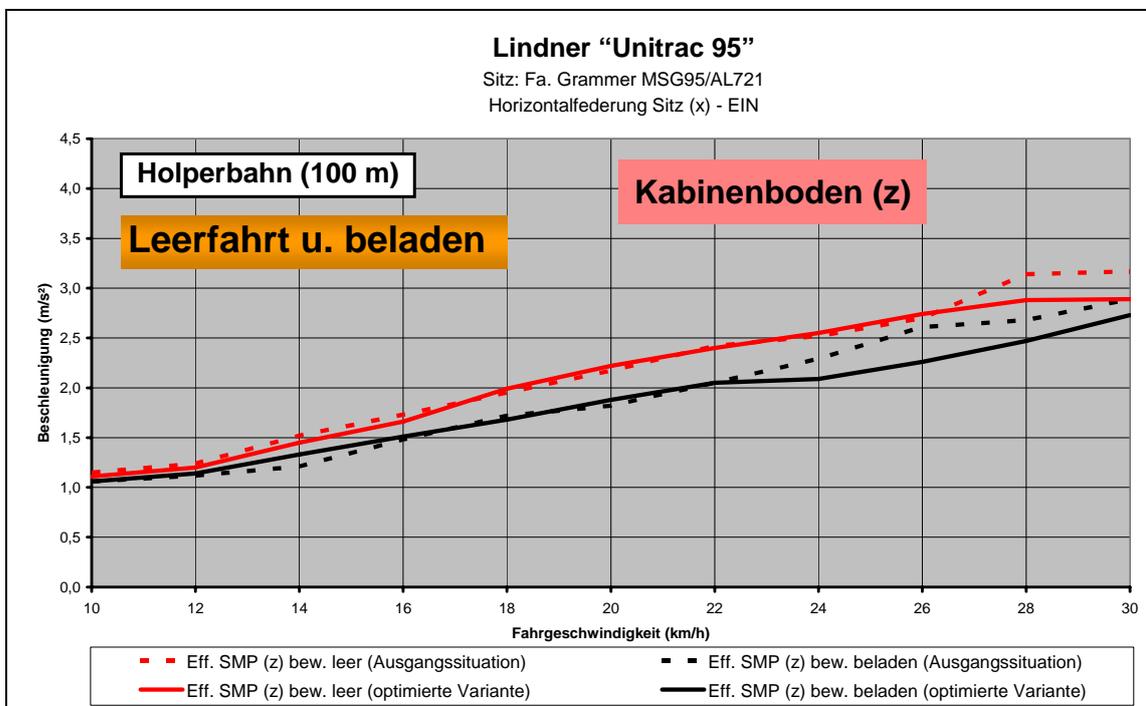


Abb. 17: Lindner - Kabinenboden (z) bew. (Ausgangssituation und optimierte Variante)

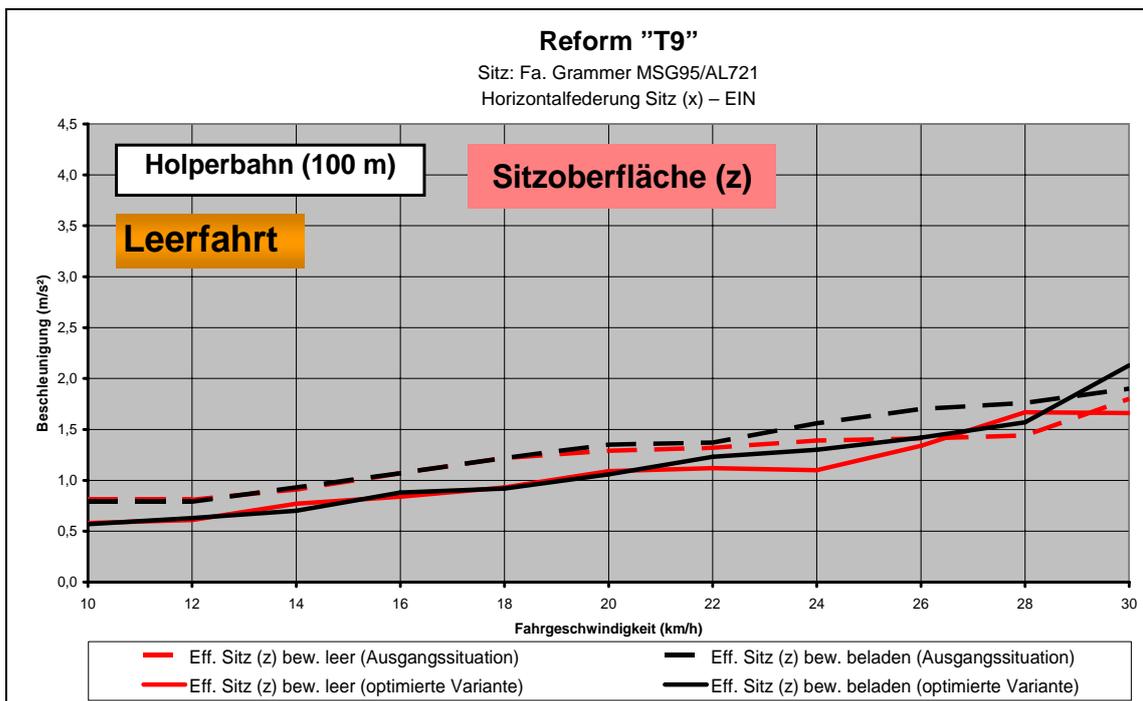


Abb. 18: Reform - Sitzoberfläche (z) bew. (Ausgangssituation und optimierte Variante)

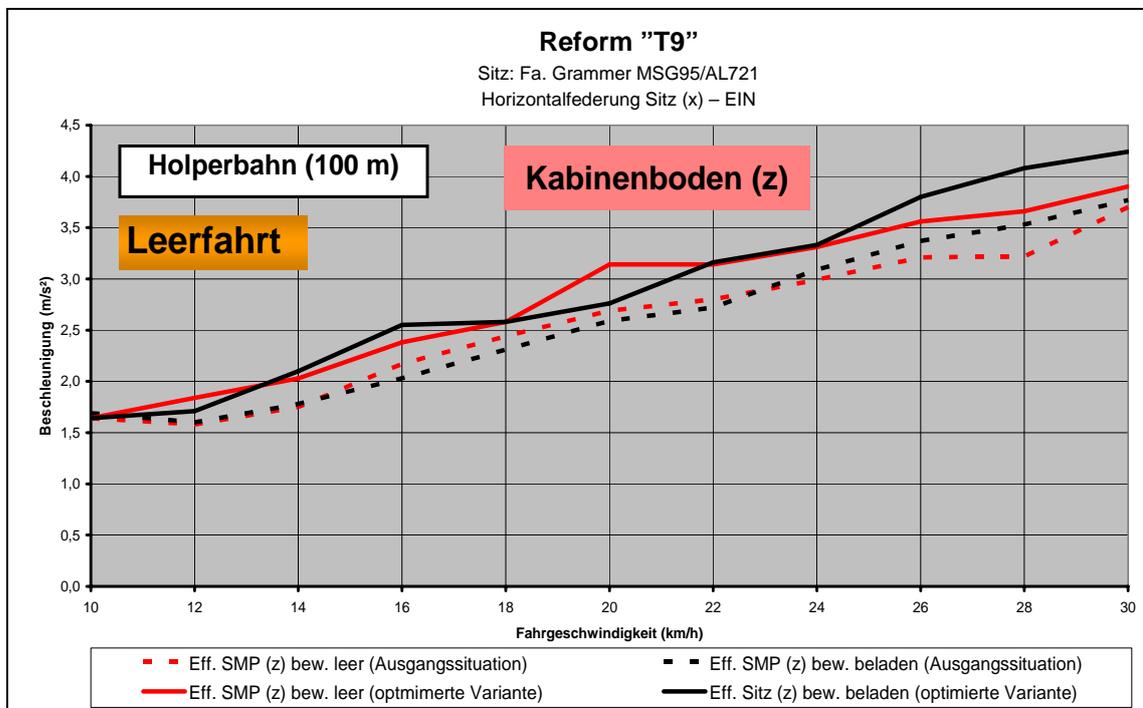


Abb. 19: Reform - Kabinenboden (z) bew. (Ausgangssituation und optimierte Variante)

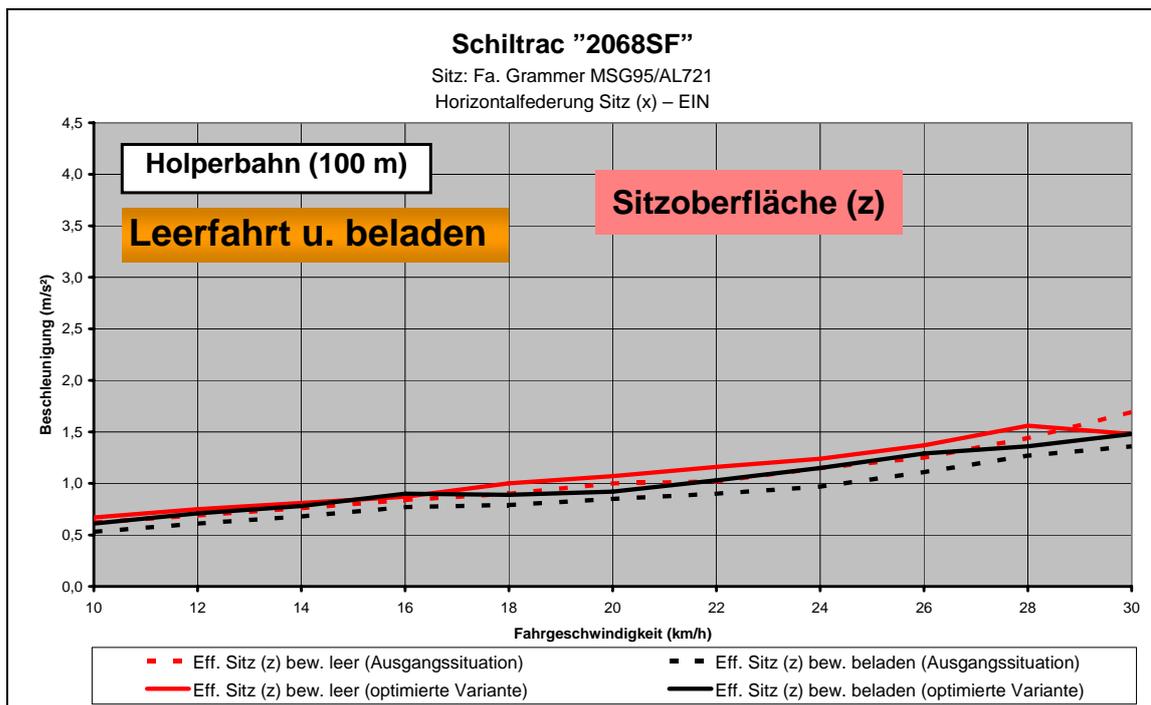


Abb. 20: Schiltrac - Sitzoberfläche (z) bew. (Ausgangssituation und optimierte Variante)

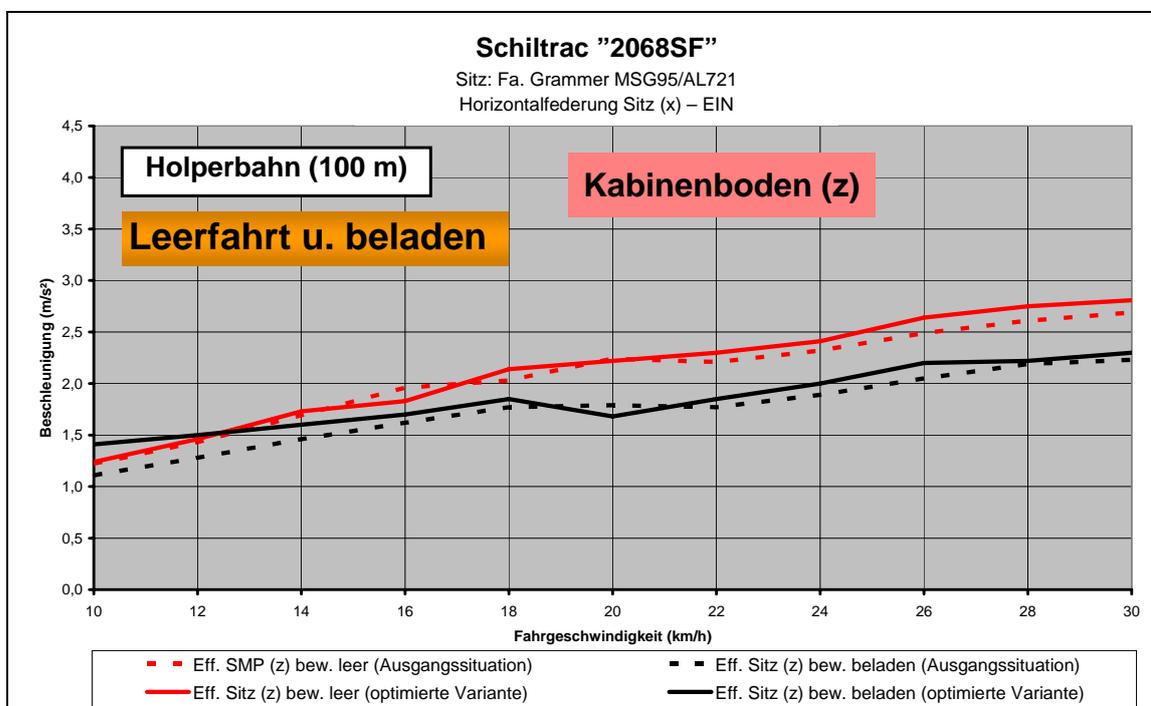


Abb. 21: Schiltrac - Sitzoberfläche (z) bew. (Ausgangssituation und optimierte Variante)

8 VERGLEICH DER TRANSPORTER AUF DER 100-M-HOLPERBAHN

Vergleicht man die Leerfahrt der gefederten Transporter mit dem ungefederten alten Transporter (ca. 15 Jahre alt) auf der 100-m-Holperbahn, so zeigen sich durchwegs sehr große Schwingungsreduktionen am Fahrersitz in vertikaler Richtung von **65 bis 80 %**.

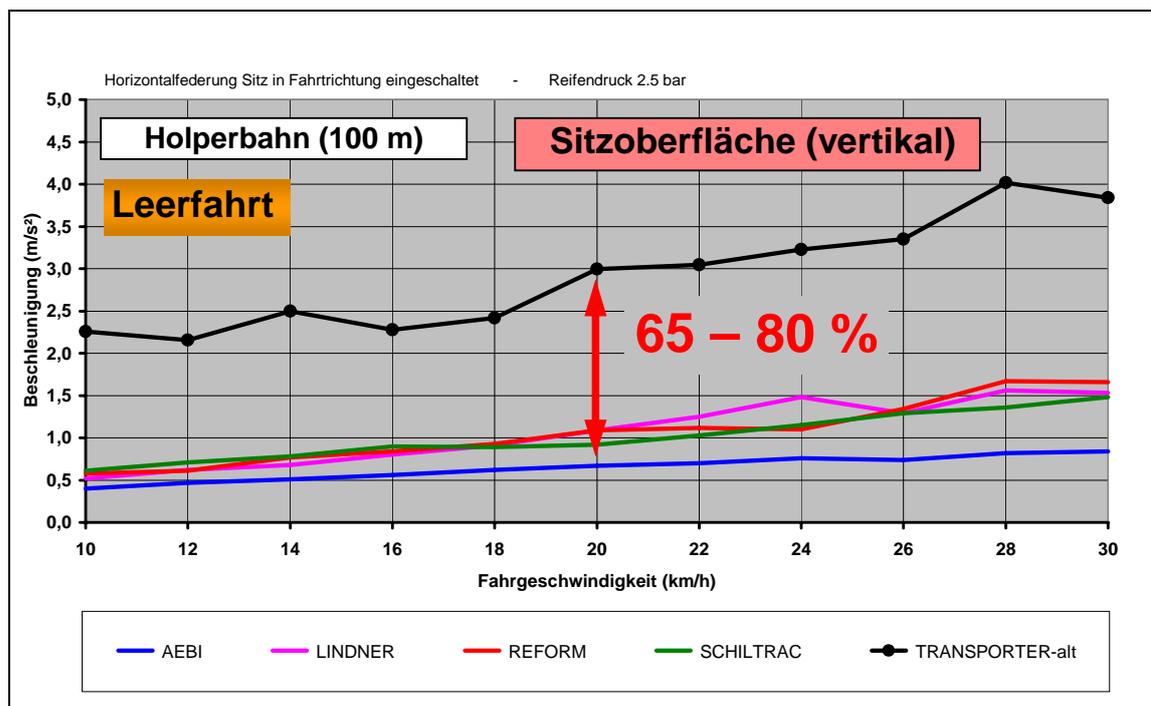


Abb. 22: Vergleich – 100-m-Holperbahn, Leerfahrt – Sitzoberfläche (z)

Die Messwerte der Transporter von Lindner, Reform und Schiltrac liegen alle sehr eng beieinander. Die Ergebnisse vom Aebi „TP88“ heben sich wesentlich von den übrigen Fahrzeugen ab.

Auch der beladene Zustand (mit 2/3 der Nutzlast) zeigt ähnlich hohe Schwingungsreduktionen von **60 bis 75 %** am Fahrersitz gegenüber dem ungefederten Fahrzeug (Abb. 23).

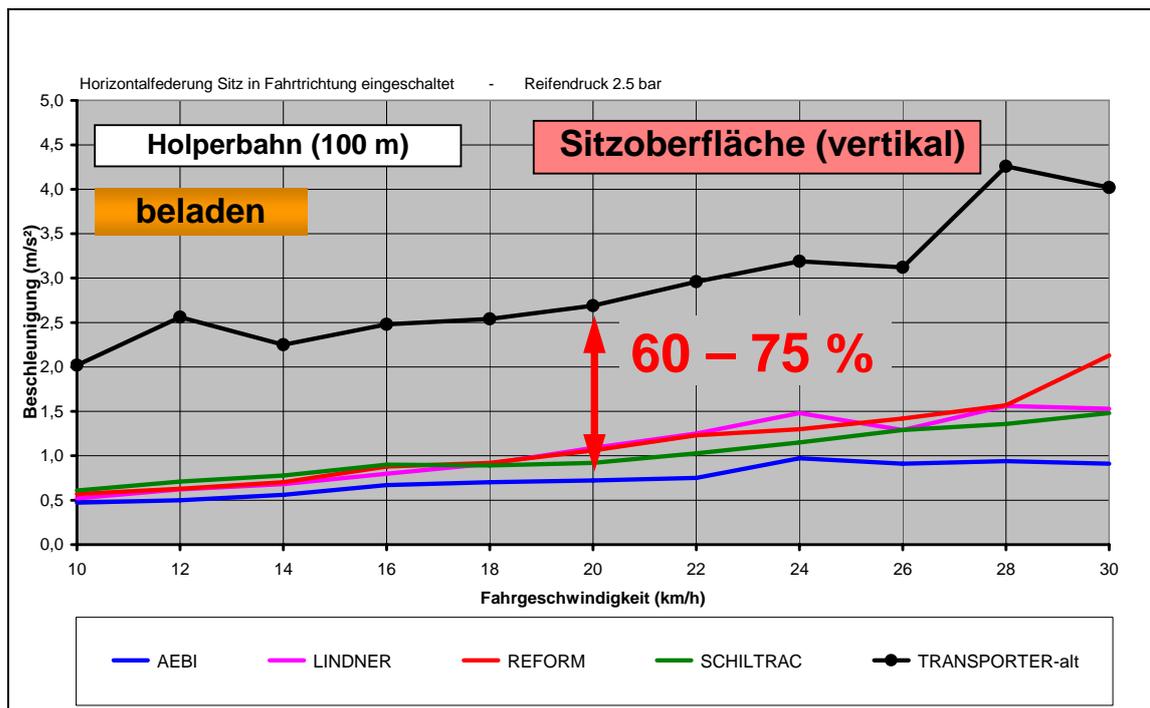


Abb. 23: 100-m-Holperbahn, beladen – Sitzoberfläche (z)

Der Lindner „Unitrac 95“, Schiltrac „2068SF“ und der Reform „T9“ haben am Fahrersitz (vertikal) im beladenen Zustand und auf der 100-m-Holperbahn ein gleiches Schwingungsverhalten.

Der Aebi „TP88“ hebt sich jedoch deutlich von den anderen Fahrzeugen ab. Der Grund liegt in der kompromisslosen Umsetzung des Federungskonzeptes, das sehr stark an die PKW-Radaufhängung angelehnt ist. Die Beschleunigungen, die am Fahrersitz des Aebi „TP88“ gemessen wurden, sind verglichen mit anderen Fahrzeugen sensationell. Werden die Schwingungen, die auf das Fahrzeug übertragen werden, bereits bei den Achsen stark reduziert, muss eine eventuell vorhandene Kabinenfederung oder Sitzfederung nicht mehr so viel an Schwingungsanregung vernichten. Das ganze Fahrzeug bleibt insgesamt ruhiger.

Eines hat sich bei dieser Untersuchung wiederum ganz deutlich gezeigt, trotz gutem Federungssystem ist die Qualität des Fahrersitzes wesentlich mitentscheidend für einen guten Fahrkomfort. Auch ein gutes Fahrzeugfederungssystem kann mit einem schlechten Fahrersitz wirkungslos werden!

Einen guten Fahrersitz erkennt man an folgenden Punkten: Mindestens 100 mm Federweg, reibungsarme Gelenke, kein Spiel in den Gelenken und ein einfach wirkender, weicher Sitzdämpfer (dämpft nur beim Ausfedern des Fahrersitzes). Um objektiv die Wirkung der Federungssysteme der einzelnen Transporter beurteilen zu können, muss man die Beschleunigungen am Kabinenboden dafür heranziehen.

Der Vergleich der Beschleunigungen am Kabinenboden (ohne Fahrersitz) zeigt jedoch größere Unterschiede im Schwingungsverhalten der einzelnen Fahrzeuge (Abb. 24).

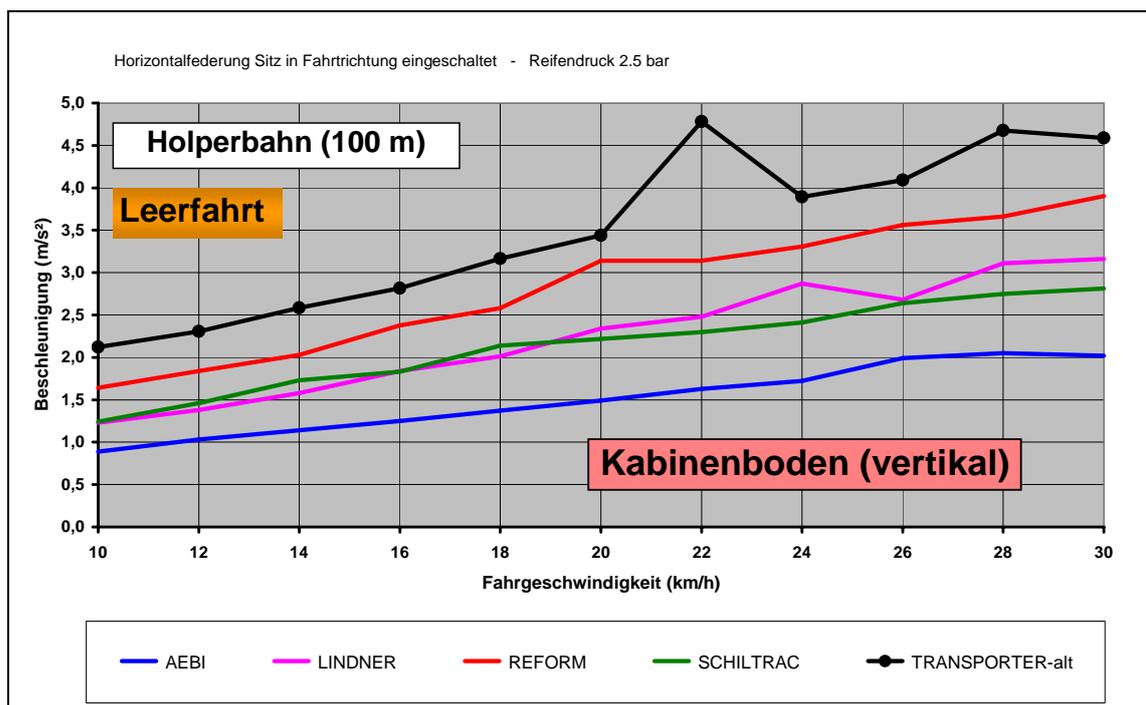


Abb. 24: 100-m-Holperbahn, Leerfahrt - Kabinenboden (z)

Die Abb. 24 zeigt, wie viel die Federungen der einzelnen Fahrzeuge tatsächlich an Schwingungen von der Fahrbahn bis zum Fahrersitz durchlassen. Hier treten die Unterschiede im Schwingungsverhalten der Fahrzeuge schon deutlicher hervor. Beim Vergleich der Messwerte des Kabinenbodens (Abb. 24) mit den Werten des Fahrersitzes auf der 100-m-Holperbahn (Abb. 22) ist zu erkennen, dass ein guter Fahrersitz schlechte Beschleunigungswerte am Kabinenboden ohne weiteres kompensieren kann.

9 VERGLEICH DER TRANSPORTER AUF DER 35-M-HOLPERBAHN

Die 35-m-Holperbahn stellt in ihren Unebenheiten einen „Sturzacker“ (gepflügte Feld, Waldarbeit, Fahren über sehr unebenes Gelände) dar. Die Schwingungsanregung erfolgt dabei hauptsächlich horizontal quer zur Fahrtrichtung. Die Testbahn kann je nach Fahrzeug mit einer Fahrgeschwindigkeit von max. 7 km/h befahren werden. Der Vergleich der gefederten Transporter mit dem ungefederten Transporter auf der 35-m-Holperbahn erbrachte Schwingungsreduktionen am Fahrersitz vertikal von 55 bis 70 % bei 5 km/h (Abb. 25).

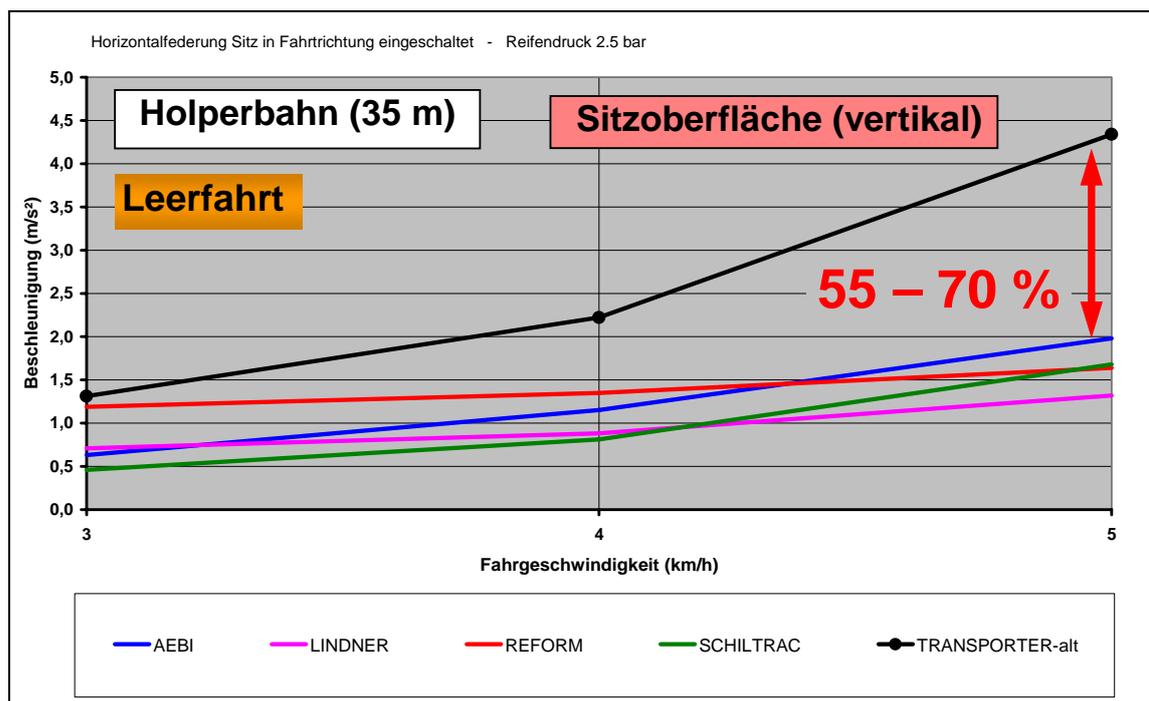


Abb. 25: 35-m-Holperbahn, Leerfahrt - Sitzoberfläche vertikal (z)

Sowohl bei schneller Fahrt über den Feldweg als auch bei langsamer Fahrt über sehr unebenes Gelände mit starker Schwingungsanregung, werden die Schläge und Stöße auf den Fahrer und das Fahrzeug durch die Federungssysteme beträchtlich verringert.

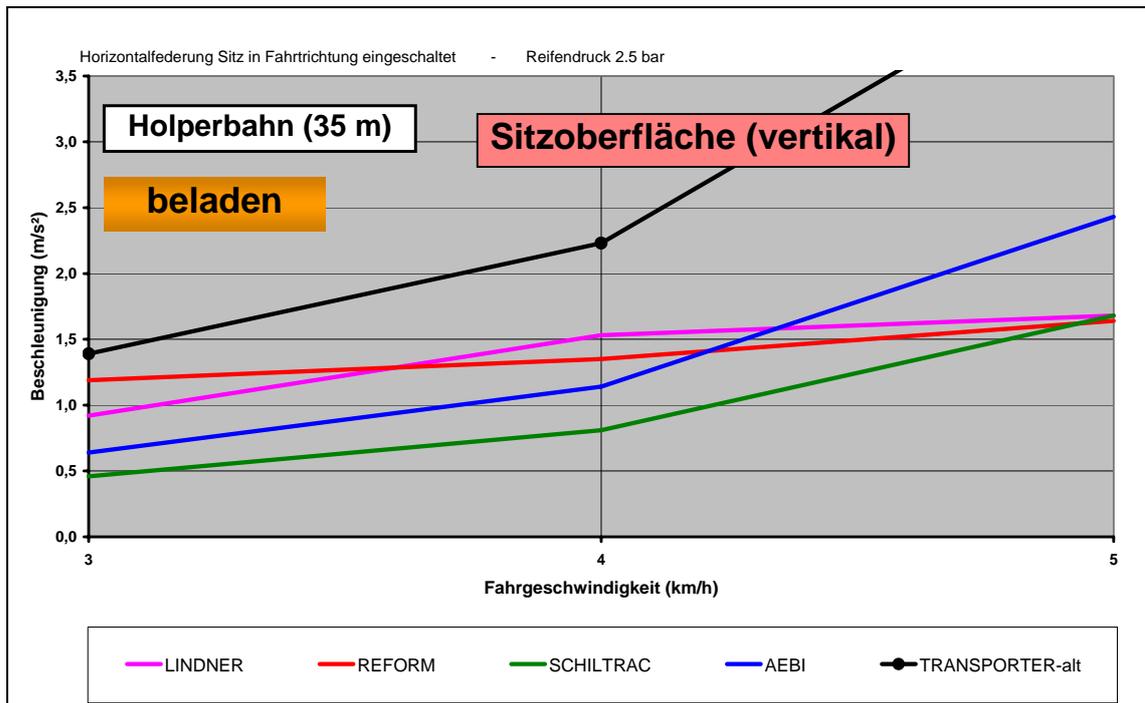


Abb. 26: 35-m-Holperbahn, beladen, Sitzoberfläche vertikal (z)

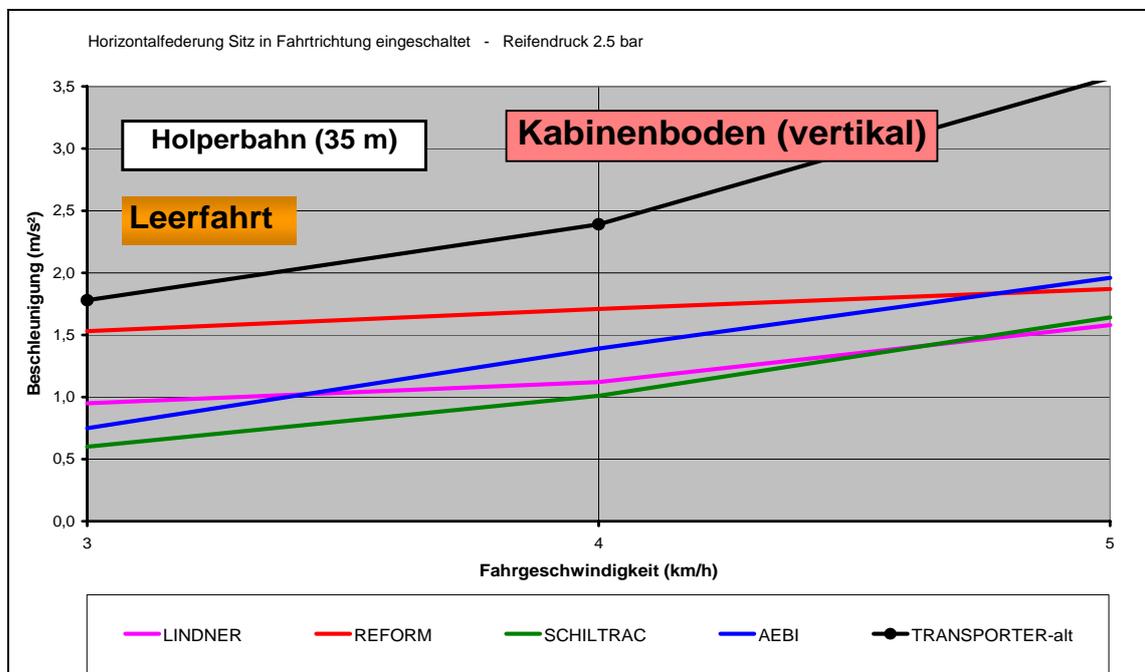


Abb. 27: 35-m-Holperbahn, Leerfahrt - Kabinenboden vertikal (z)

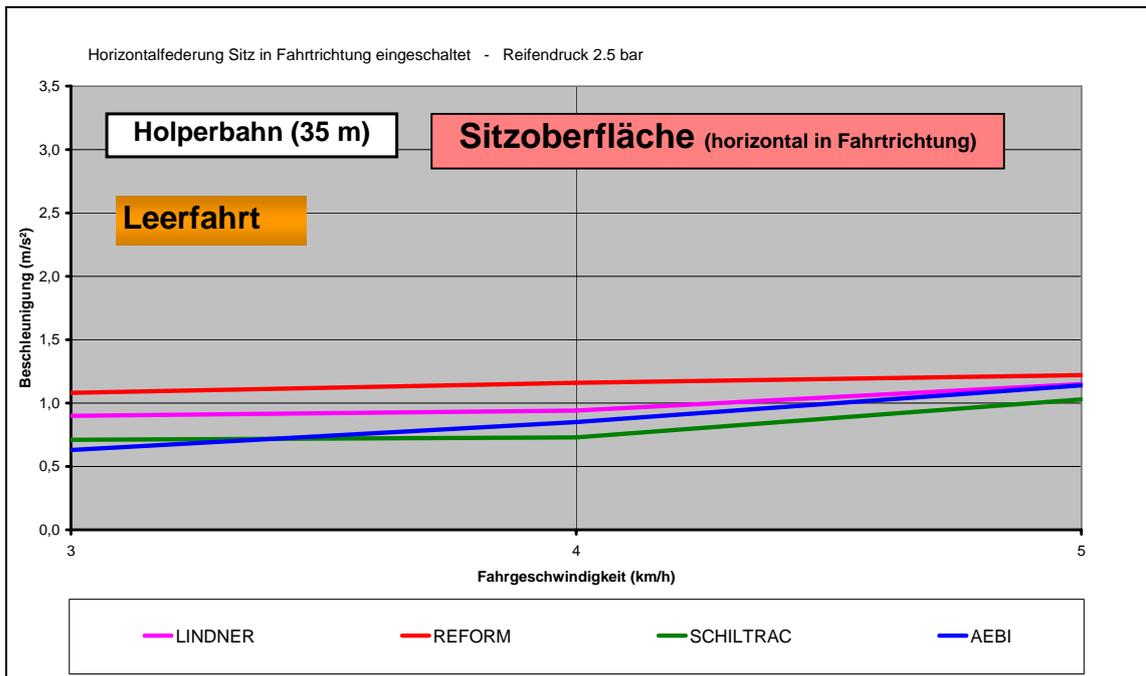


Abb. 28: 35-m-Holperbahn, Leerfahrt - Sitzoberfläche horizontal in Fahrtrichtung (x)

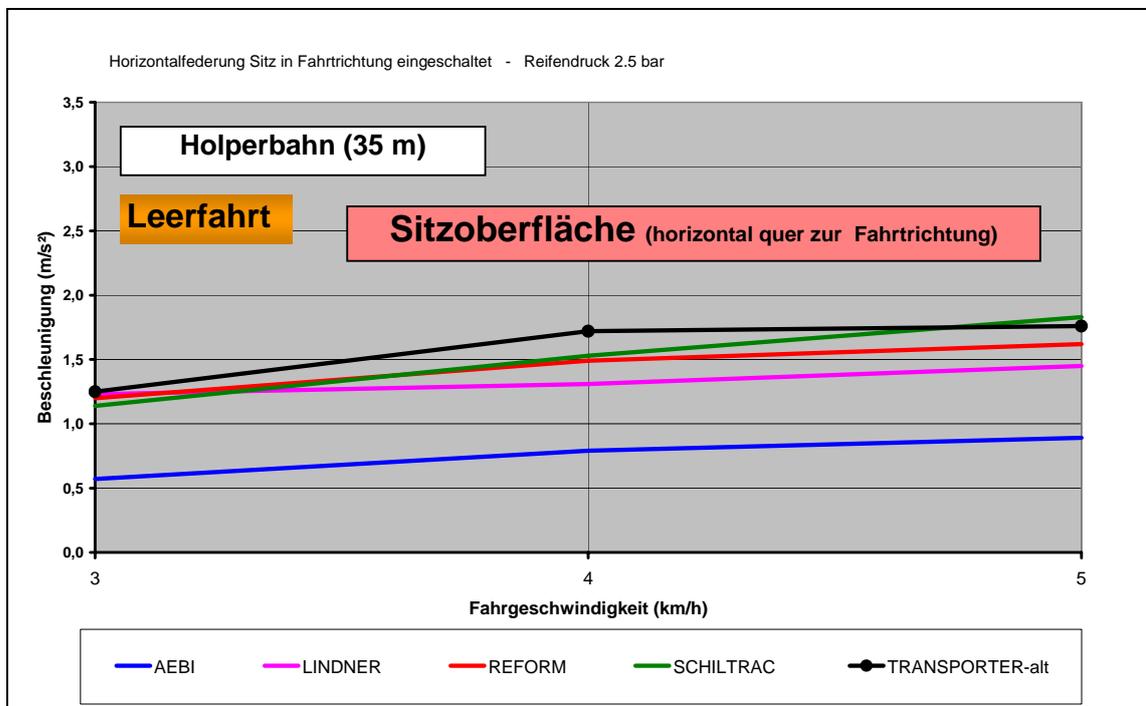


Abb. 29: 35-m-Holperbahn, Leerfahrt - Sitzoberfläche horizontal quer zur Fahrtrichtung (y)

Die Fahrersitze der vier untersuchten Transporter waren ohne Horizontalfederung quer zur Fahrtrichtung ausgestattet. Seitenhorizontalfederungen (Federung horizontal quer zur Fahrtrichtung) des Fahrersitzes werden zwar als Zusatzausstattung angeboten, ihre schwingungsdämpfende Wirkung wurde bisher aber noch nicht eindeutig bestätigt. Die Schwingungsreduktion horizontal quer zur Fahrtrichtung wird durch das sensible Ansprechen der Federung (optimale Geometrie der Radaufhängung) bewirkt. Aebi hat durch seine Federungsgeometrie eine sehr gute querfedernde (y) Wirkung am Fahrersitz erreicht.

10 VERGLEICH DER TRANSPORTER AUF DER ASPHALTSTRASSE

Die Ergebnisse der Testfahrten auf der Asphaltstraße ergaben ebenfalls große Reduktionen der vertikalen Schwingungsbelastungen am Fahrersitz von 70 bis 80 % gegenüber dem ungefederten Fahrzeug. Besonders Schläge und Stöße, die beim Überfahren von Kanaldeckeln und kleinen Unebenheiten der Fahrbahn mit hohen Geschwindigkeiten entstehen, werden durch die Federungen optimal gedämpft. Die Federungssysteme vermindern auch Vibrationen und Lärm, die vom Motor und Getriebe in die Kabine und damit auf den Fahrer übertragen werden (Abb. 30). Der Fahrkomfort wird durch die Federungen insgesamt wesentlich gesteigert. Langes Fahren wird weniger ermüdend und die Konzentration des Fahrer bleibt länger erhalten.

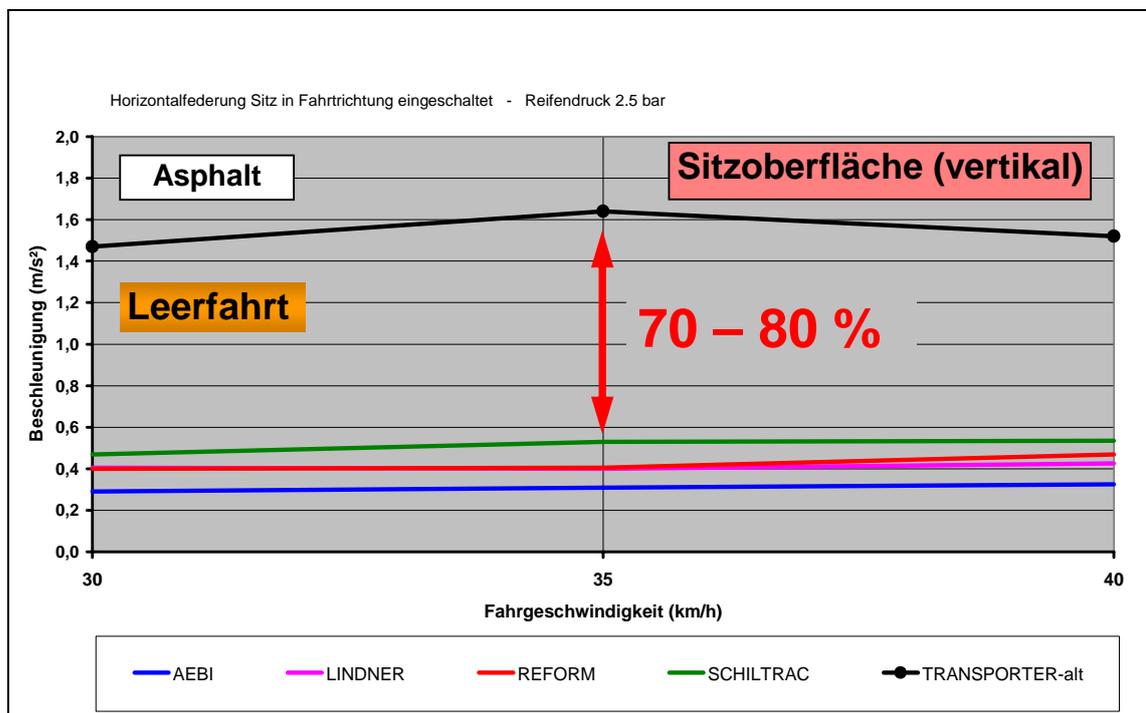


Abb. 30: Asphaltstraße, Leerfahrt - Sitzoberfläche (z)

11 VERGLEICH DER TRANSPORTER MIT TRAKTOR, UNIMOOG UND PKW

Für die Gegenüberstellung des Federungskomforts der Transporter mit dem Traktor wurden drei unterschiedliche Traktoren herangezogen. Der Fendt „209S“, ein Traktor der kleineren Leistungsklasse mit Vorderachsfederung, der Deutz/Fahr „Agrotron 150“ mit gut abgestimmter Vorderachsfederung und Kabinenfederung und der JCB „Fastrac“, ein vollgefederter Traktor der derzeit unter den Traktoren sicherlich den besten Schwingungskomfort aufweist, wurden mit den Transportern verglichen. In den Kommunen (Gemeinden, Städte) wird anstatt des „Unimog“ immer häufiger der Transporter als Arbeitsgerät verwendet. Vor allem ist er sehr niedrig, wendig und kann mit den verschiedensten Anbaugeräten bestückt werden. Die Transporterhersteller sehen diesen Markt als Hoffnungsmarkt. Wenn man die Statistik betrachtet, haben sie damit nicht ganz unrecht. Der PKW ist allgemein der Inbegriff für guten Fahrkomfort im Straßenverkehr. Um den Vergleich mit dem PKW (besten Fahrkomfort) zu bekommen, wurde ein Geländewagen VW „Touareg“ mit in die Untersuchung aufgenommen. Die Beschleunigungswerte am Fahrersitz dieses PKW sollten als Referenz für alle anderen Fahrzeuge herangezogen werden (Abb. 31).

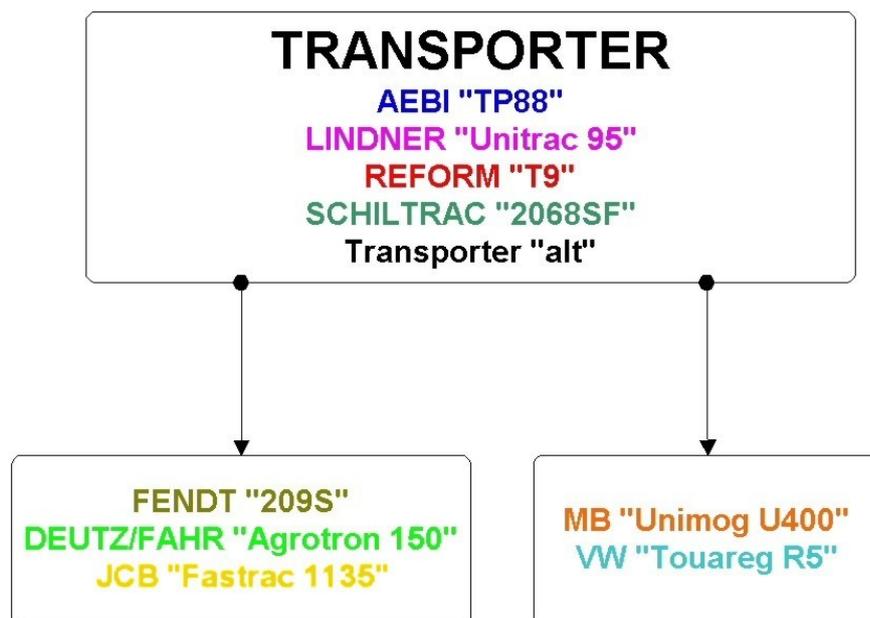


Abb. 31: Übersicht – Vergleich Transporter mit Traktor, Unimog und PKW



Abb. 32: Fendt „209S“ mit Vorderachsfederung



Abb. 33: JCB „Fastrac 1135“



Abb. 34: MB „Unimog U400“

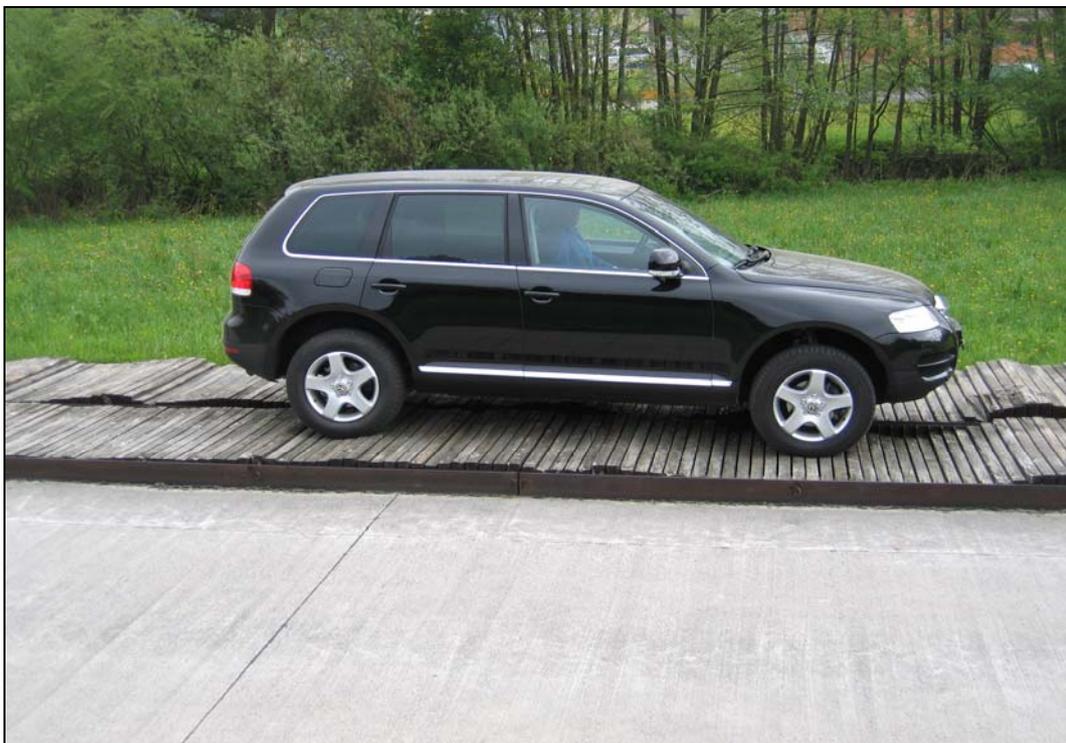


Abb. 35: VW „Touareg R5“

Die Fahrzeuge Fendt „209S“, Deutz/Fahr „Agrotron 150“, JCB „Fastrac 1135“, MB „Unimog U400“ und der VW „Touareg R5“ wurden ebenfalls wie die Transporter über die Testbahnen (100-m-Holperbahn, 35-m-Holperbahn und Asphaltstraße) der FJ-BLT Wieselburg mit den gleichen Fahrgeschwindigkeiten wie die Transporter gefahren. Damit war auch eine direkte Vergleichbarkeit der Fahrzeuge untereinander gewährleistet.

12 VERGLEICH – TRANSPORTER MIT TRAKTOR (100-M-HOLPERBAHN)

Der Fendt „209S“ mit Vorderachsfederung (in einer ähnlichen Leistungsklasse wie die Transporter) liegt im Schwingungsverhalten auf der 100-m-Holperbahn (Sitzoberfläche vertikal) zwischen dem ungefederten alten Transporter und den gefederten Transportern von Lindner, Schiltrac, Reform und Deutz/Fahr „Agrotron 150“. (Abb. 36).

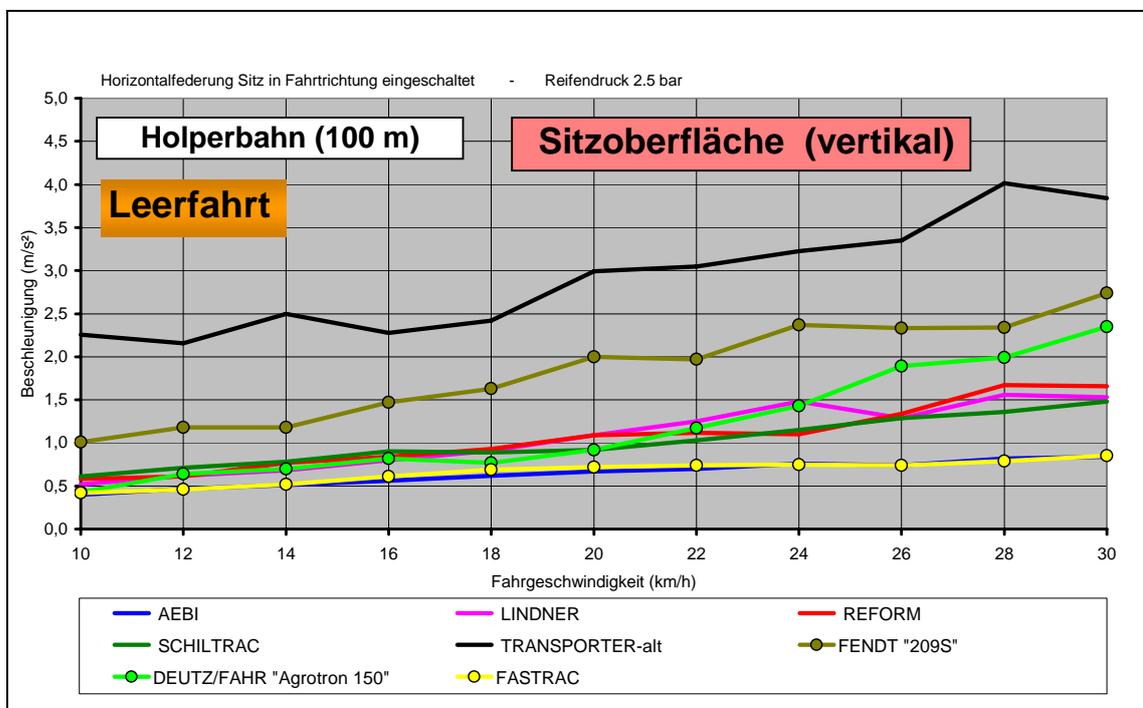


Abb. 36: 100-m-Holperbahn, Leerfahrt - Sitzoberfläche (z) – Vergleich Transporter mit Traktor

Der Deutz/Fahr „Agrotron 150“ mit Vorderachs- und Kabinenfederung hat bis ca. 22 km/h einen gleichen Schwingungskomfort wie „Lindner“, „Schiltrac“ und „Refom“. Danach steigen die Beschleunigungen gegenüber den Transportern doch stark an. Der „Aebi“ ist schwingungstechnisch am Fahrersitz (z) gleichwertig mit dem „Fastrac“, der bisher immer als Referenz für den guten Schwingungskomfort bei den Traktoren herangezogen wurde. Man kann ohne zu übertreiben sagen, dass Beschleunigungswerte unter 1 m/s² auf der 100-m-Holperbahn, bei Fahrgeschwindigkeiten von 10 bis 30 absolute Topergebnisse sind (Abb. 36).

13 VERGLEICH – TRANSPORTER MIT UNIMOG UND VW-TOUAREG (100-M-HOLPERBAHN)

Der Vergleich der Schwingungsbelastungen der Transporter mit dem MB „Unimog U400“ und dem VW „Touareg R5“ zeigt, dass der „Unimog“ schwingungstechnisch am Fahrersitz (vertikal) gleich gut ist wie die Transporter von „Lindner“, „Schiltrac“ und „Reform“. Besonders überraschend war allerdings, dass auf der 100-m-Holperbahn am Fahrersitz (vertikal) der VW „Touareg“ und der „Aebi“ das gleiche Schwingungsaufkommen aufwiesen. Das bedeutet in der Praxis, dass es für den Fahrer keinen Unterschied im Schwingungskomfort macht, ob er mit einem PKW (Geländewagen) oder mit dem Aebi „TP88“ im Gelände fährt. Man kann ohne Übertreibung feststellen, dass der „Aebi“ vertikal am Fahrersitz den Schwingungskomfort eines PKW aufweist.

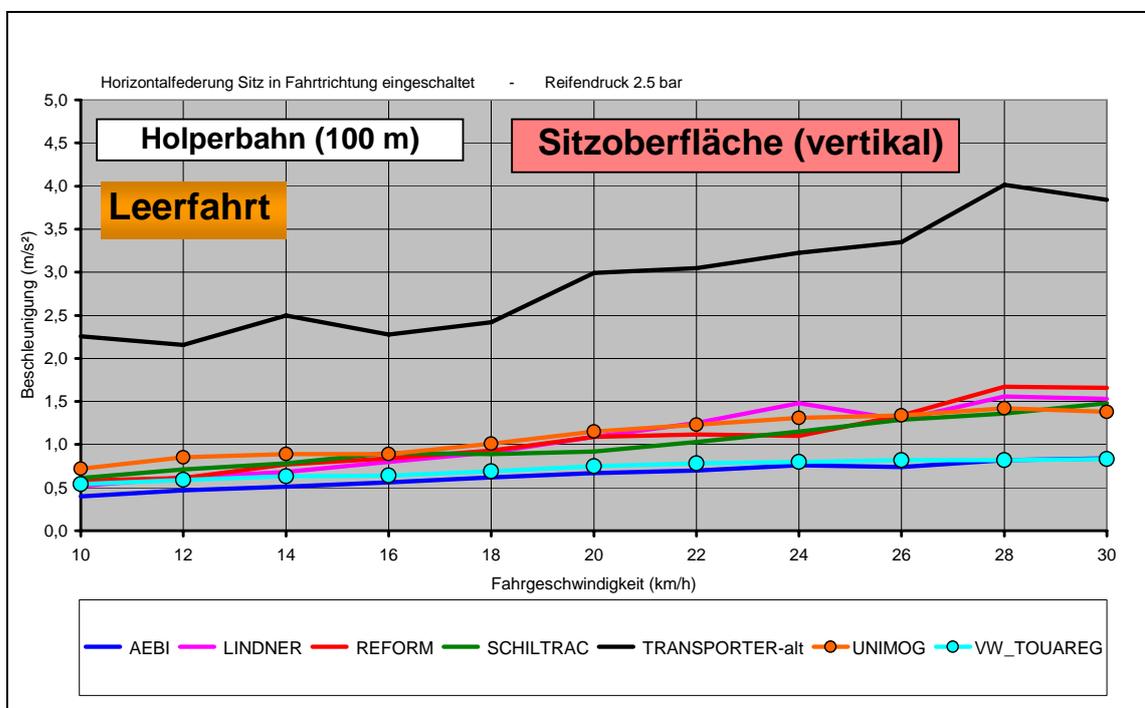


Abb. 37: 100-m-Holperbahn, Leerfahrt – Sitzoberfläche - Vergleich Transporter mit Unimog U400 und VW Touareg R5

Der Kabinenboden (ohne den Fahrersitz) ist für die objektive Bewertung der Effizienz der Fahrzeugfederungen besser geeignet als der Fahrersitz. Der Kabinenboden gibt die Schwingungen wieder, die von den einzelnen Federungssystemen des Fahrzeuges nicht abgeschwächt wurden. Folgende Faktoren wie Radstand, Geometrie der Federung, Reibung in den Gelenken und Federungszylindern, Federwege, Federkennlinien usw. spielen dabei eine große Rolle. Die Messwerte des Kabinenbodens der einzelnen Transporter zeigen jedoch größere Unterschiede. Die kleinsten Schwingungen (vertikal) auf der 100 m Holperbahn weisen der VW „Touareg R5“ gefolgt vom JCB „Fastrac 1135“ und dem MB „Unimog U400“ auf (Abb. 38). Danach kommen gleich der Aebi „TP88“ und der Deutz/Fahr „Agrotron 150“. Der Schiltrac „2068SF“, Lindner „Unitrac 95“ und der Reform „T9“ sind doch noch um einiges in der

Beschleunigung darüber angesiedelt. Der Fendt „209S“ hat bedingt durch die fehlende Kabinenfederung relativ schlechte Beschleunigungswerte am Kabinenboden.

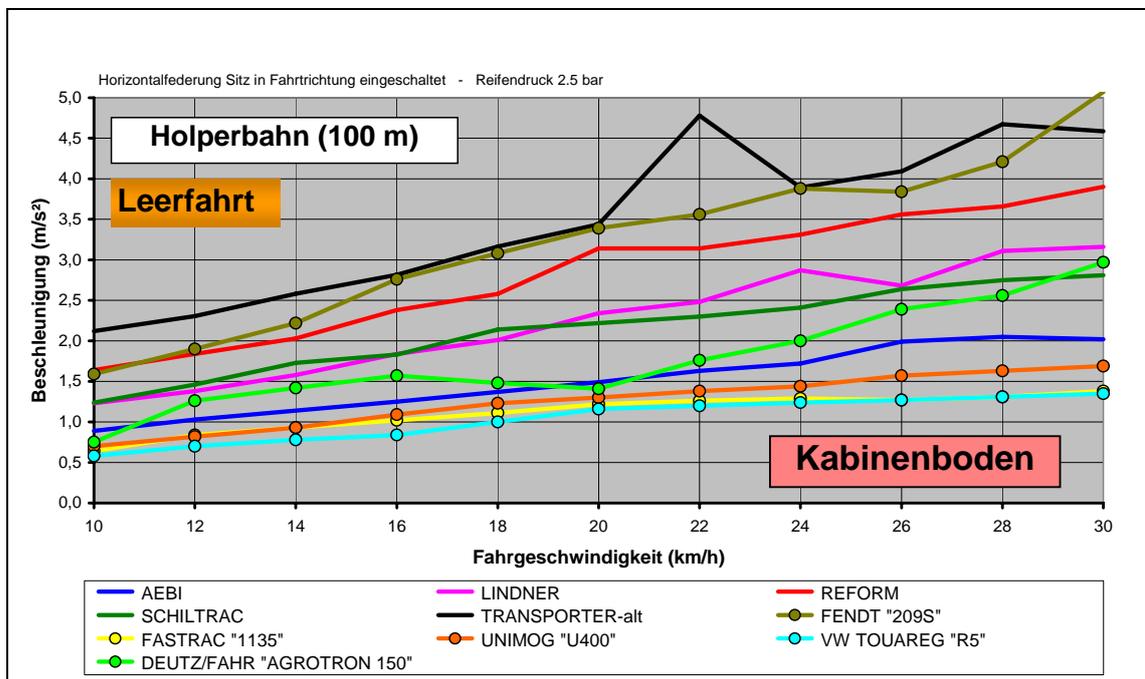


Abb. 38: 100-m-Holperbahn, Leerfahrt, Kabinenboden
 Vergleich Transporter mit Traktor, Unimog und PKW

In der Abb. 38 ist zu erkennen, dass die eigentlichen Fahrzeugfederungen (ohne Fahrersitz) vom Fastrac, Unimog und PKW doch besser sind als die der Transporter. Durch Einbau von qualitativ sehr guten Fahrersitzen in den Transportern kann der Schwingungskomfort (vertikal) bezogen auf den Fastrac, Unimog und PKW angeglichen bzw. verbessert werden.

Die hohe Position des Fahrersitzes am MB „Unimog U400“ (auf die Fahrbahn bezogen) hat den großen Nachteil, dass die Schwingungsbelastungen quer zur Fahrtrichtung am Fahrersitz und bei starker Queranregung des Fahrzeuges um ca. 50 % höher sind als bei den Transportern. Im sehr unebenen Gelände hat der Transporter schwingungstechnisch somit einen wesentlichen Vorteil gegenüber dem „Unimog“.

14 VERGLEICH – TRANSPORTER MIT TRAKTOR, UNIMOG UND PKW (ASPHALTSTRASSE)

Die Messfahrten auf der Asphaltstraße brachten ein ähnliches Ergebnis wie auf der 100-m-Holperbahn. Der Fendt „209S“ liegt im Schwingungsverhalten bezogen auf den Fahrersitz vertikal zwischen Transporter „alt“ und den gefederten Transportern; der „Unimog U400“ ist im Bereich von „Lindner Unitrac 95“, „Schiltrac 2068SF“ und „Reform T9“ und der „VW Touareg R5“ ist wieder identisch mit dem „Aebi TP88“. Beschleunigungsunterschiede zwischen 0,3 und 0,5 m/s² am Fahrersitz (vertikal) sind allerdings nur für sehr sensible Fahrer spürbar. Die Wirkung der Federungen ist vor allem beim Überfahren von Kanaldeckeln und kleinen Löchern auf der Straße mit hohen Fahrgeschwindigkeiten zu spüren (Abb. 39).

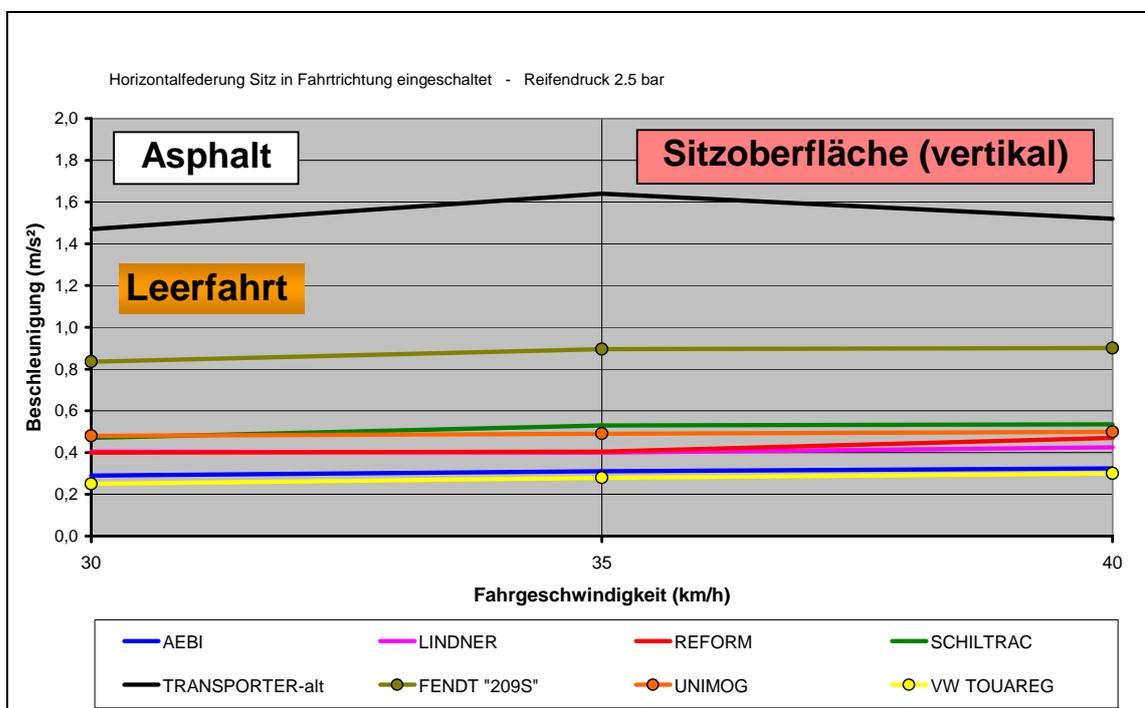


Abb. 39: Asphaltstraße, Leerfahrt – Sitzoberfläche
Vergleich Transporter mit Traktor, Unimog und PKW

15 ANTEIL DES FAHRERSITZES AN DER SCHWINGUNGSREDUKTION

Nicht jeder Fahrersitz hat auf verschiedenen Fahrzeugen die gleiche schwingungsreduzierende Wirkung. Der Grund liegt in der unterschiedlichen Eigenfrequenz (Resonanz) von Fahrzeug und Fahrersitz. Je näher die Eigenfrequenzen von Fahrzeug und Fahrersitz sind, desto schlechter ist die schwingungsdämpfende Wirkung des Fahrersitzes. Die Eigenfrequenz jenes Sitzes, der bei den Untersuchungen auf den Transportern verwendet wurde, liegt bei 1,5 Hz. Die Eigenfrequenz der Transporter liegt bei ca. 2,2 Hz. Der gleiche Fahrersitz auf den Traktoren mit ca. 110 kW bewirkt eine schlechtere Schwingungsdämpfung für den Fahrer als bei den Transportern. Die Eigenfrequenz dieser Traktorgroße liegt bei ca. 2 Hz. Sitzeigenfrequenz und Fahrzeug-eigenfrequenz sind sich näher und die Schwingungsdämpfung ist dadurch geringer. Die Durchlassfaktoren in der Abb. 40 zeigen deutlich, dass die Fahrersitze (gleiches Modell) auf den Traktoren kleinere Schwingungsreduktionen aufweisen als auf den Transportern. Der Durchlassfaktor gibt an, wie viel von den Schwingungen des Kabinenbodens auf den Fahrer weitergeleitet werden. Sie liegen je nach Fahrzeug im Bereich von 30 % bis 80 %.

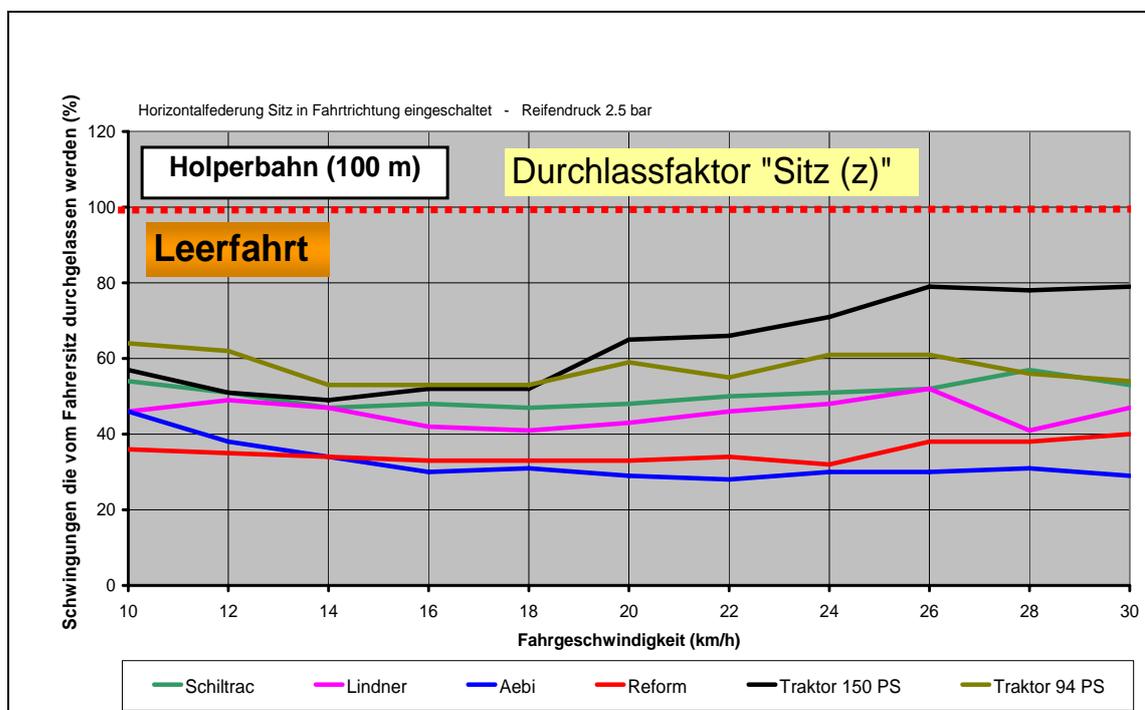


Abb. 40: Durchlassfaktor des Fahrersitzes in vertikaler Richtung (z)

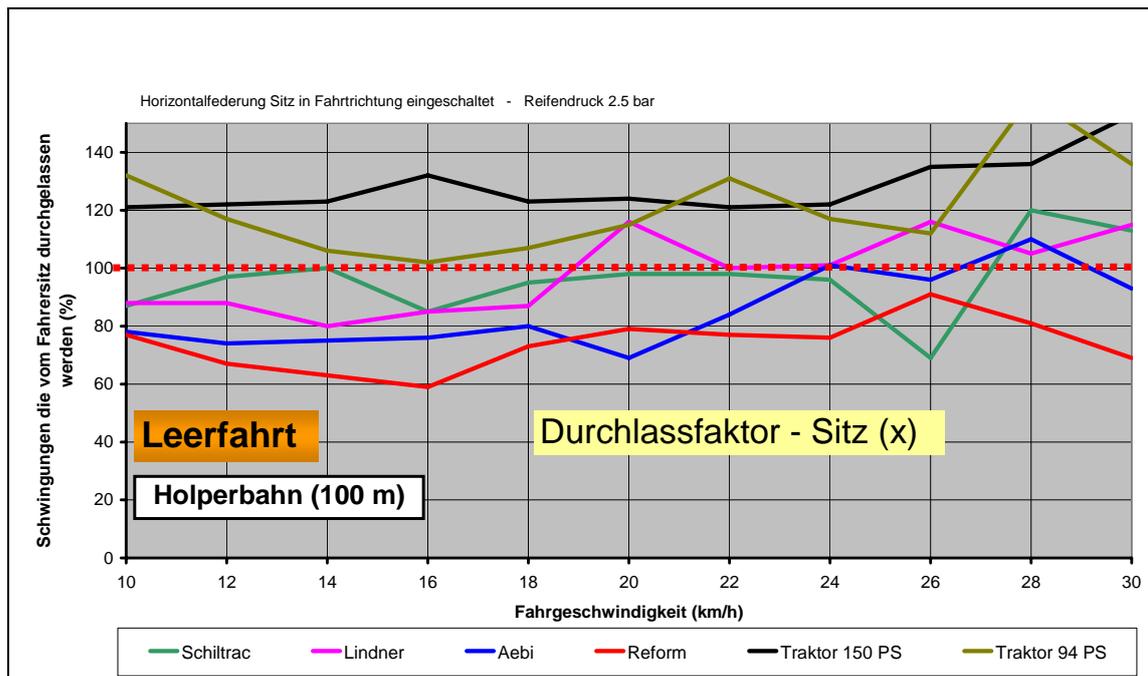


Abb. 41: Durchlassfaktor des Fahrersitzes horizontal in Fahrtrichtung (x)

Die hohe Sitzposition des Fahrers und die starken Nickbewegungen der Traktoren bewirken starke Schwingungen am Fahrersitz horizontal in Fahrtrichtung (x). Die Federwege der Sitzhorizontalfederungen sind nicht ausreichend lang, um eine starke Schwingungsdämpfung zu bewirken. Aufgrund der niedrigeren Sitzposition des Fahrers am Transporter sind auch die Horizontalbewegungen in und quer zur Fahrtrichtung kleiner. Die Horizontalfederung des Fahrersitzes zeigt bei den Transportern eine bessere Wirkung und sollte immer bei allen Arbeiten eingeschaltet sein.

16 TÄGLICH ZULÄSSIGE ARBEITSZEIT NACH EU-RICHTLINIE 2002/44/EG

Die EU-Richtlinie 2002/44/EG ist eine Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen. Diese EU-Richtlinie regelt für alle Arbeitnehmer die tägliche (8 h) zumutbare Schwingungsbelastung. Sie beinhaltet die Schwingungsgrenzwerte für alle handgeführten Arbeitsgeräte „Hand-Armschwingungen“ (z.B. Motorsägen) und alle Tätigkeiten in sitzender und liegender Position „Ganzkörperschwingungen“ (betrifft alle Fahrzeuge). Ab 6. Juli 2007 gilt diese Regelung für alle Neugeräte, ab 2010 auch für bestehende Geräte und ab 2014 auch für Arbeitnehmer in der Land- und Forstwirtschaft. Treten während der Arbeit am Fahrersitz in allen drei Bewegungsrichtungen (x, y, z), gemessen über 8 Stunden, höhere Beschleunigungen als 0.5 m/s² (Aktionswert) auf, so ist der Fahrzeughalter bereits angehalten, Maßnahmen am Fahrzeug zu setzen, die die Beschleunigungswerte am Fahrersitz unter 0.5 m/s² herabsetzt. Sind die Beschleunigungswerte bei täglicher Fahrt (über 8 Stunden) am Fahrersitz höher als 1,15 m/s², so reduziert sich für den Fahrer die zulässige Arbeitszeit. Das bedeutet, dass während eines 8-Stunden-Tages ein Fahrerwechsel an dieser Maschine vorgenommen werden muss.

Die Hersteller sind aufgrund dieser EU-Richtlinie angehalten, die Federungssystem so effizient wie möglich zu gestalten, um den Fahrer vor den hohen Beschleunigungen zu schützen und die täglich zulässige Arbeitszeit von 8 Stunden zu gewährleisten. Die Untersuchungen mit den Traktoren im Praxiseinsatz haben gezeigt, dass aufgrund der strengen Grenzwerte dieser EU-Richtlinie derzeit bei vielen Praxiseinsätzen ein achtstündiges Fahren nicht möglich ist (Ausnahme „Fastrac“). In Hinblick auf diese EU-Richtlinie ist von Seiten der Traktorhersteller Handlungsbedarf gegeben.

EU-Richtlinie angewendet auf der 100-m-Holperbahn, in der Bewegungsrichtung-Sitz (z) vertikal: Unter der Annahme, dass die Fahrzeuge 8 Stunden ununterbrochen auf der 100-m-Holperbahn fahren, dürfte man mit dem Fendt „209S“ nur mit 11 km/h über die Holperbahn fahren, mit dem MB „Unimog U400“ mit 19 km/h, mit den Transportern von Lindner „Unitrac 95“, Schiltrac „2068SF“ und Reform „T9“ mit ca. 21 km/h und mit dem Aebi „TP88“ und dem VW „Touareg R5“ könnte man mit 30 km/h bis zu 15 Stunden pro Tag fahren (Abb. 42). Das bedeutet, dass sich mit zunehmender Schwingungsbelastung die zulässige Arbeitszeit bzw. die Fahrgeschwindigkeit reduzieren muss, damit die Grenzwerte der EU-Richtlinie nicht überschritten werden. Mit einem guten Federungssystem des Fahrzeuges kann bei gleichzeitiger Schonung der Gesundheit die Arbeitsleistung wesentlich gesteigert werden.

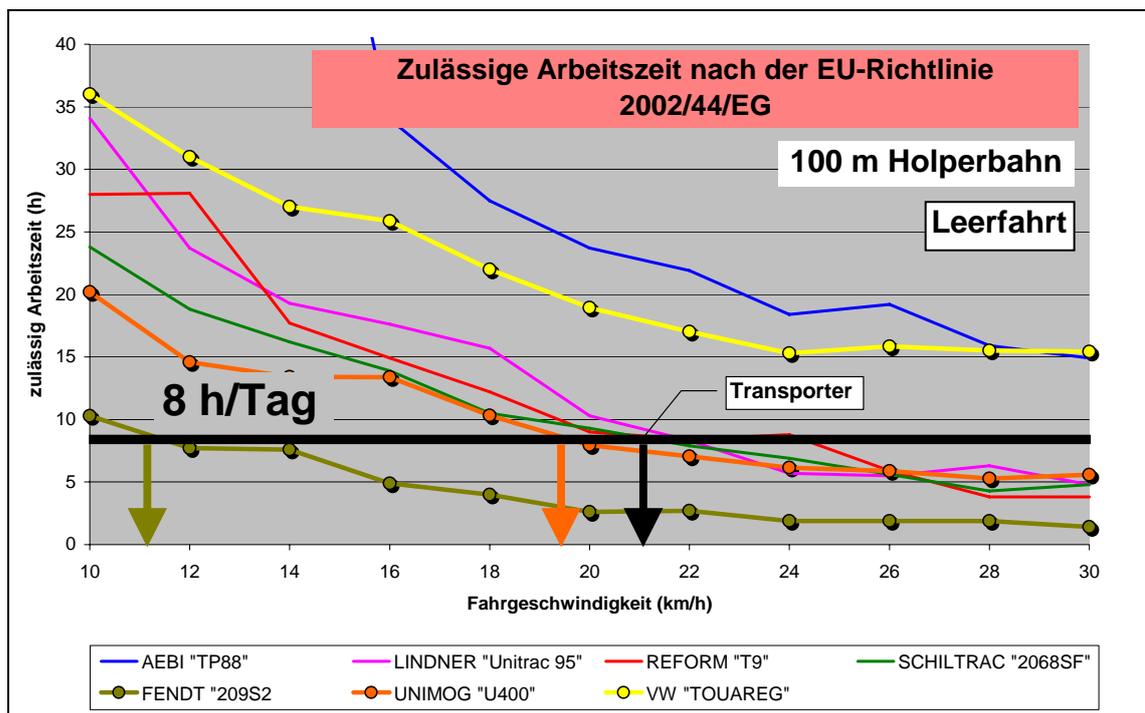


Abb. 42: Zulässige Fahrgeschwindigkeit auf der 100-m-Holperbahn bei 8 Stunden Fahrt pro Tag

EU-Richtlinie angewendet im Praxiseinsatz – Sitz vertikal (z):

Um festzustellen, ob die Fahrzeuge die EU-Richtlinie in der Praxis auch erfüllen können, wurden im Zuge der Untersuchung verschiedene zum Teil sehr harte Praxiseinsätze mit einem gefederten Transporter gefahren. Die Fahrten auf den Testbahnen haben verglichen mit der Praxis einen sehr harten Arbeitseinsatz entsprochen. Vergleicht man die Ergebnisse des Praxiseinsatzes mit den Grenzwerten der EU-Richtlinie, so kann man feststellen, dass lediglich bei den Fahrten mit dem beladenen und leeren Fahrzeug (24 km/h) über die Wiese und die Fahrt über einen extrem schlechten Feldweg im Leerzustand mit 13 – 15 km/h die 8 Stunden Fahrzeit nicht erreicht werden (Abb. 43). Fährt man diese Praxisfahrten mit den praxisüblichen und nicht mit überhöhten Fahrgeschwindigkeiten, so würden die Grenzwerte der Richtlinie auch in diesen beiden Fällen nicht überschritten. In der Abb. 43 sind die zulässigen Fahrstunden bei den unterschiedlichsten Fahrten und Arbeiten in der Praxis dargestellt.

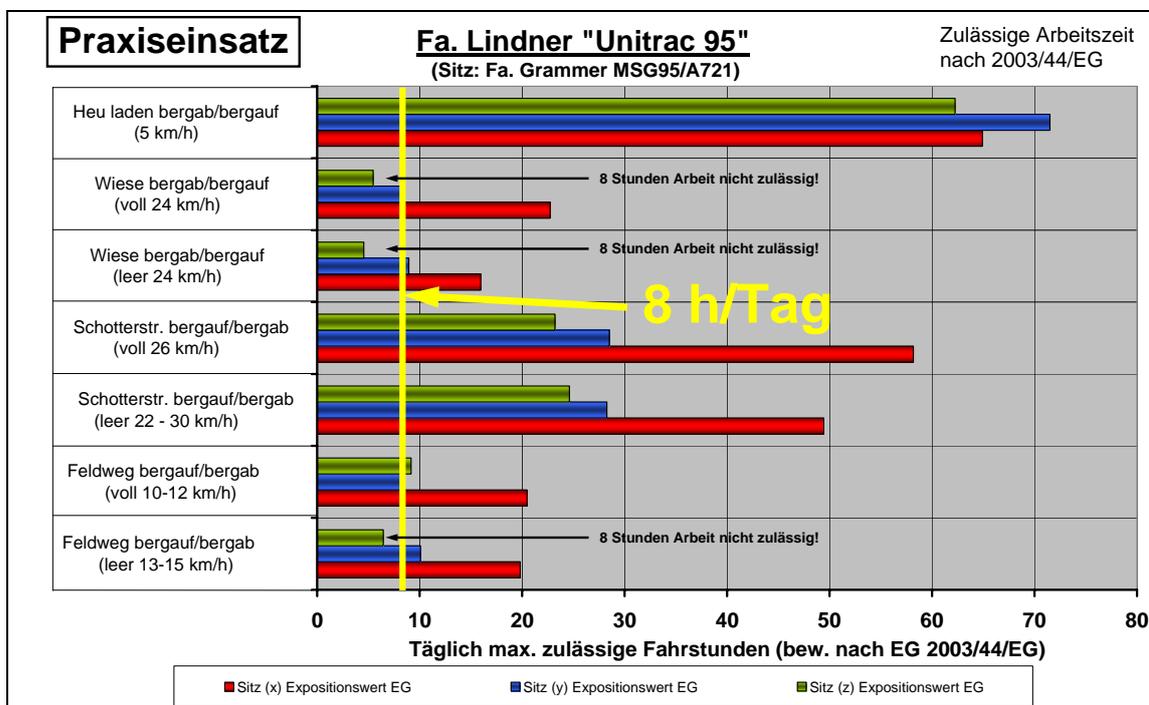


Abb. 43: Zulässige Arbeitszeit nach der EU-Richtlinie 2002/44/EG im Praxiseinsatz

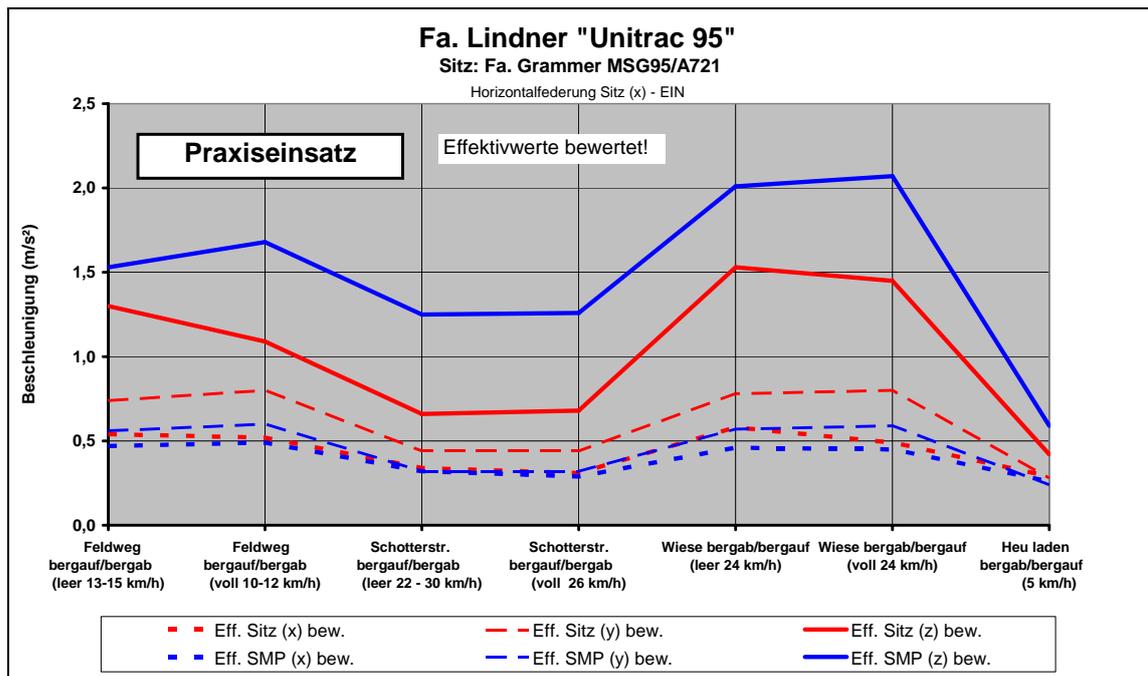


Abb. 44: Beschleunigungswerte an der Sitzoberfläche und am Kabinenboden (SMP) im Praxiseinsatz

Aufgrund der gewonnenen Ergebnisse auf den Testbahnen und im Praxiseinsatz werden die untersuchten Transporter dieser EU-Richtlinie im Praxiseinsatz auch in Zukunft entsprechen. Der Fahrer kann getrost täglich seine 8 Stunden Arbeit verrichten, ohne gesundheitliche Schäden davonzutragen.

Mit dieser Untersuchung wurde ein Innovationsschub in Richtung der Verbesserung des Federungskomforts bei den Transportern bewirkt. Die Hersteller der vier untersuchten Transporter haben große Anstrengungen unternommen, um den Federungskomfort für den Fahrer zu verbessern. Die Ergebnisse dieser Untersuchung haben gezeigt, dass die Zeiten der großen Schwingungsbelastungen beim Fahren mit den Transportern endgültig vorbei sind. Die Transporter spielen somit auch in Zukunft in der oberen Klasse des Schwingungskomforts mit. Sie brauchen den Vergleich hinsichtlich Schwingungskomfort mit anderen gefederten Fahrzeugen in keiner Weise scheuen.

17 ZUSAMMENFASSUNG

Für einen optimalen Schwingungskomfort des Fahrers ist trotz moderner Federungssysteme an den Transportern noch immer ein guter Fahrersitz notwendig (reibungarme Gelenke, 100 mm Federweg, ev. Luftfederung).

Im Vergleich der gefederten Transporter mit dem ungefederten Transporter werden Beschleunigungsreduktionen am Fahrersitz in vertikaler Richtung (z) von ca. 60 bis 80 % erreicht.

Der Vergleich der Schwingungsmesswerte am Kabinenboden (ohne Fahrersitz) zeigt, dass sich die vier untersuchten Transporter doch deutlich im Schwingungsverhalten unterscheiden.

Die Transporter Lindner „Unitrac 95“, Schiltrac „2068SF“ und Reform „T9“ haben am Fahrersitz vertikal (z) einen ähnlichen Schwingungskomfort wie der MB „Unimog U400“.

Die vertikale Schwingungsbelastung am Fahrersitz des Aebi „TP88“ ist gleich mit dem JCB „Fastrac 1135“ und dem VW „Touareg“ und kleiner als am MB „Unimog U400“.

Aufgrund der hohen Sitzposition des Fahrers am MB „Unimog U400“ sind die Schwingungsbelastungen am Fahrersitz horizontal quer zur Fahrtrichtung wesentlich höher als bei allen getesteten Transportern.

Trotz Vorderachsfederung und Kabinenfederung sind die Traktoren im Schwingungsverhalten durchwegs schlechter als die untersuchten Transporter (mit Ausnahme des JCB „Fastrac 1135“).

Auch Traktoren mit sehr gut abgestimmten Federungssystemen erreichen derzeit den Schwingungskomfort der Transporter nicht.

Die Schwingungsbelastungen für den Fahrer waren im Transporter Aebi „TP88“ und im VW „Touareg“ gleich. Der Aebi „TP88“ hat bezogen auf den Fahrersitz (vertikal) PKW-Komfort.

Die Achsfederungen (gemessen ohne den Fahrersitz am Kabinenboden) von VW „Touareg“, JCB „Fastrac“ und der MB „Unimog U400“ sind besser als die der Transporter.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse dieser Untersuchung können die vier Transporter (Aebi „TP88“, Lindner „Unitrac 95“, Reform „T9“ und Schiltrac „2068SF“) die EU-Richtlinie 2002/44/EG erfüllen.

Forschungsberichte FJ-BLT Wieselburg

- Heft 1: Hangstabilität landwirtschaftlicher Fahrzeuge
Teil 1: Kippgrenzen von Drei- und Vierradfahrzeugen bei Fahrt auf ebenem Hang
E. Reichmann, 1972
- Heft 2: Körpergerechte Ausformung von Sitzen für Traktoren und selbstfahrende Landmaschinen
E. Drechsel-Burkhard, 1973
- Heft 3: Schutz des Menschen vor vertikalen Schwingungen bei Traktoren und Motorkarren
(Theorie und Versuch)
J. Schrottmaier, 1974
- Heft 4: Elektronisches Meßverfahren zur Bestimmung der Körnerverteilung von Sämaschinen
J. Schrottmaier, 1976
- Heft 5: Studie über den Betrieb landwirtschaftlicher Dieselmotoren mit Holzgas
M. Wörgetter, 1976
- Heft 6: Wissenswertes über Transporter (Motorkarren)
E. Drechsel-Burkhard, J. Schrottmaier, R. Sieg, 1977
- Heft 7: Trägheitstensor- und Schwerpunktbestimmungen von Fahrzeugen (schwerer Körper)
nach Schwingungsmethoden
G. Uray, 1980
- Heft 8: Ergonomische Untersuchungen des Arbeitsplatzes von Mähdreschern
J. Schrottmaier, B. Lechner, 1981
- Heft 9: Der Wirkraum des Traktorfahrers seitlich und nach hinten
J. Schrottmaier, G. Hütl, Ch. Houthuijs, 1981
- Heft 10: Nutzung von Niedertemperaturabwärme in Gärtnereibetrieben
J. Schrottmaier, 1983
- Heft 11: Möglichkeiten der Energieeinsparung durch Vegetationsheizung bei der Produktion von
Gemüse unter Glas und Folie
J. Schrottmaier, M. Nadlinger, 1983
- Heft 12: Nutzung von Niedertemperaturabwärme in Gärtnereibetrieben
Teil 2: Nutzung von Abwärme mit 25 °C bis 30 °C
J. Schrottmaier, M. Nadlinger, Dezember 1983
- Heft 13: Energie aus Biomasse, Biogastechnologie, Biogasforschungsanlage Wieselburg, Teil 1
H. Lampel, 1984
- Heft 14: Die Verwendung biogener Brennstoffe im Bauernhaus aus arbeitswirtschaftlicher Sicht
Teil 1: Bringung und Lagerung von Holz und Stroh als Brennstoff
J. Wippl, Dezember 1984
- Heft 15: Die Verwendung biogener Brennstoffe im Bauernhaus aus arbeitswirtschaftlicher Sicht
Teil 2: Die Beheizung des Wohnhauses
A. Wernisch, Dezember 1984
- Heft 16: Untersuchungen zur EG-Fahrersitzprüfung
J. Schrottmaier, B. Lechner, Februar 1986
- Heft 17: Energie aus Biomasse, Biogastechnologie, Biogasforschungsanlage Wieselburg, Teil 2
H. Lampel, März 1986

- Heft 18: Nutzung von Niedertemperaturabwärme für den Gartenbau Datensammlung
J. Schrottmaier, M. Nadlinger, 1988
- Heft 19: Energie aus Biomasse, Biogastechnologie, Biogasforschungsanlage Wieselburg, Teil 3
H. Lampel, Dezember 1988
- Heft 20: Vergleichsuntersuchungen von Drillsämaschinen mit Leguminosen und Raps,
Versuchsjahr 1988 – 1989
W. Hammerschmid, 1989
- Heft 21: Vergleichsuntersuchungen von pneumatischen Einzelkornsämaschinen mit Mais,
Pferdebohnen, Puffbohnen und Sonnenblumen, Versuchsjahr 1988 – 1989
R. Aichinger, 1989
- Heft 22: Emissionen beim Einsatz von Rapsölmethylester an einem Prüfstandsmotor
Wurst, Boos, Prey, Scheidl, Wörgetter, 1990
- Heft 23: Vergleichsuntersuchung von Hochdruckreinigern, Versuchsjahr 1990 – 1991
W. Hammerschmid, F. Handler, 1991
- Heft 24: Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten aus Pflanzenölen für Landmaschinen
R. Korber, 1991
- Heft 25: Pilotprojekt Biodiesel, Teil 1
M. Wörgetter und Mitarbeiter, 1991
- Heft 26: Pilotprojekt Biodiesel, Teil 2
M. Wörgetter und Mitarbeiter, 1991
- Heft 27: Entmischungsvorgänge beim Ausbringen von Düngermischungen (Studie)
W. Hammerschmid, 1992
- Heft 28: Emissionsmessung an einem Traktormotor mit Oxidationskatalysator
H. Prankl, L. Lasselsberger, M. Wörgetter 1992
- Heft 29: Vergleichsuntersuchung von Rundballen-Wickelgeräten
F. Schmalzl, 1992
- Heft 30: Meßtraktor (Beschreibung, Technische Daten, Einsatzmöglichkeiten)
M. Nadlinger, 1992
- Heft 31: Künstliche Belichtung im Gartenbau
M. Nadlinger, 1992
- Heft 32: Technische Verwertung und Aufbereitung von Gülle (Literaturstudie)
J. Rathbauer, 1992
- Heft 33: Vergleichsuntersuchung von Schlegelhäckslern
W. Hammerschmid, F. Handler, 1992
- Heft 34: Untersuchung der Alterungsbeständigkeit pflanzlicher Schmier- und Betriebsmittel
M. Schneglberger, 1993
- Heft 35: Rationelle Erhebung von Bodenkennwerten
G. Hütl, M. Nadlinger, 1992
- Heft 36: Untersuchung von Holzhackgutfeuerungen kleiner Leistung
M. Wörgetter, L. Lasselsberger, A. Wernisch, E. Blumauer, M. Lauer (IEF), 1993
- Heft 37: Ergonomische Untersuchungen an handgeführten Motormähern
R. Aichinger, 1993

- Heft 38: Untersuchung der Emissionen eines Traktormotors mit Mischungen aus Dieselmotorkraftstoff, Rapsölmethylester und n-Butanol
H. Prankl, M. Wörgetter, H. Schaufler, 1993
- Heft 39: Untersuchungen zur Verringerung des Wetterrisikos und der Nährstoffverluste bei der Halmfütterernte
E. Luger, 1993
- Heft 40: Hackguttrocknung Wippenham
H. Prankl, H. Weingartmann, 1994
- Heft 41d: AFB-nett Phase I, Nationaler Bericht Österreich
J. Rathbauer, M. Wörgetter, K. Payer, 1996
- Heft 41e: AFB-nett Phase I, National Report of Austria
J. Rathbauer, M. Wörgetter, K. Payer, 1996
- Heft 42d: NTB-nett Phase I, Nationaler Bericht Österreich
H. Prankl, M. Wörgetter, K. Payer, 1996
- Heft 42e: NTB-nett Phase I, National Report of Austria
H. Prankl, M. Wörgetter, K. Payer, 1996
- Heft 43d: NTB-nett Phase II, Nationaler Bericht Österreich
H. Prankl, M. Wörgetter, 1997
- Heft 43e: NTB-nett Phase II, National Report of Austria
H. Prankl, M. Wörgetter, 1997
- Heft 44: Arbeitszeitbedarf auf Almen
F. Handler, M. Kriegler, E. Blumauer, H. Gremmel, 1999
- Heft 45: Verwendung von Pflanzenölkraftstoffen – Marktbetreuung, Abschlussbericht zum Forschungsprojekt LT 2/97
K. Krammer, H. Prankl
- Heft 46: Blockheizkraftwerke auf Pflanzenölbasis
H. Prankl, K. Krammer, H. Janetschek, T. Roitmeier, 2005
- Heft 47: Local and Innovative Biodiesel, Final Report FJ-BLT Wieselburg
M. Wörgetter, H. Prankl, J. Rathbauer, D. Bacovsky, 2006
- Heft 48: Standardarbeitszeitbedarf in der österreichischen Landwirtschaft – Ergebnis der Berechnung der einzelbetrieblichen Standardarbeitszeiten
F. Handler, M. Stadler, E. Blumauer, 2006
- Heft 49: Federungssysteme bei Transportern
M. Nadlinger, E. Artmüller, A. Leichtfried, F. Gruber, 2006