

# Geschichte und Wirkungen des Münchner Forschungstractors

von Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Karl Th. Renius, Technische Universität München

Der „Münchner Forschungstractor“ entstand in den Jahren 1983 bis 88 am Lehrstuhl für Landmaschinen der Technischen Universität München und hat den internationalen Traktorenbau durch neue richtungsweisende Merkmale befruchtet. Die TU München hat den Forschungstractor freundlicherweise dem Deutschen Landwirtschaftsmuseum Hohenheim überlassen und die Schriftleitung hat aus diesem Anlaß den ehemaligen Leiter des genannten Lehrstuhls, Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Karl Th. Renius, gebeten, die Geschichte des Projekts und die entstandenen Wirkungen aus seiner Sicht darzustellen. Der vorliegende Aufsatz für den Goldenen Pflug sollte bewußt im Sinne einer „mitlebten Landtechnik“ geschrieben werden – passende persönliche Erinnerungen waren dabei ausdrücklich erwünscht. Gleichzeitig hat die Arbeit aber durch die zahlreichen genannten Quellen und die lange Erfahrung des Autors auch eine interessante historisch-wissenschaftliche Qualität.

Die Schriftleitung.

## Leichter Gehörschaden

Ich sitze im Gehörlabor meines Hals-Nasen-Ohren-Arztes. „Herr Professor, Sie haben neben geringfügigen altersbedingten Beeinträchtigungen einen leichten Dauerschaden im linken Ohr, mittlerer Frequenzbereich – mit lauten Maschinen gearbeitet?“ „Bin eigentlich eher ein Büroarbeiter“ – „Und früher?“ – „Ja, da war

was – Traktorfahren – ist aber schon 50 Jahre her“. – „Ohne Gehörschutz?“ „Ja, natürlich – Gehörschutz war überhaupt nicht üblich“.

## Der HANOMAG R28

Er wurde von meinem Vater auf unserem 1947 gepachteten Hof in Tündern (bei Hameln) etwa Frühjahr 1952 gekauft und weckte mein größtes Interesse, insbesondere in den Schulferien. Anfangs mußte ich vom Sitz nach vorn herunter rutschen, um das Kupplungspedal zu betätigen. Beim Pflügen und Eggen mit Vollgas und ohne Motorverkleidung war der Lärmpegel unter dem Wetterdach so hoch (geschätzt 105 dB(A)), dass man abends leicht taub abstieg. Da ich die Heckgeräte grundsätzlich mit einer Rechtsdrehung des Kopfes beobachtete, bekam das linke, dem Motor zugewandte Ohr offensichtlich mehr ab als das rechte. Der Arzt hält diese Vermutung für plausibel und bestätigt die (frühen!) Warnungen der Arbeitsmediziner: Gehörschäden sind irreparabel. Damals dachten wir an solche Folgen nicht.

Die Beschäftigung mit Traktoren wurde trotz dieses „Frühschadens“ zum Mittelpunkt meiner beruflichen Entwicklung. Motivierend war und ist dabei für mich die Tatsache, dass diese Maschinen dem Menschen in zweifacher Weise dienen: einerseits zur Nahrungsmittelproduktion – andererseits aber auch als wichtigste, produktive agrartechnische Maschine dem

Wandel vom Agrar- zum Industriestaat mit der Chance zu Wohlstand und Wohlfahrt. Diesen Schritt haben wir lange vollzogen, die meisten Länder der Welt aber noch nicht.

## Der mühsame Weg zur Absenkung der Geräuschbelastung des Fahrers

Bei meiner ersten Industrietätigkeit in der Traktorenentwicklung der Klöckner-Humboldt-Deutz AG (KHD) 1965/66 wurde ich als frisch gebackener Diplom-Ingenieur (mit guter Landtechnik-Ausbildung von Prof. Matthias, Braunschweig) mit vielen interessanten Entwicklungsfragen konfrontiert – die Geräuschbelastung des Traktorfahrers war jedoch kein Thema. Dabei hatte die landtechnische Forschung in Deutschland schon in den 60er Jahren dieses Gebiet beackert, Batel würdigt z. B. in einer Übersicht [1] Arbeiten von R. Rosegger und S. Rosegger (1960) sowie von Freidank (1962). Die ersten Ergebnisse lösten seinerzeit in der Landtechnik-Industrie eher Ängste als Begeisterung aus, weil man eine Beeinträchtigung der Wettbewerbsfähigkeit wegen nicht zu erlösender Mehrkosten befürchtete.

Die ersten greifenden Impulse zur Geräuschabsenkung wurden bei Traktoren über neue Vorschriften erzwungen. Deren Ziel bestand darin, den Menschen zu schützen und die volkswirtschaftlichen Kosten der Lärmschwerhörigkeit (Berufsgenossenschaften) zu vermeiden. Wischhof analysiert 1973 hierzu [2], dass von 48 nach OECD-Test geprüften Traktoren (März 1972 bis Mai 1973) nicht weniger als 39 (81%) einen Pegel am Fahrerrohr von über 95 dB(A) hatten. Erste Grenzwerte orientierten sich an dem Wert 90 dB(A). Sie waren für einige Jahre sehr bedeutsam und beschleunigten die Einführung schallsisolierter Kabinen Mitte der 70er Jahre [3]. Bemerkenswert ist, dass die Landwirte die Vorteile niedriger Geräuschpegel nun rasch erkannten, so dass die Marktforderungen die Vorschriften „überholten“, und zwar zuerst bei leistungsstarken Traktoren. Hier kostete der Zusatzaufwand für elastisch aufgesetzte, geschlossene Kabinen relativ am wenigsten – der Mensch ist auf jedem Traktor der gleiche.

## Auch die Außengeräusche kommen ins Visier

Kabinen schützen nur den Fahrer, während Geräuschsenkungen direkt an den Quellen (Motor, Getriebe, Hydraulik u. a.) auch der Umgebung zugute kommen und gleichzeitig den Kabinenaufwand reduzieren. In der

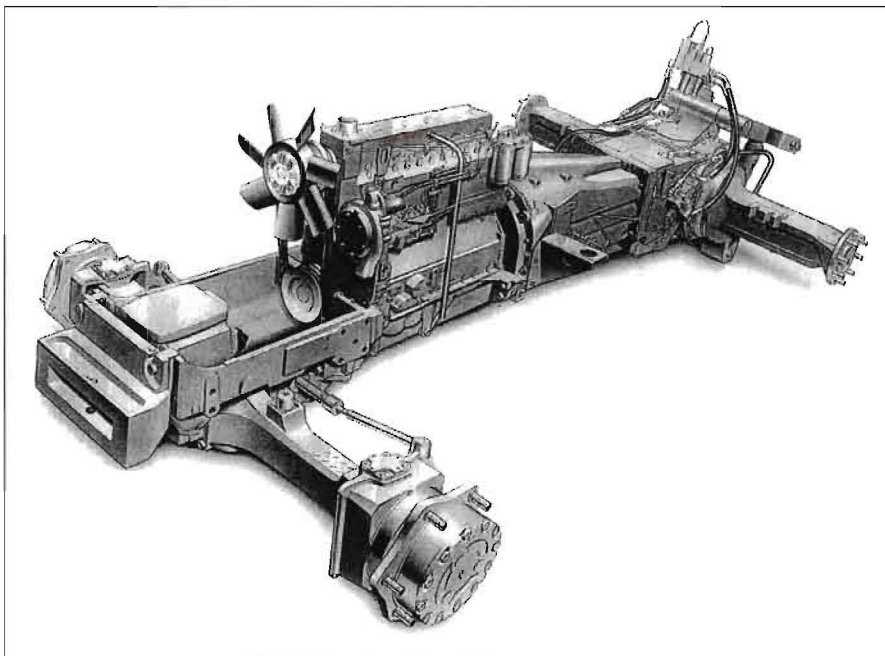


Bild 1: Chassis eines Standardtractors in Blockbauweise, Bauart MF (um 1990)

Industrie geschah hier um 1975 wenig, eher in der Forschung – insbesondere an der Technischen Universität München durch Söhne und Bacher [4, 5]. Sie kamen 1978 zu der Erkenntnis, dass durch eine elastische Lagerung des Dieselmotors und einen zusätzlichen Schallschirm oder eine Kapselung erhebliche Absenkungen des Außengeräuschpegels möglich sind. Die Arbeiten waren von den Traktorfirmer Fendt und John Deere und den Motorfirmen Hatz und MWM unterstützt worden. Eine Umsetzung fand bei westlichen Standardtraktoren nicht statt, bedeutete sie doch ein Verlassen der seit 1917 durch den berühmten „Fordson“-Traktor eingeführten Blockbauweise, die wegen ihrer günstigen Kosten um 1980 immer noch als dominierende Konstruktionsregel galt, **Bild 1**. Vielfach wurde argumentiert, dass das Außengeräusch niemanden schädigt, weil Personen ihm nicht dauernd ausgesetzt sind.

Ich selbst war 1981 bei KHD als Hauptabteilungsleiter für die Neu- und Weiterentwicklungen der DEUTZ-Traktoren verantwortlich und besonders mit einer neuen Mittelklasse-Baureihe beschäftigt (DX 4, Serieneinführung 1982). Das Konzept eines im Rahmen elastisch aufgehängten Motors zogen wir aus den genannten Gründen nicht ernsthaft in Erwägung.

Meinem Eindruck nach sah man dieses seinerzeit in anderen Traktorfirmer ähnlich. Die diesbezügliche Ausnahme des DDR-Standardtraktors ZT 300 mit elastisch gelagertem Motor (seit 1967 in Schönebeck gebaut [6]) war eine Pionierleistung, die man jedoch im westlichen Traktorenbau nicht ernst nahm. Elastische Motorlagerungen gab es frühzeitig auch schon bei Unimog, MB-Trac, Infrac 2005/6 und weiteren Sonderfahrzeugen. Diese waren in vielen neuen Merkmalen Vorreiter für Standardtraktoren, aber die elastischen und damit eigentlich auch fortschrittlichen Motorlagerungen fanden kaum Beachtung.

### Neue Impulse für Standardtraktoren durch ein denkwürdiges Kolloquium

Bemerkenswerte Anstöße gingen im Frühjahr 1984 von dem VDI-Kolloquium „Schlepper und Gerät“ in Berlin aus, bei dem sich Industrie und Wissenschaft unter dem damaligen Vorsitzenden der „VDI-Fachgruppe Landtechnik“, Herrn Prof. Matthies, über die zukünftigen Entwicklungen und die dafür sinnvollen Forschungsaktivitäten austauschten.

Unter anderem wurde hier von W. Röhrs (unter Matthies) eine Untersuchung der Rahmenbauweise bei Traktoren vorge-

schlagen [7]. Gleichzeitig stellten mein damaliger Assistent Thomas Kirste und ich (seit 1.10.1982 als Nachfolger von Prof. Söhne) das an der TU München von uns begonnene Projekt „leiser Kleinschlepper“ vor [8]. Unser auch auf der VDI-Tagung 1984 präsentiertes Vorhaben [9] berücksichtigte die Arbeiten von Söhne und Bacher, ging jedoch über das Thema Geräuschsenkung weit hinaus.

### Zielsetzung des Münchner Forschungstraktors

Die wichtigsten Ziele des Projektes wurden ab 1983 durch ein Lastenheft wie folgt definiert:

- Geräuscharm für Fahrer und Umfeld
- Rahmenbauweise für einen flexibleren Komponenteneinbau
- Stufenloser Fahrtrieb
- Flache Motorhaube ohne Schornsteine
- Kraftheber in aufgelöster Bauweise
- Leichtbau, gute Ergonomie, Bauhöhe unter 2 m

Stufenlose Getriebe waren im Prinzip um diese Zeit nicht neu. So gab es z. B. frühe Forschungsarbeiten in Silsoe (hydrostatischer Forschungstraktor 1954 [10]), die Untersuchungen an stufenlosen Getrieben unter „Schlepper-Meyer“ in der FAL, die weltweit erste Serieneinführung eines hydrostatischen Traktorgetriebes in kleiner Stückzahl durch I.N. Logos bei Eicher (mit DOWTY-Getriebe) 1966 [10], die begonnene Großserienerführung hydrostatischer Traktorgetriebe durch International Harvester (IH) mit Unterstützung durch Sundstrand 1967 [10] und viele Prototypen mit PIV-Kettenwandlern [10]. Alle Ansätze hatten letztlich keinen dauerhaften Erfolg, u. a. wegen der mäßigen Getriebewirkungsgrade. Auch IH (USA) ließ das Konzept nach (geschätzt) einigen zehntausend produzierten Einheiten fallen. Lediglich bei japanischen Kleintraktoren hielten sich hydrostatische Antriebe, wobei die dort häufigen Zapfwellenarbeiten mit Bodenfräsen die Vorteile der Stufenlosigkeit verstärken und die Verluste des Fahrtriebtes abschwächen. Etwa 15 Jahre war es sehr ruhig um stufenlose Traktorgetriebe. Aber das Ziel blieb attraktiv und wurde u. a. durch das erwähnte Kolloquium von der Industrie bestätigt [8]. Außerhalb Deutschlands (insbes. in den USA) war das Interesse an stufenlosen Fahrtriebten allerdings um diese Zeit sehr gering.

### Der Forschungstraktor entsteht

Unter der Projektleitung von Th. Kirste [8, 9] wurde der Münchner Forschungstraktor

von 1983 bis 1988 am Lehrstuhl für Landmaschinen der TU München geplant, konstruiert und in der eigenen Werkstatt unter der hervorragenden Federführung von Werkstattmeister L. Höchtl gebaut. Einige Zulieferteile wurden nach unseren Zeichnungen von Firmen kostenlos gefertigt. Hohe Anforderungen stellte der selbst konstruierte Teilesatz des Getriebes. Fritz Hurth ermöglichte uns die Diskussion mit Konstrukteuren seiner damaligen Firma Hurth Axle in Arco. Deutz schenkte uns einen Prototyp des luftgekühlten neuen Dreizylindermotors F3L 1011 (30 kW bei 3000/min). Peugeot spendete den PKW-Dieselmotor XUD9 (33 kW bei 3000/min). **Tafel 1** würdigt diese und weitere Firmen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) steuerte DM 260.000,- bei. Herr Kirste konnte nicht weniger als 14 Diplomanden und viele Semestranten für

- Autokühler GmbH
- Case IH
- Centa Antriebe
- Continental
- Deutsche Shell
- FAG Kugelfischer
- Fendt
- Fichtel & Sachs
- Fritzmeier
- Gassner
- Grammer
- Hako
- Hurth Axle
- John Deere
- KHD (Deutz)
- Lemmerz
- Mann & Hummel
- Mannesmann-Rexroth
- Metzeler
- Peugeot-Motoren
- Petri
- P.I.V. Reimers
- Prein Gerätebau
- Rockinger
- Schlüter
- Uni-Cardan
- ZF-Friedrichshafen
- ZF-Passau
- ZF-Schwäb. Gmünd

Tafel 1: Firmen, die die Entstehung des Münchner Forschungstraktors materiell und beratend unterstützten [16]

### Umweltfreundlicher Forschungstraktor

Seite 3



Bild 2: Titelbild der TUM Mitteilungen Heft 2, 1988. Am Steuer des Forschungstraktors Thomas Kirste, der mit diesem Projekt promovierte (Foto: G. Anthuber)

das Projekt begeistern, weitere Diplomarbeiten kamen später unter Vahlensieck hinzu. Der Forschungstraktor zog die Studenten an wie kaum ein anderes Projekt in der Fakultät für Maschinenwesen.

#### Rückkopplungen

Zwischendurch versuchten wir, unsere Vorstellungen immer wieder mit kompetenten Partnern kritisch zu diskutieren. Hinweise

gab es z. B. in Richtung „Antriebsstrangmanagement“ (u. a. aus den Berliner Arbeiten unter Prof. Göhlich). Parallel zum Forschungstraktor entwickelte Herr Kirste daher 1984/85 einen „Kennfeldmonitor“ [11], der den Fahrer über die Motorlast und den spezifischen Kraftstoffverbrauch mit Hilfe eines einfachen Displays informierte. Später schuf mein damaliger Assistent Bernd Vahlensieck in Fortführung dieser Idee für den Forschungstraktor eine elektronische Leistungsregelung (s. u.).

Als weitere Rückkopplung kann die öffentliche „Generaldiskussion“ der Traktortechnik gelten, die am 16.7.1987 mit Topmanagern an der TU München deutlich machte [12], dass der Standardtraktor entgegen vielen Unkenrufen (auch aus der Wissenschaft) vorerst nicht aussterbe, sondern im Gegenteil noch viel Entwicklungspotenzial habe, das man nur herausfinden müsse.

#### Festliche Präsentation

Der Forschungstraktor wurde am 25. Februar 1988 im Neuen Theresianum der Technischen Universität München der Öffentlichkeit (180 Gäste) und der Presse vorgestellt [13 bis 15]. TUM-Präsident Meitinger sprach bei der Eröffnung von einem „...Musterbeispiel guter Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Industrie...“ (Zitat). Die Hochschulleitung war damals so begeistert, dass die Titelseite des eigentlich schon fertiggestellten Februarhefts der TUM-Mitteilungen im letzten Moment noch zu Gunsten des Forschungstraktors neu gestaltet wurde, **Bild 2**. Der Traktor war voll einsatzfähig und sah professionell aus, **Bild 3 und 4**. Dieses Ergebnis war nur durch das ungewöhnliche Engagement vieler Mitarbeiter und Studenten – insbesondere aber des Projektleiters Th. Kirste (ab 12.4.1989 Dr.-Ing. Kirste [16]) möglich geworden. Mir half bei den Konzeptentscheidungen meine lange Industrieerfahrung und die außerordentlich breite externe Unterstützung. Die Präsentation fand ein gutes Echo mit vielen Berichten bis in die überregionale Tagespresse [17] und das Fernsehen [18]. Bei weiteren Gelegenheiten fand auch das einem Diesel-PKW vergleichbare niedrige Außengeräusch erhebliche Beachtung [19, 20].

#### Einsatzerfahrungen und weiterführende Arbeiten

Der Forschungstraktor blieb bis zur Überführung in das Deutsche Landwirtschaftsmuseum Hohenheim 2002 ohne nennenswerte Probleme voll einsatzfähig, was für eine sorgfältige Auslegung (z. T. nach Lastkollektiven) spricht. Bezüglich der Geräuschabsenkungen bewährte sich der steife Rahmen mit elastisch aufgehängtem weitgehend gekapseltem Motor. Getriebe und Hinterachse waren fest mit dem Rahmen verbunden, **Bild 5** [21]. Die gute Geräuschreduzierung des Motors ließ bald das Getriebe auffällig laut erscheinen. Die Lösung bestand im wesentlichen darin, dass Herr Kirste das Schwingungsverhalten der abstrahlenden Flächen des Getriebegehäuses mit FEM (Finite-Elemente-Methode) modellierte und deren Eigen-

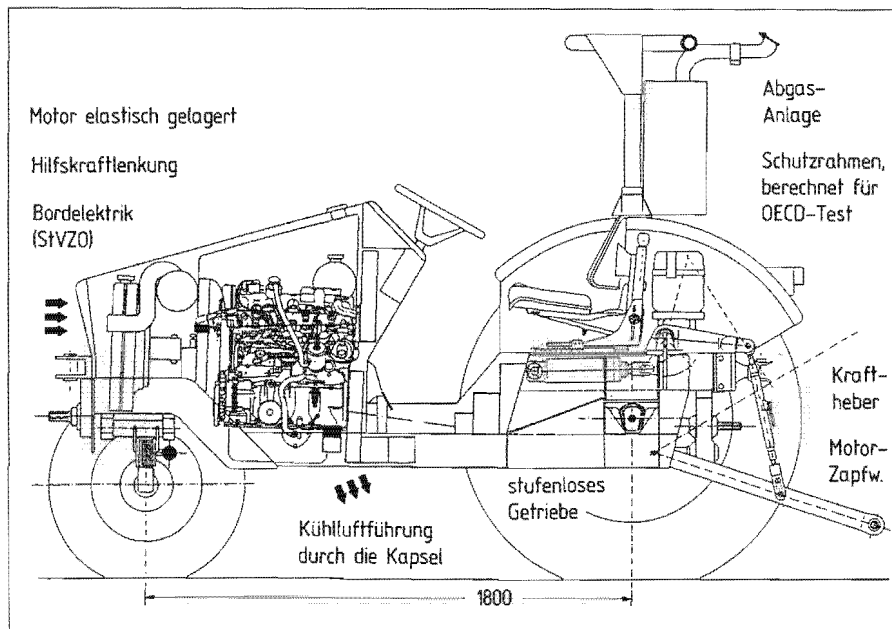


Bild 3: Münchner Forschungstraktor mit 4-Zylinder Peugeot-Motor. Alternativ war ein luftgekühlter 3-Zylinder Deutz-Motor F3L 1011 einbaubar, mit dem der Traktor heute ausgestellt ist. Leergewicht 1650 kg.

frequenzen durch Versteifung nach oben aus der Resonanz verschob [16]. Diese heute bedeutende Methode wurde damals bei Traktoren noch kaum industriell genutzt.

### Hat der Münchner Forschungstraktor aus heutiger Sicht etwas bewirkt ?

Dazu sollen Traktorenentwicklungen ge-

annt werden, bei denen typische Merkmale des Forschungstraktors in Serie auftauchten oder Erkenntnisse aus unserer Arbeit nachweislich einfließen.

### Flache Haube für gute Frontsicht

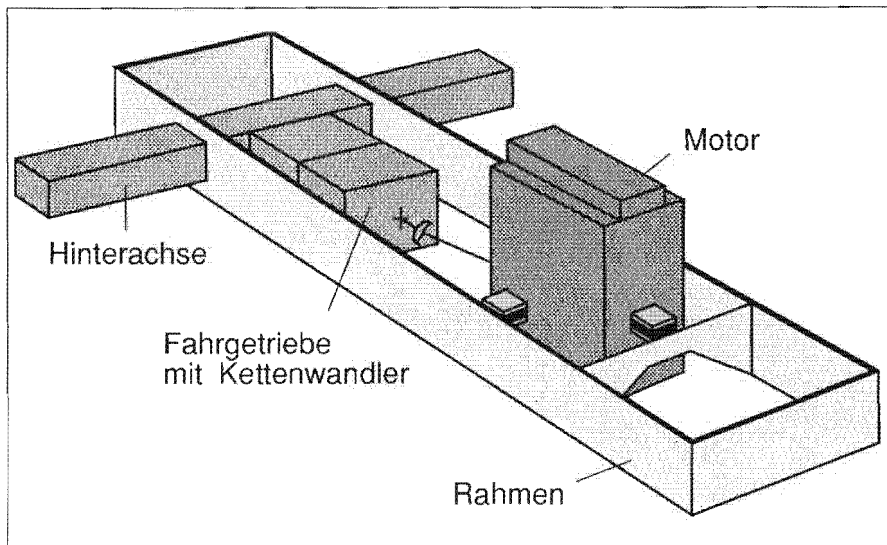
Deutz-Fahr führte Anfang 1991 als erster mit dem „AgroXtra“ einen Standardtraktor mit extrem abgeflachter Haube ein, **Bild 6**, und erweiterte das Prinzip zur Agritechnica '91 zu einer ganzen Baureihe aus 6 Modellen [22]. Abgeflachte Motorhauben wurden danach zu einem weltweiten Trend – wengleich aus Raum-mangel (Kühler, Luftansaugung, Luftfilter) nicht immer so extrem wie bei Deutz.

### Teilrahmen mit elastisch gelagertem Motor

John Deere stellte Ende 1992 die neuen Familien 6000 und 7000 vor, die ähnlich wie der Forschungstraktor einen an der Hinterachse befestigten Stahlrahmen hatten **Bild 7** [22] (vergl. mit Bild 5). **Bild 8** zeigt das Erscheinungsbild der Reihe 6000. John Deere hatte in Mannheim in die Entwicklung und in die Umgestaltung der Fabrik erhebliche Mittel investiert und begleitete die Einführung der 6000er im wesentlichen mit folgenden Argumenten:



Bild 4: Der Forschungstraktor im Einsatz, hier zur Messung von Lastkollektiven beim schwerem Pflügen mit Leistungsregelung (um 1994/95). Am Steuer Bernd Vahlensieck (Foto: G. Anthuber).



- Disposition/Umrüstung/Austausch von Getriebekomponenten einfach
- Frontlader und Frontkraftheber brauchen keine Zusatzrahmen

Niedrige Leergewichte und hohe Nutzlasten lassen sich natürlich auch mit Blockbauweise realisieren. Aber der Aufwand kann sehr groß sein, wenn z. B. ein bewusst leicht gebauter, nicht tragender Fahrzeug-Dieselmotor in eine hoch belastete tragende Komponente umkonstruiert und im Traktorrumpf erprobt werden muß. Inzwischen hat J. Deere mit den Baureihen 6000 und 7000 (und seit 2003 auch 5000) weit über 300 000 Rahmen traktoren gebaut.

Auf der SIMA 1997 präsentierte CASE-IH die neue obere Mittelklasse „MX Maxxum“ mit gegossenen Teilrahmen und elastisch gelagerten Motoren [23] sowie Ende 1998 in den USA die neue MX Magnum-Familie mit ähnlichem Konzept [24]. Fendt führte mit der Vario-Baureihe 700 Ende 1998 einen ebenfalls gegossenen tragenden Halbrahmen mit elastisch gelagertem Motor ein [23], **Bild 9**. Man übertrug das

Bild 5: Chassis-Konzept des Forschungstraktors [21]. Rahmen und Hinterachse bilden das Rückgrat. Motor und Getriebe leicht gebaut und nicht tragend, Motor elastisch gelagert.

- Geringes Traktor-Leergewicht und hohe Nutzlasten durch leichten Motor und leichte Schaltgetriebe im tragenden Rahmen
- Motor schwingungs isoliert
- Längsposition des Motors flexibel (Gewichtsverteilung)



Bild 6: Deutz Traktor mit extrem abgeflachter Motorhaube 1991 (Foto: Deutz-Fahr) [22]

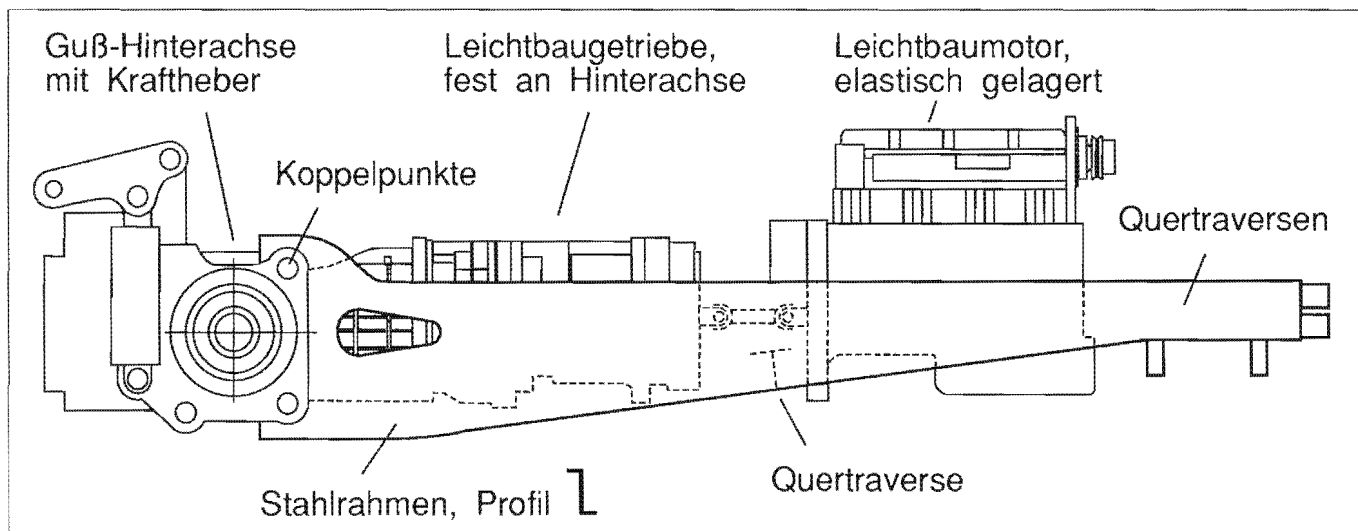


Bild 7: Chassis-Konzept der John Deere Baureihe 6000 (Ende 1992) [22]. Rahmen und Hinterachse bilden das Rückgrat. Motor und Getriebe leicht gebaut und nicht tragend, Motor elastisch gelagert

gleiche Prinzip Ende 1999 auf die Vario-Baureihe 400 und Ende 2002 auf die Vario-Baureihe 800 (ähnlich 700). Mit Fendt, Claas und Reform-Werke hatten wir workshops zur Konstruktion leichter, torsionssteifer Rahmen, bei denen es besonders auf eine geschickte Gestaltung der Quertraversen ankommt.

Trotz all dieser Entwicklungen herrscht die Blockbauweise weltweit bei Standardtraktoren noch klar vor und wird für geringe

Anforderungen und Leistungen sicher noch lange Bedeutung behalten.

### Niedriger Außengeräuschpegel

Hier lag von Anfang an ein besonderer Schwerpunkt des Projektes – insbesondere bei den Arbeiten von Kirste.

Um 1983 waren die Kabinen schon relativ leise, aber das Außengeräusch grob

gesehen gleich geblieben, weil konstruktive Verbesserungen durch Leistungssteigerungen aufgefressen wurden. Eine wesentliche Verschärfung der Geräuschgrenzwerte (gemessen für die sog. „beschleunigte Vorbeifahrt“) hätte erhebliche Probleme für die starre Blockbauweise bedeutet. Tatsächlich entwickelten sich die Verschärfungen in den folgenden 20 Jahren eher moderat (mit Ausnahmen für Ruhe-zonen) mit geringem Druck auf die Blockbauweise.



Bild 8: Standardtraktor John Deere der Baureihe 6000 (Ende 1992) mit dem in Bild 7 gezeigten Chassis-Konzept (Foto: John Deere)

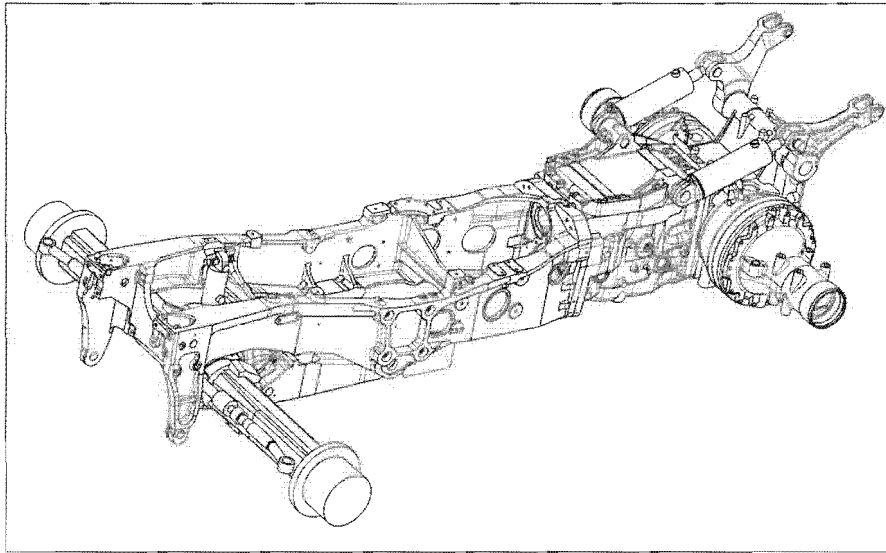


Bild 9: Tragender Halbrahmen für elastische Motoraufhängung, Bauart Fendt Vario 700 (Ende 1998, Darstellung von Fendt)

Das Potenzial für die Senkung des Außen- geräuschpegels ist jedoch erheblich. **Bild 10** zeigt eine Übersicht über die Pegel moderner Standardtraktoren sowie den Pegel des Forschungstraktors, der trotz seiner hohen Motor-Nenn-drehzahl von 3000 U/min und seines Alters noch den Bestwert hält. Ebenso vermerkt ist der Status eines neueren Sonderfahrzeugs mit steifem Vollrahmen, bei dessen Entwicklung ich mitwirkte und Erfahrungen aus dem Forschungstraktor einfließen [25, 26].

### Hocheffiziente stufenlose Getriebe mit Automatikfunktionen

Der Münchner Forschungstraktor arbeitet mit einem stufenlosen, hydraulisch gesteuerten P.I.V. Kettenwandler mit zwei herkömmlichen Vorwärts-Fahrbereichen und einer synchronisierten V-R-Schaltung, **Bild 11**. Die insgesamt 3 Fahrbereiche wurden mit kleinstmöglicher Anzahl von Zahnrädern realisiert. Wie bereits erwähnt, hatte Kirste für ein Antriebsstrang-Management 1984/85 einen elektronischen „Kennfeldmonitor“ entwickelt (s. o. [11]). Vahlen-sieck rüstete um 1994 eine selbst entwickelte elektronische Leistungsregelung nach [27] (beides nicht vorhanden am aus- gestellten Forschungstraktor). Moderne Trak- toren haben heute elektronische Systeme mit Leistungsregelungen und erste automa- tische Strategien zur Kraftstoff einsparung – insbesondere in Verbindung mit stufenlosen Getrieben und elektronisch gesteuerten Die- selmotoren.

Die Weiterentwicklung des Kettenwandlers wurde anfangs vor allem von Fendt, P.I.V. und Hurth materiell unterstützt – später

auch in sehr bedeutendem Umfang durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft als wichtiger Bestandteil des DFG-Sonderfor- schungsbereiches SFB 365 (TU München 1993-2002, Sprecher: Prof. Höhn). Dar- aus ging u. a. 1996 die grundlegende Dis- sertation von G. Sauer [28] hervor, deren Wirkungen bis in die Entwicklungsanfänge des Kettenwandler-Automatikgetriebes „Multitronic“ von Audi-LUK [29] reichen. Die Firma Schlüter (S. Leutner) entwickelte um 1990 gemeinsam mit P.I.V. (G. Schön- nenbeck) und Hurth ein Traktorgetriebe mit Kettenwandler für 60 kW [28], das jedoch wegen des Niedergangs von Schlüter nicht in Serie ging.

Bei Fendt wurde ich zum Jahreswechsel 1990/91 durch den damaligen Ge- schäftsführer Dr. Prediger vertraulich in die Gesamtentwicklung Traktoren einbezo- gen. Die erste Getriebe-Sitzung fand am 22.01.1991 in Marktoberdorf unter Lei- tung von P. Dziuba statt. Bereits unter der Geschäftsleitung von Prof. Stroppel [30] hatte eine Gruppe unter Federführung von R. Honzek bei großer Unterstützung durch P. Dziuba mit der Vorentwicklung des stu- fenlosen hydrostatisch-leistungsverzwei- gten Getriebes „ML200“ begonnen, das auf einem Patent von H. Marschall (nach Prin- zip Molly) beruht [30]. Das mit Sekundär- kopplung arbeitende Konzept wurde noch einmal einer aufwendigen, kritischen Prü- fung unterzogen und als zukunftssträftig bestätigt. Es wurde jedoch auf Vorschlag von Herrn Dziuba und mir entschieden, als Zwischenstufe die späteren Baureihen „Favorit 500C“ und „Favorit 800“ noch mit ZF-Vierfachlastschaltung zu entwickeln und mit höchster Priorität schon 1993 ein- zuführen – eine aus späterer Sicht zur Risi- kominderung der ML-Entwicklung außer- ordentlich wichtige Entscheidung.

Stufenlose Kettenwandler-Getriebe schieden für große Traktoren schon Anfang 1991 wegen der zu geringen Grenzleistung aus. Sie konkurrierten bei Fendt zunächst noch im unteren bis mittleren Leistungsbereich mit dem ML-Konzept, das man jedoch später vor allem wegen seines eleganten Anfahr- ens und Reversierens (nur mit dem Wandler) bevorzugte. Wir waren seitens meines Instituts über das Herausfallen des Ketten- wandlers etwas unglücklich, weil wir dessen Technik inzwischen sehr gut beherrschten und die auch ohne Leistungsverzweigung

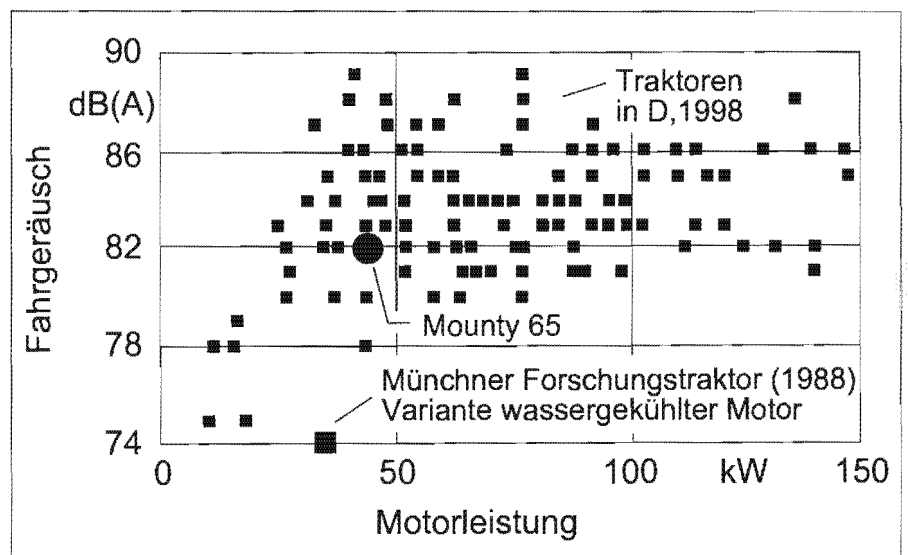


Bild 10: Außengeräuschpegel von Traktoren für „beschleunigte Vorbeifahrt“. Stand der Technik 1998 (nach Daten des KBA, bearbeitet von Herrn Schauer, VDMA) mit Meßwerten für den Reform „Mouny 65“ [25] und den Forschungstraktor [16].

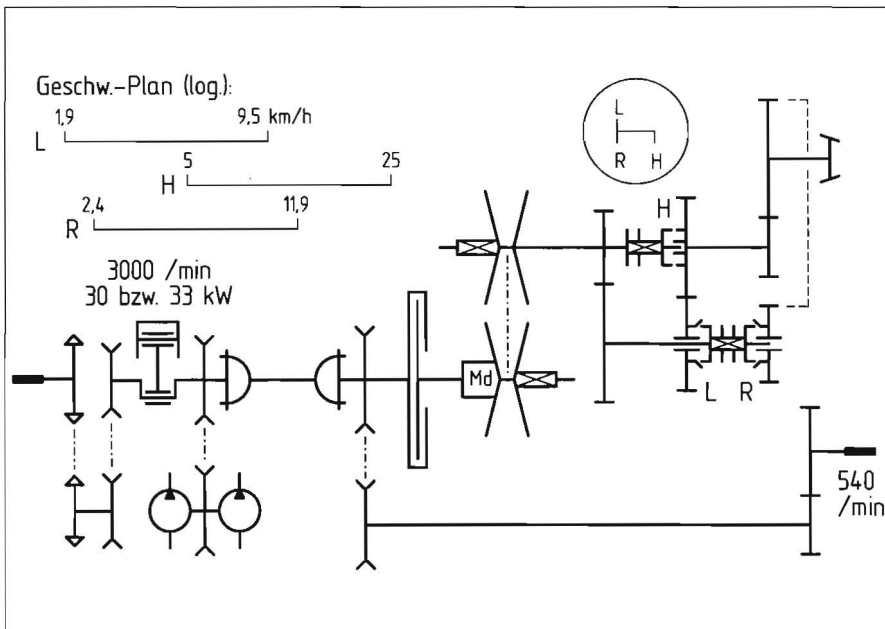


Bild 11: Antriebsstrang des Forschungstraktors mit stufenlosem P.I.V. – Zugkettenwandler (nach [16]), Md Drehmomentfühler (P.I.V.)

erreichbaren hervorragenden Wirkungsgrade [28] kannten. Das erwähnte Audi „Multitronic“ mit einer Kette ähnlich der des Forschungstraktors gilt z. B. als weltweit erstes Automatikgetriebe, das gegenüber einem Handschaltgetriebe im praktischen Fahrbetrieb Kraftstoff einspart (statt, wie viele andere, mehr zu verbrauchen).

Aus der inzwischen langjährigen Beschäftigung mit stufenlosen Getrieben unterstützte ich die Entwicklung der ML-Technik seit Anfang 1991 nicht nur bezüglich des Konzepts, sondern bearbeitete auch Umsetzungsfragen wie etwa Steuer- und Regelstrategien oder Wirkungsgradziele. Besonders bekannt wurde die sogenannte „Dachkurve“ [31] als zunächst internes Wirkungsgrad-Lastenheft, **Bild 12**. Sie war sehr streng, bedeutete sie doch für den leistungsverzweigten Kernbereich (ohne feste Stufen, Achsen, Bremsen usw.) grob gesehen eine Halbierung der damals gängigen Verluste [32, 33]. Stufenlose leistungsverzweigte Getriebe von Claas und Fendt konnten die Dachkurve jedoch als erste nachweisbar erfüllen [32, 34]. Fendt nahm Bild 12 sogar bei der Markteinführung der „Vario“-Technik in Werbeprospekten auf. Spätere ungünstigere Werte aus vergleichenden DLG-Versuchen lösten Diskussionen aus. Aufklärung brachte die Erkenntnis, dass in den DLG-Wirkungsgraden die Rollwiderstandsverluste der Traktorreifen enthalten sind.

Auf dem Gebiet der stufenlosen Fahrtriebe bestand neben Fendt auch eine Zusammenarbeit mit Claas, Steyr und ZF.

Sie bezog sich u. a. auf aktuelle Getriebelastkollektive. Messungen von Vahlensieck am Forschungstraktor hatten dazu ergeben, dass die Eingangskollektive bei stufenlosen Getrieben mit Leistungsregelung deutlich fülliger ausfallen als bekannte Lastkollektive für herkömmliche unregelmäßige Stufengetriebe [35, 36].

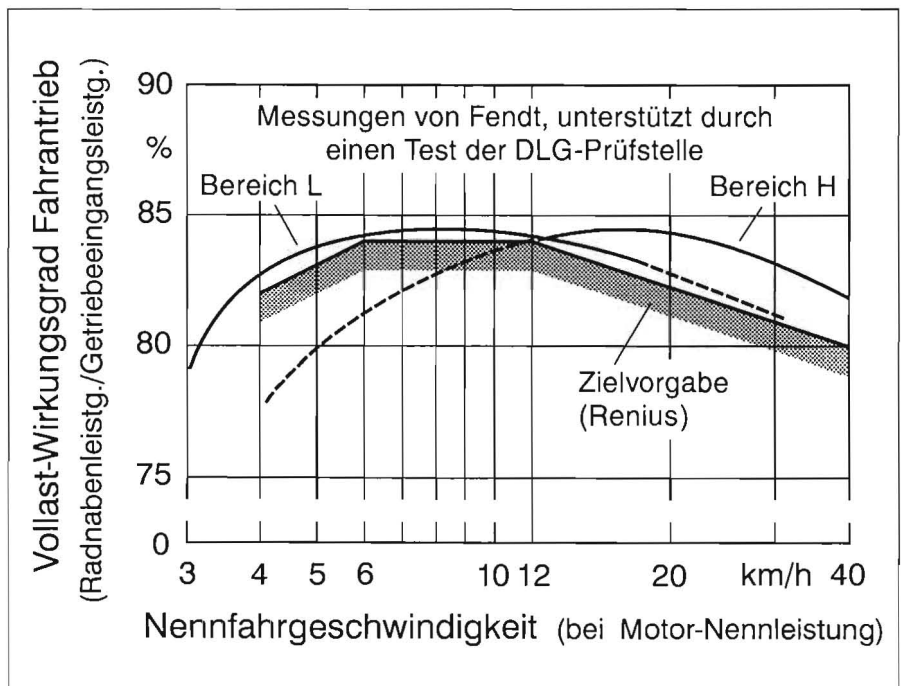


Bild 12: Zielfunktion für die Vollastwirkungsgrade hocheffizienter stufenloser Fahrtriebe leistungsstarker Traktoren [21] mit eingetragenen Istwerten des Standardtraktors Fendt Vario 926 nach Fendt Angaben

### Keine Kamme im Sichtfeld

Der Forschungstraktor hatte zur Erfüllung dieser Forderung eine am Schutzrahmenholm verlegte Abgasleitung – eine aufwendige (und daher damals nicht übliche) – aber inzwischen weit verbreitete Lösung (heute meist am vorderen Kabinenholm).

### Kraftheber in aufgelöster Bauweise

Ein gewisser Trend vom Blockkraftheber mit eingegossenem Arbeitszylinder zur aufgelösten Bauweise war schon bei unseren ersten Überlegungen 1983 absehbar. Dieses Prinzip ermöglicht eine freizügigere Anordnung und Auslegung der Zylinder und wurde daher beim Forschungstraktor bewusst beispielhaft realisiert. Bild 3 zeigt die gelungene konstruktive Einbettung in die Rahmenholme.

### Leichtbau

Wie bereits erwähnt, wurden einige Elemente der Konstruktion von Kiste mit Finiten Elementen (FEM) berechnet. Beim Antriebsstrang arbeiteten wir auch mit Methoden der Betriebsfestigkeit. Diese Werkzeuge waren um 1985 zwar bekannt, wurden aber in mittelständischen Firmen kaum angewendet. Sie halfen, ein geringes Leergewicht und eine trotzdem



hohe Zuverlässigkeit zu erreichen. Die Arbeiten befruchteten Kooperationen mit mehreren Firmen zu ähnlichen Fragestellungen.

## Ergonomie

Die nicht spektakuläre, aber geschickte Auslegung des Fahrerplatzes und die Einhaltung internationaler Normen hatte einen unerwarteten positiven Nebeneffekt: Die Ergonomie des Forschungstraktors wurde zum Vorbild für ein indisches Projekt der Firma Bajaj Tempo (Puna). Diese hatte Ende 1992 einen Neueinstieg in das indische Traktorengeschäft beschlossen. Bei der Konzeption und Entwicklung des ersten Traktors OX 45 (33 kW) wirkten Dr. Bacher (siehe [4, 5]) und ich intensiv beratend mit. Inzwischen entstand daraus bei fortgesetzter Beratung durch Bacher eine ganze Baureihe. Das Projekt erfuhr als Beispiel eines gelungenen Technologietransfers erhebliche weltweite Beachtung [37].

## Schlußwort

Der Münchner Forschungstraktor war während meiner aktiven Dienstzeit an der TU München (1.10.1982 bis 31.9.2003) ein Projekt, an dem viele mitgewirkt und gute Ideen eingebracht haben, wie es auch meine beiden Schüler Dr.-Ing Thomas Kirste und Dr.-Ing. Bernd Vahlensieck in [38] treffend darstellten. Sie schließen dort mit den Worten „Bei solchen Gelegenheiten (Anm.: Probefahrten) wurde deutlich, wie wichtig ein konkreter Technologieträger ist und wie viele Anregungen von ihm ausgehen“.

Wenn ich 1952 mit diesem Traktor gearbeitet hätte, wäre der eingangs erwähnte Gehörschaden trotz fehlender Kabine mit Sicherheit nicht eingetreten, weil der maximale Geräuschpegel des Forschungstraktors am Fahrerohr mit 86 dB(A) nicht schädigend gewirkt hätte – im übrigen rund 20 dB(A) unter dem damaligen Wert des HANOMAG R28 liegt.

Die gemeinsam erbrachten ingenieurwissenschaftlichen Leistungen wurden durch viele öffentliche Anerkennungen und einige bedeutende persönliche Auszeichnungen gewürdigt. Sie werden nun durch die Präsenz des Münchner Forschungstraktors im Deutschen Landwirtschaftsmuseum erneut unterstrichen.

## Literaturverzeichnis

Bücher sind mit • gekennzeichnet

- [1] Batel, W.: Technische Möglichkeiten zur Erleichterung der Arbeit der Fahrer von Schleppern, Mähdeschern und anderen selbstfahrenden Arbeitsmaschinen. *Grundl. Landtechnik* 24 (1974) H. 1, S. 21-30.
- [2] Wischhof, H. J.: Die zukünftige Entwicklung des Geräusch-Schutzes an Ackerschleppern aus der Sicht nationaler und internationaler Anforderungen. Vortrag VDI Tagung „Landtechnik“ 14.-16.11.1973 Braunschweig. Tagungsband (Kurzfassungen) S. 60-61.
- [3] Renius, K.Th.: Zur Entwicklung des Traktors nach 1945. *Landtechnik* 41 (1986) H. 10, S. 420-426.
- [4] Bacher, R. und W. Söhne: Schallschutzkapseln an Ackerschleppern. *Landtechnik* 33 (1978) H. 11, S. 482-487.
- [5] • Bacher, R.: Möglichkeiten zur Lärmreduzierung an Ackerschleppern. Diss. TU München 1981. Forschungsbericht Agrartechnik MEG. München: Institut für Landmaschinen der TU München.
- [6] • Blumenthal, R.: *Technisches Handbuch Traktoren*. 8., durchgesehene Auflage. Berlin: VEB Verlag Technik 1985.
- [7] Röhrs, W.: Der Einsatz der Rahmenbauweise bei zukünftigen Ackerschlepperkonzeptionen. Vortrag VDI-Kolloquium „Schlepper und Gerät“ 9.-10.4.1984 Institut für Landtechnik und Baumaschinen der TU Berlin. Tagungsband S. 33-35. Düsseldorf: VDI-Fachgruppe Landtechnik 1984.
- [8] Kirste, Th. und K.Th. Renius: Forschungsprojekt „leiser Kleinschlepper“. Vortrag wie [7], Tagungsband S. 29-32.
- [9] Kirste, Th.: Konzeptansätze für einen leisen Kleinschlepper. Vortrag Intern. Tagung „Landtechnik“ der VDI-Fachgruppe Landtechnik gemeinsam mit der MEG, Ulm 25.-26.10.1984. Tagungsband (Kurzfassungen) S. 87-90.
- [10] Renius, K.Th.: Stufenlose Drehzahl-Drehmoment-Wandler in Ackerschleppergetrieben. *Grundlagen der Landtechnik* 19 (1969) H. 4, S. 109-118 (darin 102 weitere Lit.)

- [11] Kirste, Th., W. Grünbeck und M. Feller: Kennfeldmonitor für Dieselmotoren. *Landtechnik* 40 (1985) H. 10, S. 426-430.
- [12] Renius, K.Th.: Die Zukunft des Traktors und seiner Technik in Europa. *Landtechnik* 42 (1987) H. 10, S. 396-398. Siehe auch *VDI-nachrichten* 41 (1987) Nr. 41, S. 70, 71 und 93 sowie *DLG-Mitt.* 102 (1987) H. 16, S. 842.
- [13] Renius, K.Th.: Einführung in das Forschungsprojekt „Leiser Kleinschlepper“. Vortrag im Seminar Landmaschinen und Traktoren des Instituts für Landmaschinen der TU München, Sonderveranstaltung „Präsentation eines Forschungsstraktors“ 25.2.1988.
- [14] Kirste, Th.: Die Technik des Forschungsfahrzeugs „Leiser Kleinschlepper“. Wie [13].
- [15] Renius, K.Th., W. Söhne und H. Reiter: Traktoren 1987/88. *ATZ* 90 (1988) H. 5, S. 221-227 und 230-232.
- [16] • Kirste, Th.: Entwicklung eines 30 kW-Forschungsstraktors als Studie für lärmarme Gesamtkonzepte. Diss. TU München 1989. *Fortschritt-Berichte VDI Reihe 14, Nr. 43.* Düsseldorf: VDI-Verlag 1989.
- [17] Reiser, R.: Die TU und ihr Traktor der Zukunft. *Südd. Zeitung* Nr. 54-9 (5./6.3.1988), S. 21.
- [18] Leiser Kleinschlepper. Bayerisches Fernsehen, *Abendschau* 27.6.1988. Filmreportage mit Interviews aus dem Institut für Landmaschinen der TU München.
- [19] Kirste, Th.: Präsentation des Forschungsstraktors im Prunkhof des Rathauses der Stadt Nünchen. *Münchener Umwelttag* 9.6.1988.
- [20] -: Leicht und leise, aber kraftvoll. *Bayer. Landw. Wochenblatt* 178 (1988) H. 10, S. 48.
- [21] Renius, K.Th.: Trends in Tractor Design with Particular Reference to Europe. *J. agric. Engng. Res.* 57 (1994) H. 1, S.3-22 (überarbeiteter Plenarvortrag AgEng 92 Uppsala).
- [22] Renius, K.Th. und G. Sauer: Traktoren 1991/92. *ATZ* 94 (1992) H. 10, S. 538-540,542, 544-548.
- [23] Renius, K.Th.: Gesamtentwicklung Traktoren. In: *Jahrbuch Agrartechnik* 10 (1998) S. 51-56 und 238-239. Münster: Landwirtschaftsverlag.
- [24] Renius, K.Th.: Gesamtentwicklung Traktoren. In: *Jahrbuch Agrartechnik* 12 (2000) S. 35-41 und 237-239. Münster: Landwirtschaftsverlag.
- [25] Massak, F. und K.Th. Renius: Mouny 65 – der neue Bergtraktor von Reform. In: *VDI-Berichte* 1636, S. 41-46. Düsseldorf: VDI-Verlag 2001.
- [26] Wippl, J. und W. Holtmann: Fahrbericht Reform Mouny 65: Alleskönner mit Aussicht auf Karriere. *profi* 13 (2001) H. 2, S. 32-33.
- [27] Vahlensieck, B.: Steigende Motorauslastung durch geregelte stufenlose Getriebe. *Landtechnik* 52 (1997) H. 5, S. 234-235.
- [28] • Sauer, G.: Grundlagen und Betriebsverhalten eines Zugketten-Umschlingungsgetriebes. Diss. TU München 1996. *Fortschritt-Ber. VDI Reihe 12, Nr. 293.* Düsseldorf: VDI-Verlag 1996.
- [29] Nowatschin, K. et al.: Multitronic – Das neue Automatikgetriebe von Audi. Teil I und II. *ATZ* 102 (2000) H. 7/8, S. 548-553 und H. 9, S. 746-750 u. 752.
- [30] Stoppel, A.: Das Fendt-Vario-Getriebe – ein Meilenstein der Landtechnik. *Der Goldene Pflug* Ausgabe 10 (2000), S. 28-30. Hohenheim: Förderverein Deutsches Landwirtschaftsmuseum.
- [31] Renius, K.Th.: Tractor Transmission Developments with Particular Reference to Europe. Paper presented to the Korean Farm Machinery & Tool Industry Cooperation Seoul 23.10.1993 anlässlich der intern. Tagung ICAME '93. (Dachkurve siehe auch [21]).
- [32] Renius, K.Th. und B. Vahlensieck: Wirkungsgrade stufenloser Traktorfahrtriebe. *Landtechnik* 51 (1996) H. 5, S. 248-249.
- [33] Renius, K.Th.: Hydrostatische Fahrtriebe für mobile Arbeitsmaschinen. *VDI-EKV-Tagung "Antriebssysteme für Off-Road-Einsätze"* 18./19.9.2003. In: *VDI-Berichte* 1793, S. 65-78. Düsseldorf: VDI-Verlag 2003.
- [34] Dziuba, P. und R. Honzek: Neues stufenloses leistungsverzweigtes Traktorgetriebe. *Agrartechn. Forsch.* 3 (1997) H. 1, S. 19-27.
- [35] Vahlensieck, B.: Lastkollektive für ein leistungsgeregeltes stufenloses Traktorgetriebe. In: *VDI-Berichte* 1297, S. 161-172. Düsseldorf: VDI-Verlag 1996.
- [36] • Vahlensieck, B.: Messung und Anwendung von Lastkollektiven für einen stufenlosen Kettenwandler-Traktorfahrtrieb. Diss. TU München 1998. *Fortschritt-Berichte VDI Reihe 12, Nr. 385.* Düsseldorf: VDI-Verlag 1999.
- [37] Firodia, A., R. Bacher und K.Th. Renius: Transfer of Technologies from Developed to Developing Countries: Experiences and Results in Asia and the Far East. The Case of India. *Club of Bologna 10th Meeting Bologna* 14-15.11.1999. *Proceedings* S. 177-127. UNACOMA, Rom.
- [38] Vahlensieck, B. und Th. Kirste: Zehn Jahre Münchner Forschungsstraktor. *Landtechnik* 53 (1998) Sonderheft (60. Geb. K.Th. Renius) S.180.