

Der 30 kW-Forschungstraktor der TU München

Von Thomas Kirste, München*)

DK 631.372.001.66:613.644

Der Lärmschutz für den Schlepperfahrer wird heute hauptsächlich durch eine geschlossene Kabine erreicht. Diese Lösung ist für kleine Schlepper verhältnismäßig teuer und im Hinblick auf den Außengeräuschpegel ohne Wirkung. Im Rahmen der Forschungsarbeit, deren Ergebnis hier vorgestellt wird, sollte unter Verwendung auch neuartiger Bauelemente ein serientaugliches Konzept für eine nachhaltige Senkung des Geräuschpegels entwickelt werden. Die wesentlichen Konstruktionsmerkmale des Schleppers werden geschildert und Ergebnisse von Geräuschmessungen mitgeteilt.

1. Einleitung

Das Forschungsprojekt "Leiser Kleinschlepper" wurde im wesentlichen durch folgende Motive begründet:

- Der heute bei Traktoren durch geschlossene Kabinen erreichte Lärmschutz des Fahrers ist zwar sehr wirksam, aber besonders bei kleinen Maschinen auch sehr teuer (z.B. 30 % der Gesamtkosten).
- Die heutigen Außengeräuschpegel, die z.B. bei der sog. "beschleunigten Vorbeifahrt" gemessen werden, konnten wegen der vorherrschenden Blockbauweise bei Traktoren kaum gesenkt werden.
- Kleine Traktoren (ca. 25–40 kW) bergen bezüglich der Einführung innovativer Technik größere finanzielle Risiken als die leistungsstärkeren Maschinen [1].
- Kleine Standardtraktoren der Leistungsklasse bis 30 kW sind in der Bundesrepublik heute noch in großen Stückzahlen im Einsatz [2, 3, 4]. Der Anteil dieser Maschinen am Gesamtbestand von 1,66 Mio. Traktoren betrug im Jahr 1988 fast 60 % [5], allerdings waren 1988 mehr als 80 % der Traktoren bis 30 kW älter als 16 Jahre.

Vor diesem Hintergrund wurde 1984 am Institut für Landmaschinen der Technischen Universität München damit begonnen, einen Forschungstraktor zu entwickeln und einsatzfähig herzustellen, der vor allem ein serientaugliches Konzept für eine nachhaltige Senkung des Geräuschpegels aufzeigen sollte, um die Umwelt zu entlasten und den Kabinenaufwand zu vermindern [6].

In Zusammenarbeit mit bundesdeutschen Traktorherstellern und 30 europäischen "Zulieferfirmen" sowie mit finanzieller Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurde das Vorhaben durchgeführt. **Bild 1** zeigt den fertigen, einsatzfähigen Traktor. Der folgende Bericht faßt wesentliche Ergebnisse zusammen – eine ausführliche Darstellung wurde im Rahmen einer Dissertation [7] vorgelegt.



Bild 1. 30 kW-Forschungstraktor als Konzeptstudie für mögliche Neuentwicklungen.

2. Fahrzeugkonzept

Das Konzept des "Leisen Kleinschleppers" ist durch folgende Zielsetzungen gekennzeichnet:

- Einsatz innovativer Technik
- Niedrige Geräuschpegel für Fahrer und Umgebung, auch ohne Kabine
- Geringe Herstellkosten
- Leichtbau
- Flexible Komponentenkombination
- Verwendung von Serien-Zukaufteilen
- Angemessener Komfort
- Wirtschaftlicher Betrieb
- Allradantrieb und Kabine nur als Option
- Auslegung vorrangig für den westdeutschen und westeuropäischen Markt.

Einige typische Daten des Kleinschleppers sind in **Tafel 1** zusammengefaßt.

Motornennleistung	30 kW bei 3000/min
Leergewicht	16,2 kN (ohne Kabine, mit Hinterradantrieb)
Radstand	1,6 m
Spurweite	1,35 m (in Stufen verstellb. v. 1,15–1,65 m)
Wendekreisdurchmesser	6 m (Hydrostatische Lenkung)
Gesamthöhe	1,98 m (für Pkw-Garagen geeignet)
Lebensdauer	4000 h (z.B. 10 Jahre bei 400 h/Jahr)

Tafel 1. Technische Grunddaten des Forschungstraktors.

Schwerpunkt der Forschungsarbeit war vor allem die wissenschaftlich gestützte Entwicklung eines Traktorkonzepts mit effektivem wirtschaftlichem Lärmschutz für den Fahrer und für die Umgebung des Schleppers.

*) Dr.-Ing. Th. Kirste war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen (Leitung Prof. Dr.-Ing. K.Th. Renius) der Technischen Universität München; seit 1.5.1990 ist er im Versuch der Zahnradfabrik Passau leitend beschäftigt.

Da Preisanalysen für heute angebotene kleine Traktoren ergeben hatten, daß die Zusatzkosten für leise Kabinen die Maschinen mit durchschnittlich 30 % in unangemessener Weise verteuern, sollte der Forschungstraktor die entsprechenden Geräuschabsenkungen ohne Verwendung einer Kabine ermöglichen, zumal für die typischen und überwiegenden Einsätze eines derartigen Fahrzeugs eine Fahrerkabine oft nicht notwendig ist.

Gleichzeitig stellte der Einsatz eines stufenlosen, mechanischen Getriebes für den Forschungstraktor einen weiteren Konzeptsschwerpunkt dar, um die Möglichkeiten dieser Antriebstechnik aus heutiger Sicht auch in Hinblick auf eine hohe technische Attraktivität des Kleinschlepperkonzepts auszuloten.

Die Auswertung früherer Forschungsarbeiten zu den Konzeptsschwerpunkten hatte ergeben, daß bis auf sehr wenige Ausnahmen Möglichkeiten zur Lärmreduzierung an Traktoren ohne Kabine nur an nachgerüsteten Versuchsschleppern untersucht wurden [7]. Diese Fahrzeuge waren sowohl bezüglich ihrer Technik als auch bezüglich ihres äußeren Erscheinungsbildes von Serienfahrzeugen sehr weit entfernt. Demgegenüber sollte das Konzept des Forschungstraktors möglichst nah an einer Serienlösung liegen.

Zugunsten der Geräuscharmheit und einer möglichst flexiblen Kombination von Komponenten wurde beim Forschungstraktor von der bisher üblichen Blockbauweise abgegangen und eine Rahmenbauweise verwendet. Hierbei sind Motor und Getriebe keine tragende Einheit mehr, sondern der Motor wird in einem biege- und torsionssteifen Rahmen elastisch gelagert und treibt über eine Gelenkwelle das an die Hinterachse angeflanschte Getriebe an. Die Hinterachse ist starr mit dem Schlepperrahmen verbunden. Durch die aufgelöste Bauweise konnte auch der Fahrerplatz übersichtlich und bequem gestaltet werden, Bild 2.

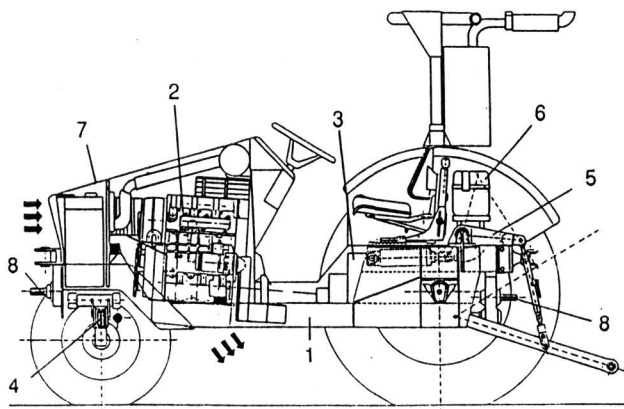


Bild 2. Schematischer Aufbau des Forschungstraktors.

- 1 starr mit der Hinterachse verbundener Fahrzeugrahmen
 - 2 elastisch gelagerter Motor mit Peripherie einschließlich Kraftstofftank
 - 3 stufenloses Getriebe mit Hinterachse
 - 4 nicht angetriebene Vorderachse mit hydrostatischer Lenkung
 - 5 Heckkraftheber mit liegenden Hydraulikzylindern im Fahrzeugrahmen
 - 6 Fahrzeugbatterie
 - 7 stark abgeschrägte Motorkapsel zur besseren Sicht nach vorn
 - 8 Zapfwellen
- Die Pfeile stellen den Kühlluft-Ein- bzw. Austritt an der Motorkapsel dar.

Bei einem Leergewicht von 16,2 kN liegt das resultierende Leistungsgewicht deutlich unter demjenigen vergleichbarer Traktoren in Blockbauweise, obwohl die selbsttragende Verbindung von Motor, Getriebe und Hinterachse eigentlich bessere Voraussetzungen für den kostengünstigen Leichtbau liefert. Dieses günstige Ergebnis beruht zum einen auf dem hohen Gewicht der Vergleichsmaschinen (bezüglich der Leistung unteres Ende der jeweiligen Traktorbaureihe [5]), zum anderen auf den hier bewußt leicht gewählten bzw. leicht konstruierten Komponenten wie Traktorrahmen, Motor, Getriebe, Hinterachse und Kraftheber [7].

3. Motor

Der Forschungstraktor wurde für zwei alternativ einsetzbare, unterschiedliche Großserien-Dieselmotoren entwickelt, einen wassergekühlten, gedrosselten 4-Zylinder-Pkw-Motor mit Vorkammereinspritzung und einen luftgekühlten 3-Zylinder-Motor mit Direkteinspritzung, beide mit 30 kW Nennleistung, einem max. Drehmoment von 110 Nm und ca. 2 l Hubraum. Der Pkw-Dieselmotor bietet Vorteile hinsichtlich Gewicht, Geräusch- und Schwingungskomfort, der traktortypischere Direkteinspritzer hat einen geringeren Kraftstoffverbrauch und verringert den Kühlaufwand. Im Vergleich zu anderen Traktormotoren liegt die Nenndrehzahl beider Motoren etwa 25 % höher, was für die Geräuschkontrolle zusätzliche Anforderungen bedeutet, aber bezüglich Gewicht und Kosten vorteilhaft ist.

Die Rahmenbauweise des Fahrzeugs erlaubt im übrigen eine unkomplizierte Anpassung auch an andere Motorkonzepte, z.B. an Pflanzenölmotoren.

4. Getriebe

Das Getriebe des Forschungstraktors stellt einen weiteren Entwicklungsschwerpunkt dar. Kernstück ist ein stufenloser mechanischer Kettenwandler, bei dem die Drehzahl-Drehmoment-Wandlung auf der stufenlosen Verstellbarkeit der Laufradien einer speziellen Stahlkette zwischen zwei Keilscheiben beruht, Bild 3. Die stufenlose Übersetzungsänderung und Kraftschlußanpassung zwischen Keilscheiben und Umschlingungskette erfolgt lastabhängig durch Öldruck, wodurch sich hohe Wirkungsgrade, kurze Verstellzeiten und sehr geringe Betätigungskräfte erreichen lassen.

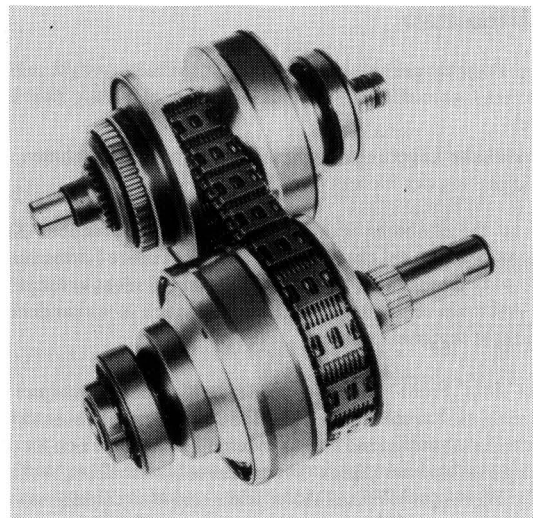


Bild 3. Kettenwandler des Forschungstraktor-Getriebes.

Derartige rein kraftschlüssig arbeitende Kettenwandler werden heute überwiegend in Industriegetrieben eingesetzt und finden derzeit auch erste Anwendungen im Pkw-Bau [8, 9]. Bereits in den fünfziger und sechziger Jahren gab es einige Schlepperprototypen mit Kettenwandlern, die letztlich an den hohen Kosten scheiterten [10]. Heute sind die Wandler durch wesentlich größere Leistungsdichten sehr kompakt und werden im Hinblick auf die Kosten besonders im unteren Leistungsbereich auch für den Traktorenbau immer interessanter. Weitere Vorteile könnten sich ergeben, wenn langfristig von hohen Stückzahlen im Pkw-Bau profitiert werden kann.

Wie der Getriebeplan in Bild 4 zeigt, ist zur Vergrößerung des Wandlungsbereichs von 1 : 5 dem stufenlosen Getriebe ein Gruppenwahlgetriebe mit zwei Vorwärtsgruppen (L und H) und einer Rückwärtsgruppe (R) nachgeordnet. Die Vorwärtsgruppen werden nur im Stand geschaltet und sind so ausgelegt, daß im jeweiligen Einsatzfall kein Gruppenwechsel erforderlich ist. Die synchronisierte Rückwärtsgruppe erleichtert in Verbindung mit der synchronisierten L-Gruppe alle Reversierarbeiten. Das Getriebe baut sehr kompakt und enthält als Ergebnis einer systematischen Lösungssuche nur 7 Zahnräder. Front- und Heckzapfwelle werden über Keilriemen angetrieben und mit Spannvorrichtungen geschaltet, was sich als kostengünstigste Lösung in diesem Leistungsbereich bereits bewährt hat.

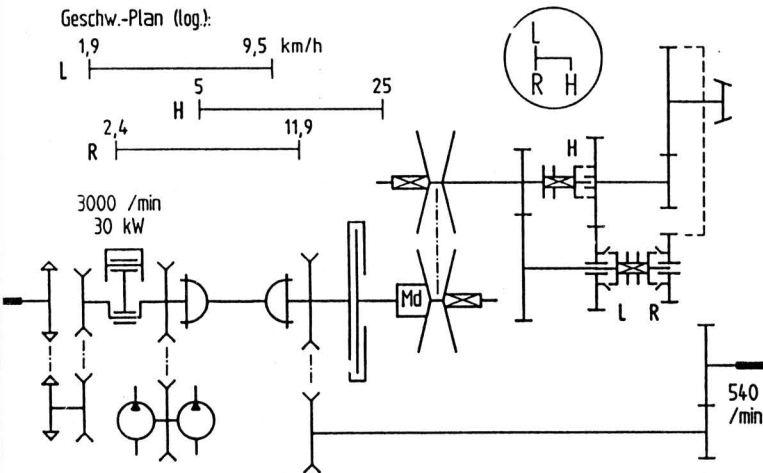


Bild 4. Antriebsplan des Forschungstractor-Getriebes.

5. Lärmschutz

Der im Forschungstractor integrierte Lärmschutz umfaßt neben der lärmarmen Gesamtkonstruktion als Grundvoraussetzung zwei Schwerpunkte:

- die elastische Lagerung des Dieselmotors im Traktorrahmen,
- die Kapselung des Motors.

Während die elastische Motorlagerung das Kleinschlepper-Konzept prägt und bezogen auf das Gesamtsystem als primäre Lärmschutzmaßnahme zu bezeichnen ist, wirkt die Motorkapsel nicht konzeptbestimmend und kann als sekundärer Lärmschutz auch in vorhandene Traktorkonzepte integriert werden.

Die an ihrer Front- und Unterseite geöffnete Motorkapsel bildet gleichzeitig die Karosserielinie (vgl. Bild 2) und besteht aus entdröhnten und luftschallabsorbierend ausgekleideten Blechen, die sich für die beiden Motorvarianten nur geringfügig unterscheiden. Trotz Verkleidung sind alle Wartungsstellen am Motor leicht und ohne Zuhilfenahme von Werkzeugen zugänglich.

Die mit der Kapselung des Motors entstehenden thermischen Probleme konnten durch entsprechende Luftleitbleche und im Fall des 4-Zylinder-Motors mit einem kleinen nockenwellengetriebenen Zusatzgebläse gelöst werden.

Alle Lärmschutzmaßnahmen wurden mit Hilfe entsprechender Messungen dahingehend optimiert, daß ein möglichst guter Lärmschutz bei möglichst geringen Kosten erzielt wird. Der erreichte Lärmschutz für den Fahrer und die Umgebung ist für beide Motorvarianten bei nahezu gleichem Aufwand sehr ähnlich [7].

Herkömmliche Traktoren ohne Fahrerkabine können die gesetzliche Forderung von maximal 90 dB(A) am Fahrerohr bei Motor-Nennzahl nicht erfüllen. Dieser Grenzwert läßt sich bisher nur in Kabinen unterschreiten.

Die vergleichsweise großzügigen gesetzlichen Grenzwerte für das Vorbeifahrtgeräusch werden heute von fast allen Traktoren eingehalten, allerdings ist zukünftig auf nationaler und internationaler Ebene eine Herabsetzung der Grenzwerte nicht auszuschließen. Schon eine Absenkung um einige dB(A) würde erhebliche Anforderungen an den Lärmschutz üblicher Traktorkonzepte stellen.

5.1 Lärmuntersuchungen am stehenden Forschungs-tractor

Für eine systematische Beurteilung der Lärmschutzmaßnahmen und in Anbetracht der Tatsache, daß Traktoren im Gegensatz zu den meisten anderen Kraftfahrzeugen auch im Stand mittels Zapfwellen als Antriebsmaschinen verwendet werden können, wurden zahlreiche Lärmuntersuchungen am stehenden Fahrzeug durchgeführt. Um tendenzielle Aussagen auch über das Lärmschutzpotential von Traktoren in der üblichen Blockbauweise treffen zu können, wurde der im Forschungstractor sonst elastisch gelagerte Verbrennungsmotor auch starr im Fahrzeugrahmen eingebaut.

Dabei zeigte sich, daß bei einer ungekapselten Maschine der vom Motor direkt abgestrahlte Luftschall gegenüber allen anderen Teilschallquellen überwiegt, so daß mit einer elastischen Lagerung des ungekapselten Motors allein kein spürbarer Lärmschutz für die Umgebung erreicht werden kann, Kurve I in Bild 5. Die Kapselung des starr im Rahmen gelagerten Motors führt dagegen zu einer erheblichen Lärmreduzierung in der Umgebung, teilweise bis zu 6 dB(A), Kurve II. Der optimale Lärmschutz ergibt sich immer aus der Kombination von Motorkapsel und elastischen Motorlagern, Kurve III.

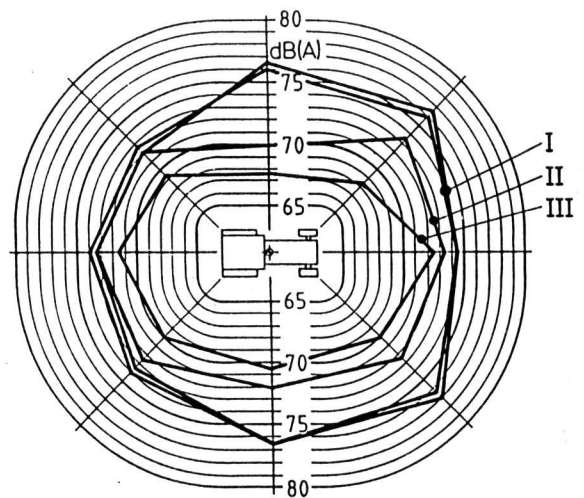


Bild 5. Umgebungsgeschwindigkeit des Forschungstractors mit 4-Zylinder-Motor in 7 m Entfernung abhängig von der Motorlagerung und Kapselung, Motor unbelastet bei Nennzahl.

- I ohne Motorkapsel, Motoreinbau starr oder elastisch
- II mit Motorkapsel, Motoreinbau starr
- III mit Motorkapsel, Motoreinbau elastisch

Die Wirkung der Motorkapsel bei elastisch gelagertem Motor wird in Bild 6 verdeutlicht, das die Verteilung der A-bewerteten Schallintensität auf der rechten Traktorseite wiedergibt. Bei gleichem Maßstab gibt der Punktdurchmesser den jeweiligen Intensitätspegel wieder. Bemerkenswert ist auch, daß die Pegel an der Auspuffmündung (im Ohrbereich des Fahrers) durch die Abgasschalldämpfer bereits auf ein geringes Niveau reduziert wurden, so daß die Motorkapsel an dieser Stelle keinen nennenswerten Einfluß mehr auf die entstehenden Schallpegel hat.

Am Fahrerohr wird beim stehenden unbelasteten Forschungstractor durch alle Lärmschutzmaßnahmen ein Schallpegel von 81 dB(A) erreicht, was einer Schallpegelabnahme gegenüber der Maschine ohne Lärmschutz von 10 dB(A) entspricht (Eine Abnahme des Schallpegels um 10 dB(A) entspricht einer Halbierung des Lautheitsempfindens). Im Gegensatz zum Umgebungsgeräusch ergibt die elastische Motorlagerung für den Fahrer bereits dann Schallpegelabsenkungen, wenn der Motor nicht gekapselt ist, da der Einfluß von Teilschallquellen hier stärker zum Tragen kommt.

Da beim Dieselmotor (im Gegensatz zum Ottomotor) die allein vom Motorblock abgestrahlten Geräusche weitgehend lastunabhängig sind [11, 12], erhöhen sich die Schallpegel bei stehendem Fahrzeug unter Belastung in erster Linie durch die Schallabstrahlung des Zapfwellegetriebes, was zu einer maximalen Pegelerhöhung von 2 dB(A) führt.

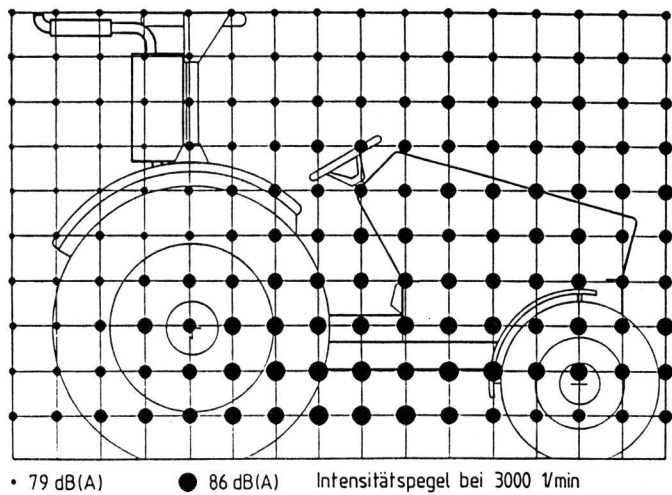
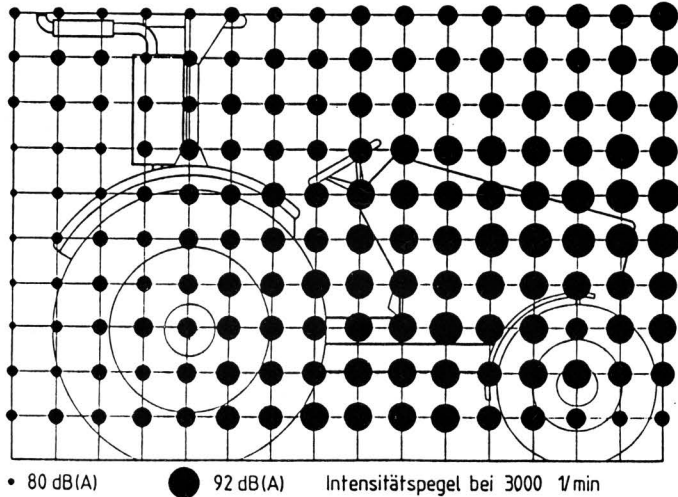


Bild 6. Verteilung der A-bewerteten Schallintensität auf der rechten Seite des Forschungstractors; Motor unbelastet bei Nenn Drehzahl; Pegelhöhe durch Punktdurchmesser veranschaulicht.

oben: ohne Motorkapsel, unten: mit Motorkapsel
Meßebeane parallel zur Längsmittlebene, Meßabstand 0,8 m von der äußeren Hinterradkontur.

5.2 Lärmuntersuchungen am fahrenden Traktor

Der Forschungstractor erzeugt bei Fahrt ohne Last einen maximalen Schallpegel von 83 dB(A) am Fahrerohr, **Bild 7**. Der maximale unter Last gemessene Schallpegel am Fahrerohr von 86 dB(A) liegt beim Forschungstractor immer noch 10 dB(A) unter dem mittleren Vergleichswert heutiger Traktoren ohne Kabine, der nach OECD-Messungen 96 dB(A) beträgt [7].

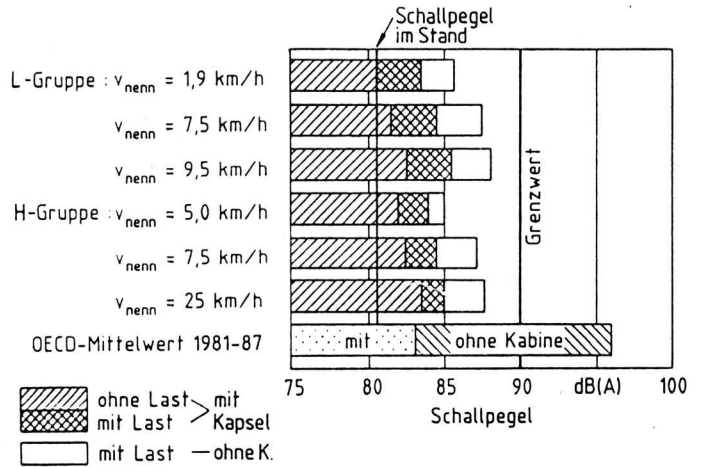


Bild 7. Schallpegel am Fahrerohr beim Fahren ohne und mit Zugbelastung für verschiedene Getriebeübersetzungen und Nennfahrergeschwindigkeiten; teilgekapselter und komplett lärmreduzierter Forschungstractor.

Der mittlere Vorbeifahrt-Schallpegel nach StVZO für alle 1981 bis 1987 OECD-geprüften Traktoren beträgt 86 dB(A). Der Forschungstractor liegt mit beiden verwendeten Motoren mehr als 10 dB(A) darunter, **Bild 8**. Der sowohl auf EG-Ebene als auch auf nationaler Ebene gültige Grenzwert von 89 dB(A) für landwirtschaftliche Zugmaschinen über 1,5 t wird vom Forschungstractor mit Kapsel um 14 dB(A) unterschritten.

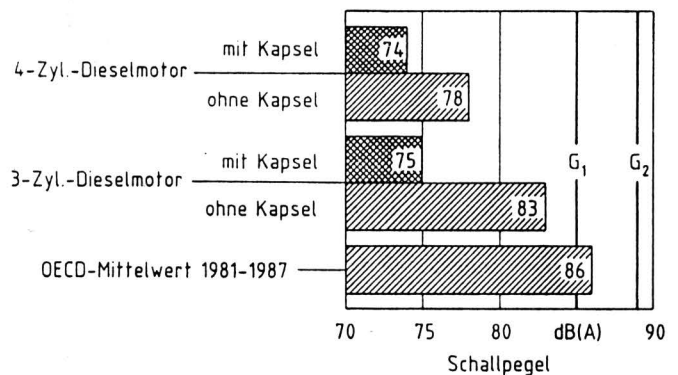


Bild 8. Fahrergeräusch des Forschungstractors für beide Motorvarianten (Beschleunigte Vorbeifahrt nach StVZO); EG-Grenzwerte: G₁ für Traktoren ≤ 1,5 t; G₂ für Traktoren > 1,5 t.

6. Struktur der Herstellkosten

Da das Konzept des Forschungstractors herstellerunabhängig ist und Grundlagencharakter besitzt, können die Kosten für einen serienmäßig produzierten Kleinschlepper mit den zuvor genannten technischen Merkmalen nur näherungsweise abgeschätzt werden. Kostenbestimmend sind zahlreiche hersteller- und marktspezifische Faktoren, an erster Stelle die erreichbaren Stückzahlen. Durch unterschiedliche Entwicklungs-, Produktions- und Vertriebsmöglichkeiten werden darüber hinaus sowohl die anteilmäßigen Kosten der einzelnen Baugruppen, als auch die Gesamtkosten je nach Hersteller unterschiedlich ausfallen.

Die relativen Herstellkosten für einen serienmäßig produzierten Kleinschlepper lassen sich als Orientierungshilfe im Vergleich zu einem anderen Traktorkonzept wie folgt abschätzen:

Nach *Renius* [13] haben die Kosten der einzelnen Baugruppen eines allradgetriebenen Mittelklassetraktors mit Komfortkabine die in **Bild 9** dargestellte Struktur. Kleine Traktoren gleicher Ausstattung weisen vor allem für die Kabine und teilweise auch für die Frontachse deutlich höhere Kostenanteile auf. Mit diesen Zahlen ergeben sich für einen bis zur Serienreife entwickelten Forschungsaktor die in **Bild 10** gezeigten Kostenanteile, die im Vergleich zu den genannten Mittelklassetraktoren für folgende bauliche Abweichungen geschätzt werden: Allradantrieb und Kabine sind nicht vorhanden, d.h. die Kosten sind für eine nicht angetriebene Achse und einen offenen Fahrerstand anzusetzen.

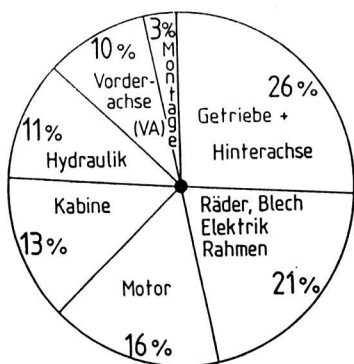


Bild 9. Relative Herstellkosten eines Mittelklassetraktors mit Allradantrieb und Komfortkabine nach *Renius* [13].

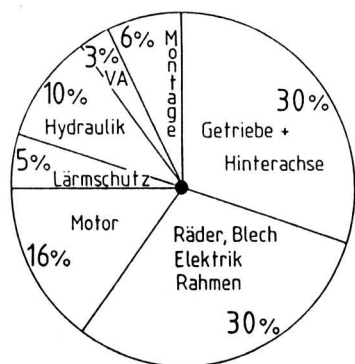


Bild 10. Abschätzung der relativen Herstellkosten für einen kleinen Standardschlepper mit den Konzeptmerkmalen des Forschungstractors.

Das stufenlose Getriebe einschließlich der erforderlichen Steuerung erhöht die anteilmäßigen Getriebekosten. Auch die Rahmenbauweise führt zu einem deutlichen Mehraufwand in der entsprechenden Kostengruppe. Der Fahrzeugrahmen beinhaltet allerdings bereits einen gewissen Lärmschutz, so daß die Kosten für zusätzliche Lärmschutzkomponenten wie Kapselbleche, Schallabsorptionsmaterialien usw. relativ gering sind. Die höheren Montagekosten tragen einer geringeren Rationalisierung beim Zusammenbau der Komponenten Rechnung.

7. Zusammenfassung

Am Institut für Landmaschinen der Technischen Universität München wurde ein kompletter 30 kW-Traktor entwickelt, der als seriennahes Forschungsfahrzeug vorrangig einen großen Schritt in der Lärmreduzierung aufzeigt (Rahmenbauweise und Motorkapsel), dabei innovative Technik beinhaltet (stufenloses mechanisches Getriebe). Die akustische Wirksamkeit und Übertragbarkeit des Konzepts wurde durch zahlreiche Untersuchungen am Gesamtsystem und an Systemkomponenten nachgewiesen.

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] *Renius, K.Th., W. Söhne u. H. Reiter*: Traktoren 1987/88. ATZ Bd. 90 (1988) Nr. 5, S. 221/27 und 230/32.
- [2] *Olfe, G. u. H. Schön*: Schlepperbesatz und Schlepperverwendung bei unterschiedlichen betrieblichen Verhältnissen. Grundl. Landtechnik Bd. 32 (1982) Nr. 2, S. 59/66.
- [3] *Olfe, G. u. H. Schön*: Einsatzzeiten von Schleppern bei unterschiedlichen betrieblichen Verhältnissen. Grundl. Landtechnik Bd. 34 (1984) Nr. 6, S. 236/43.
- [4] *Eimer, M. u. V. Dreses*: Wirtschaftliche Auslastung verschiedener Schlepperbauarten bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen. Grundl. Landtechnik Bd. 35 (1985) Nr. 5, S. 162/69 (darin 64 Lit.).
- [5] Tatsachen und Zahlen aus der Kraftverkehrswirtschaft. Verband der Automobilindustrie e.V., Frankfurt/Main, mehrere Jahrgänge.
- [6] *Kirste, Th.*: Konzeptansätze für einen leisen Kleinschlepper. Vortrag anlässlich der VDI/MEG-Tagung "Landtechnik". 25./26.10.1984, Edwin-Scharff-Haus Neu-Ulm.
- [7] • *Kirste, Th.*: Entwicklung eines 30 kW-Forschungstractors als Studie für lärmarme Gesamtkonzepte. Fortschr.-Ber. VDI-Z. Reihe 14, Nr. 43. Düsseldorf: VDI-Verlag 1989 (darin 165 Lit.).
- [8] *Basedow, G.*: Mechanische stufenlose Getriebe in Personenkraftfahrzeugen. Automobil-Industrie Bd. 30 (1985) Nr. 5, S. 607/11.
- [9] *Dittrich, O.*: Stufenlose Getriebe für Personenkraftfahrzeuge. Antriebstechnik Bd. 27 (1985) Nr. 5, S. 68/72 u. 77.
- [10] *Renius, K.Th.*: Stufenlose Drehzahl-Drehmoment-Wandler in Ackerschleppergetrieben. Grundl. Landtechnik Bd. 19 (1969) Nr. 4, S. 109/18 (darin 102 Lit.).
- [11] • *Haasler, J.*: Geräuschverhalten von Viertakt-Dieselmotoren. VDI-Forschungsheft 505, Düsseldorf: VDI-Verlag 1964.
- [12] • *Thien, G.E.*: Geräuschquellen am Dieselmotor. VDI-Bericht Nr. 499, S.107/19. Düsseldorf: VDI-Verlag 1983.
- [13] • *Renius, K.Th.*: Traktoren. München: BLV Verlagsgesellschaft 1987.