

**Zeitschrift:** Landtechnik Schweiz  
**Herausgeber:** Landtechnik Schweiz  
**Band:** 62 (2000)  
**Heft:** 12

**Artikel:** Leistungssteigerung am Traktormotor : Einfluss von Abgasturbolader und Ladeluftkühlung auf das Leistungs-, Verbrauchs- und Abgasverhalten an einem Traktormotor  
**Autor:** Stadler, Edwin / Schiess, Isidor  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1081213>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 04.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Leistungssteigerung am Traktormotor

### Einfluss von Abgasturbolader und Ladeluftkühlung auf das Leistungs-, Verbrauchs- und Abgasverhalten an einem Traktormotor

Edwin Stadler und Isidor Schiess, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Der Traktormotor gehört zur Kategorie der Einbau- und Industriemotoren. Diese werden in grossen Stückzahlen für universelle Zwecke für die Industrie, die Bau-, Land- und Forstwirtschaft entwickelt und gebaut. Die universelle Anwendung ermöglicht grössere Stückzahlen und, damit verbunden, sinkende Herstellungskosten. Je nach Anwendungszweck, ob als Antriebseinheit für Pumpen, Generatoren, Gabelstapler, Baumaschinen oder Traktoren, sind die technischen und umweltrelevanten Anforderungen an den Motor sehr unterschiedlich. Die Traktormotoren werden heute vorwiegend im Baukastensystem als Drei-, Vier- und Sechs-Zylindermotoren mit einem Einzelzylindervolumen

von rund einem Liter je Zylinder gebaut. Das Leistungsspektrum reicht von etwa 40 bis 120 kW. Die Leistungsanpassung an die verlangte Nennleistung erfolgte bislang vorwiegend durch die Zylinderzahl, heute vermehrt unter Einsatz eines Abgasturboladers, vereinzelt auch bereits mit zusätzlichem Ladeluftkühler. Im vorliegenden Versuch zeigen wir an einem stark verbreiteten wassergekühlten Vierzylinder-Traktordieselmotor in Saugversion die Wirkungsweise von Abgasturbolader (ATL) und Ladeluftkühlung (LLK) als Mittel zur Leistungssteigerung. Im Vordergrund der Untersuchung stand das Motorverhalten in Bezug auf Drehmoment, Leistung, Treibstoffverbrauch und Ab-

gase (Abb. 1). Alle Messungen erfolgten am Motorenprüfstand der FAT in Tänikon und ergaben zusammengefasst folgendes Bild: Eine Leistungssteigerung von 25% mit Abgasturbolader (ATL) und bis 45% mit zusätzlicher Ladeluftkühlung (LLK) erweisen sich als realisierbar. Der spezifische Treibstoffverbrauch konnte gleichzeitig mit Ausnahme des untersten Drehzahlbereiches um 4 bis 7% verbessert und die Motorabgase in praktisch allen Lastbereichen günstig beeinflusst werden. Ein Abgasturbolader mit zusätzlicher Ladedruckregelung, eventuell zusammen mit einer ladedruckabhängigen Einspritzmengenregelung, könnten die Motorwerte noch weiter verbessern.

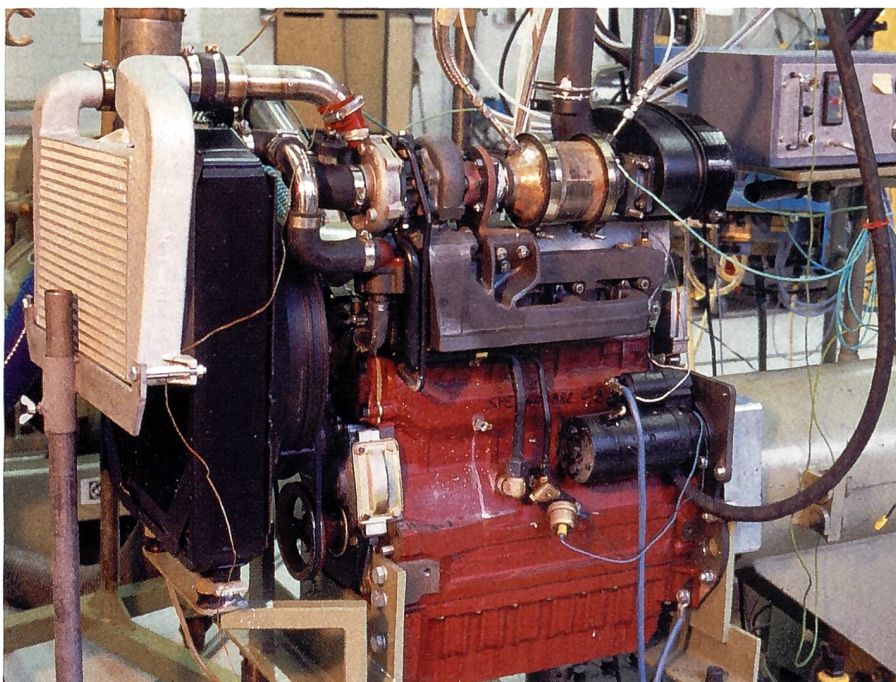


Abb. 1: Versuchsmotor Same Deutz-Fahr, Typ 1000.4 WT mit Abgasturbolader ATL und Ladeluftkühler LLK auf dem Prüfstand der FAT.

Inhalt	Seite
Problemstellung	34
Der Versuchsmotor	34
Motoreinstellungen und Messergebnisse	34
Abgas- und Rauchverhalten	37
Schlussfolgerungen	38



## Problemstellung

Die Schweizer Landwirtschaft befindet sich in einer Phase der Umstrukturierung. Die Betriebe werden grösser, die Leistung der Maschinen und Traktoren soll erhöht werden. Nicht immer ist der Kauf eines neuen, grösseren und schwereren Traktors die beste und kostengünstigste Wahl. Oft steht lediglich die Forderung nach einer höheren Leistung an der Zapfwelle und nicht die Zugkraft im Vordergrund. Somit genügt es unter Umständen, die Motorleistung des bereits vorhandenen Traktors zu erhöhen. Zum Zwecke der Leistungssteigerung werden deshalb Traktoren mit Saugmotoren verschiedentlich vom Traktorhändler mit einem Turbolader nachgerüstet. Im Handel sind fertige, auf den Traktortyp zugeschnittene Bausätze zu kaufen. Die Umbaukosten inklusive Material betragen etwa Fr. 3500.-.

Das Verhalten des Motors nach einem solchen Eingriff lässt sich aber nicht exakt voraussagen. Ein Versuch an einem stark verbreiteten Traktormotor soll die Wirkung der Nachrüstung beispielhaft aufzeigen.

## Die Wirkungsweise von Abgasturbolader (ATL) und Ladeluftkühlung (LLK)

Bekanntlich lässt sich bei einem Dieselmotor bei gleichem Hubraum und gleicher Drehzahl die Leistung erhöhen, wenn mehr Treibstoff eingespritzt wird. Dies allerdings nur in Grenzen: Reicht die Luftmenge im Zylinder nicht mehr aus um die zusätzliche Treibstoffmenge zu verbrennen, beginnt der Motor zu rauchen und der spezifische Treibstoffverbrauch steigt an.

## Der Versuchsmotor

Fabrikat:	Same Deutz-Fahr
Typ:	1000.4W, (1000.4WT mit Abgasturbolader)
Art:	Vier-Zylinder-Dieselmotor mit direkter Einspritzung
Bohrung/Hub:	105/115,5 mm
Hubraum:	4000 cm <sup>3</sup>
Kühlsystem:	Wasser
Nenn Drehzahl:	2500 min <sup>-1</sup>
Einspritzpumpe:	BOSCH, Einzelsteckpumpen Typ PFR
Drehzahlregler:	Elektronisch

Nennleistung bei 2500 min<sup>-1</sup> (laut Angaben des Motorherstellers):

Saugversion: 55 kW (75 PS)

Turboversion (ATL): 69 kW (94 PS)

Turboversion mit Ladeluftkühler (ATL + LLK): 79 kW (107 PS)

Abgasturbolader: Garrett, Typ TA 3110, ohne Ladedruckregelung

Ladeluftkühler: SDF, Grösse B x H x T 450 x 300 x 65 mm

Der Abgasturbolader hilft hier weiter. Abbildung 2 zeigt schematisch die Wirkungsweise der **Abgasturboaufladung**. Eine Turbine nutzt einen Teil der im Abgasstrom enthaltenen Energie, indem ein auf gleicher Welle angebrachter Verdichter die Ansaugluft des Motors komprimiert. Als Folge der grösseren Luft- bzw. Sauerstoffmenge im Zylinder kann eine grössere Treibstoffmenge eingespritzt und in Nutzleistung umgesetzt werden. Die Leistungsausbeute je Liter Hubvolumen verbessert sich. Die Abgasturboaufladung hat aber den Nachteil, dass sich die Luft durch die rasche Verdichtung aufgeheizt, das heisst, die Dichte der Luft nimmt ab und die thermische Belastung für den Motor steigt an. Wird nun aber die verdichtete Luft in einem **Ladeluftkühler**

wieder abgekühlt, erhöht sich die Luftdichte und die thermische Belastung geht zurück.

Zwei Systeme der Ladeluftkühlung sind bei Traktoren zu finden: Die Luft/Luft-Ladeluftkühlung und die Luft/Wasser-Ladeluftkühlung. Heute gelangt im Traktorenbau mehrheitlich die Luft/Luft-Ladeluftkühlung zur Anwendung. Dabei wird der Ladeluftkühler vor dem Kühlwasser-Wärmetauscher angeordnet. Für die Kühlung sorgt der hinter dem Wasserwärmetauscher sitzende, vom Motor angetriebene ungeregelte oder temperaturgeregelte (Visco) Lüfter (Abb. 2). Bei der Luft/Wasser-Ladeluftkühlung sorgt ein dem Kühlwasserkreislauf des Motors angeschlossener Wärmetauscher für die Abkühlung der heissen Ladeluft. Mit der Abgasturboaufladung und der Ladeluftkühlung kann das Leistungs-, Verbrauchs- und Abgasverhalten des Motors verbessert werden.

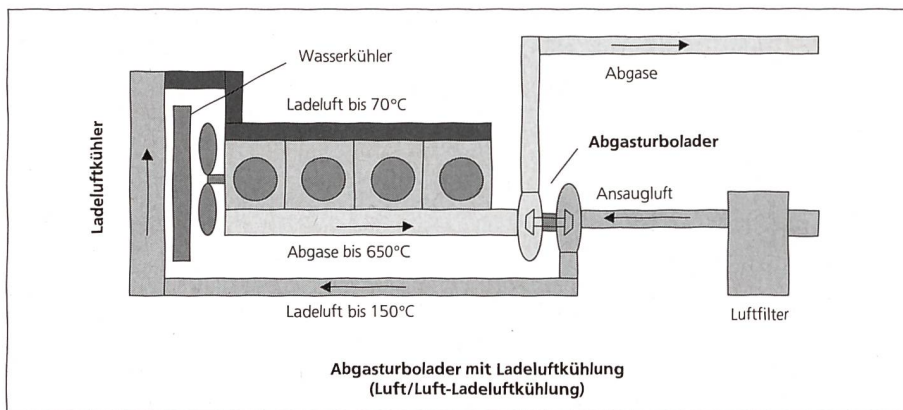


Abb. 2: Der Abgasturbolader nutzt einen Teil der Abgasenergie – die bei Saugmotoren ungenutzt bleibt – zur Verdichtung der Ansaugluft auf einen Druck von 0,8 bis 1,5 bar. Die Luftmenge im Zylinder erhöht sich, so dass eine grössere Treibstoffmenge verbrannt und folglich die Motorleistung gesteigert werden kann.

## Motoreinstellungen und Messergebnisse

### Einspritzmenge

Im Gleichschritt mit den Motormodifikationen Sauger, ATL, ATL + LLK, wurde die Fördermenge der Einspritzpumpe den



Tab. 1: Wichtigste Motorkennwerte im Überblick

Motorvariante		Basis Saugmotor	Turbomotor	Turbomotor mit Ladeluftkühlung
Kurzbezeichnung im Bericht		Sauger	ATL	ATL + LLK
Einstellung der Einspritzpumpe				
Einspritzmenge bei Nenndrehzahl/Volllast	mm <sup>3</sup>	52,0	62,2	72,7
Veränderung bei Nenndrehzahl	%		19,6	39,8
Motorleistung				
Nennleistung bei 2500 min <sup>-1</sup>	kW	55,2	69,1	79,9
Veränderung	PS	75,1	93,9	108,5
	%		25,2	44,7
Drehmomentverlauf				
Drehmoment bei 2500 min <sup>-1</sup>	Nm	211	264	305
Drehmoment max.	Nm	269	328	397
Bei Motordrehzahl	min <sup>-1</sup>	1200	1400	1500
Drehmomentanstieg	%	27,5	24,2	30,2
Anfahrtdrehmoment bei 1000 min <sup>-1</sup>	%	124	121	119
Treibstoffverbrauch				
Spez. Verbrauch bei Nenndrehzahl	g/kWh	236	225,6	228,4
Spez. Testverbrauch (ISO-8178 C1)	g/kWh	247,7	237,2	230,2
Verbesserung	%		-4,2	-7,1
Druck- und Öltemperatur				
Abgasturbolader, Ladedruck max.	bar		0,83	0,94
Motor, spez. Mitteldruck	bar	6,6	8,3	9,6
Öltemperatur max.	°C	104	106	108
Abgas- und Rauchverhalten				
Gasförmige Motorabgase				
Kohlenwasserstoffe (HC)	g/kWh	1,35	1,0	0,97
Stickoxide (NOx)	g/kWh	10,16	11,56	9,59
Kohlenmonoxid (CO)	g/kWh	4,54	1,63	1,94
Schwarzrauch BOSCH				
95% (2375 min <sup>-1</sup> )	SZ	1,5	0,55	1,2
70% (1750 min <sup>-1</sup> )	SZ	1,65	0,8	1,7
50% (1250 min <sup>-1</sup> )	SZ	2,6	3,4	5,3

Gegenüber der Saugversion erhöht sich das Drehmoment entsprechend der grösseren Einspritzmenge in den Ausführungen ATL, ATL + LLK über den ganzen Drehzahlbereich. Das Drehmoment-Maximum verschiebt sich ausgehend beim Sauger von 1200 min<sup>-1</sup> auf 1400 min<sup>-1</sup> mit ATL und auf 1500 min<sup>-1</sup> beim ATL mit LLK. Das ist die Folge des zu geringen Ladedruckes des unregulierten ATL im untersten Drehzahlbereich und der damit zusammenhängenden, nicht optimalen Luftfüllung der Zylinder mit Verbrennungsluft. Diese Drehzahlerhöhung von 1200 auf 1500 min<sup>-1</sup> bewirkt keine Nachteile für den praktischen Traktoreinsatz, um so mehr als das Anfahrtdrehmoment (nachfolgend) nicht darunter leidet. Ein Drehmomentanstieg von 20 bis 30% beurteilen wir als gut, über 30% als sehr gut. Das Anfahrtdrehmoment gemessen bei 1000 min<sup>-1</sup> und bezogen auf das Drehmoment bei Nenndrehzahl beurteilen wir mit 120% als sehr gut. Ein hohes Anfahrtdrehmoment erleichtert das Anfahren mit dem Traktor mit schweren Lasten wesentlich.

#### Leistung (P) (Abb. 4)

Die Motorleistung berechnet sich aus dem Drehmoment (M) in Nm und der Drehzahl (n) in min<sup>-1</sup>, nach der Formel:

$$\frac{M}{1000} \times \frac{2 \pi \times n}{60} = \frac{M \times n}{9550}$$

Wir vergleichen die Leistung bei Nenndrehzahl 2500 min<sup>-1</sup> in kW und die Leistungssteigerung gegenüber der Saugversion in Prozent (Tab. 1). Als Folge der grösseren für die Verbrennung verfügbaren Luftmenge im Zylinder kann die Einstellung der Einspritzpumpe angepasst werden.

#### Spezifischer Treibstoffverbrauch (be) (Abb. 4)

Der spezifische Treibstoffverbrauch ist im Drehzahlbereich oberhalb 1300 min<sup>-1</sup> mit ATL und ATL + LLK rund 5% günstiger als der «Sauger». Unterhalb 1300 min<sup>-1</sup> kehrt sich die Situation ins Gegenteil. Der verminderte Ladedruck des unregulierten Turboladers reicht nicht für eine optimale Luftfüllung der Zylinder.

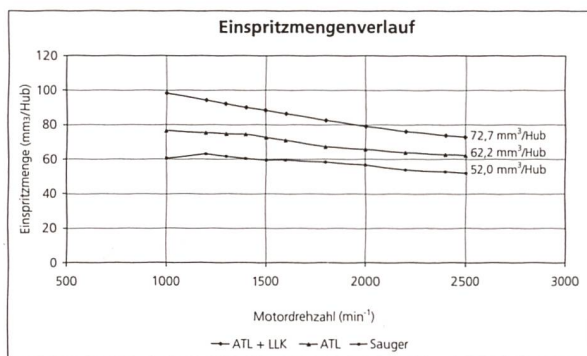


Abb. 3: Entsprechend der grösseren für die Verbrennung verfügbaren Luftmenge im Zylinder kann die Einstellung der Einspritzpumpe angepasst werden.

neuen Erfordernissen angepasst (Abb. 3): Als Sauger mit einer Vollasteinspritzmenge bei Nenndrehzahl von 52,0 mm<sup>3</sup>/Hub, als Turbomotor (ATL) mit 62,2 mm<sup>3</sup>/Hub und als Turbomotor mit Ladeluftkühlung (ATL + LLK) mit einer Vollasteinspritzmenge von 72,7 mm<sup>3</sup>/Hub. Die drehzahlabhängige Überhöhung der Einspritzmenge zu den tiefen Drehzahlen bewirkt den erwünschten hohen Drehmomentanstieg und ein hohes Anfahrtdrehmoment bei 1000 min<sup>-1</sup>.

#### Die Vollastkennlinien

Abbildung 4 zeigt die Vollastkennlinien von Drehmoment, Leistung und spezifischem Treibstoffverbrauch in den drei Motorvarianten: Sauger, ATL, ATL + LLK.

#### Drehmoment (M) (Abb. 4)

Drehmoment und Drehmomentanstieg sind wichtige Parameter für die Beurteilung von Durchzugkraft und Anfahrleistungen eines Motors (Tab. 1).



Die Verbrennung der hohen Einspritzmengen verschlechtert sich, der Treibstoffverbrauch steigt besonders für den ATL mit LLK an. Ein ATL mit Ladedruckregelung oder eine ladedruckabhängige Mengenregelung an der Einspritzpumpe könnten Abhilfe bringen. Einen spezifischen Treibstoffverbrauch bei Nennleistung bis zu 230 g/kWh beurteilen wir als günstig.

## Das Motorkennfeld (Muscheldiagramm)

Im Gegensatz zur Vollastkurve stellt das Motorkennfeld den spezifischen Treibstoffverbrauch über den ganzen Motorbetriebsbereich von Nulllast bis Vollast und von Tiedrehzahl bis zur oberen Abregeldrehzahl dar. Auf dem Prüfstand werden am Motor etwa in 100 Einzelmesspunkten, verteilt im ganzen Drehzahl- und Lastbereich von unbelastet bis Vollast, der Treibstoffverbrauch gemessen. Die Punkte gleichen Verbrauches werden dann mit Linien verbunden und es entstehen die sogenannten Muschelkurven oder Kurven gleichen Verbrauches.

Abbildung 6 zeigt das Motorkennfeld des Motors in der Saugversion. Die Achse Motordrehzahl (Abszisse) stellt den nutzbaren Drehzahlbereich in Prozent der Nenndrehzahl dar, die Achse Belastung (linke Ordinate) das nutzbare Drehmoment in Prozent des Drehmomentes bei Nenndrehzahl und die Achse Leistung (rechte Ordinate) die Leistung in Prozent der Leistung bei Nenndrehzahl. Innerhalb dieser Fläche sind die Linien konstanten Treibstoffverbrauches eingetragen.

Wir erkennen: Die Zone mit dem besten spezifischen Treibstoffverbrauch < 225 g/kWh (schraffiert) liegt im oberen eher linken Teil der Fläche, im Bereich der Belastung von 90 bis 110% und einer auf 50 bis 60% reduzierten Motordrehzahl. Der Tiefstpunkt wurde mit 223,2 g/kWh gemessen; im Gegensatz dazu die Motorkennfelder des Motors mit ATL und ATL + LLK (Abb. 7 und 8). Die Fläche (schraffiert) mit einem spezifischen Verbrauch von < 225 g/kWh ist um ein mehrfaches grösser und reicht im Drehzahlbereich von 40 bis 95% der Nenndrehzahl und im Lastbereich von 55% bis zur Vollast. Der verbrauchsgünstigste Wert wurde mit ATL mit 207,6 g/kWh und mit ATL + LLK mit 208,5 g/kWh gemessen. Die tieferen Werte gleichen einer Wirkungsgradverbesserung des Motors über den gesamten Betriebsbereich.

## Mitteldruck und Motoröltemperatur als Hinweis für die thermische Motorbelastung

Der effektive Mitteldruck gibt Auskunft über die spezifische Leistung eines Dieselmotors unabhängig von seinem Hubraum. Mitteldruck ist der theoretische durchschnittliche Druck, der auf jeden Quadratzentimeter Kolbenfläche während der vier Takte (Ansaugen, Verdichten, Verbrennen, Ausstossen) wirkt. Dieser Wert ist allerdings nur ein Bruchteil des maximal auftretenden Druckes im Brennraum. Der spezifische Mitteldruck in (bar) berechnet sich nach folgender Formel:

$$\frac{\text{Nennleistung (kWh)}}{\text{Hubraum (l)} \times \text{Nenndrehzahl (min}^{-1})} \times 1200$$

Anhand des Mitteldruckes lässt sich die Ausnutzung eines Traktormotors beurteilen (Tab. 1). Bei Saugmotoren liegt der Mitteldruck in der Regel zwischen 6,0 und 7,5 bar, bei Motoren mit ATL zwischen 7,5 und 10 bar und bei Motoren mit ATL + LLK bis zu maximal 13 bar.

Die maximale Öltemperatur oder deren Anstieg nach der Modifikation mit ATL und ATL + LLK gibt neben dem gerechneten spezifischen Mitteldruck einen weiteren wichtigen Hinweis über die thermischen Reserven eines Motors (Tab. 1). Motoröltemperaturen bis zu 115°C gelten erfahrungsgemäss als unproblematisch.

## Die Wirkung des Ladeluftkühlers

Der Ladeluftkühler LLK hat den Zweck, die durch den Abgasturbolader verdichtete heisse Ansaugluft abzukühlen, um einerseits die Luftdichte zu erhöhen und andererseits die thermische Belastung des Motors zu verringern. Abbildung 5 zeigt die Temperatur der Ladeluft vor und nach dem Ladeluftkühler (LLK) bei Vollastbetrieb des Motors.

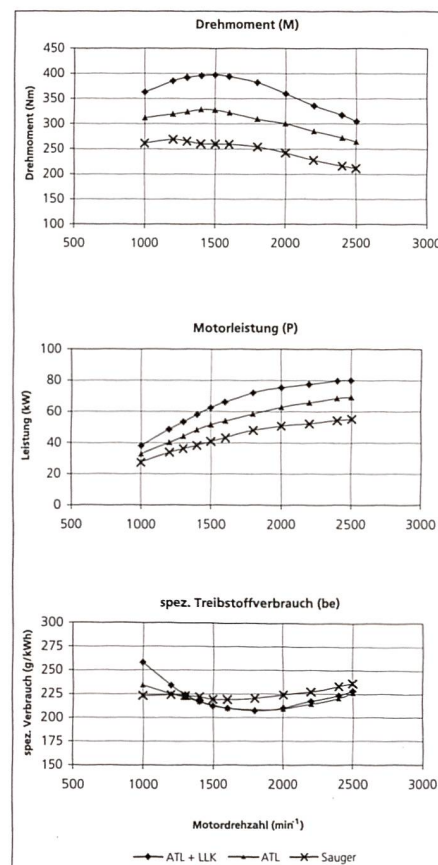


Abb. 4: Die Vollastkennlinien von Drehmoment, Leistung und spezifischem Treibstoffverbrauch aufgenommen in den Motorversionen «Sauger» mit Abgasturbolader ATL und mit zusätzlicher Ladeluftkühlung LLK.

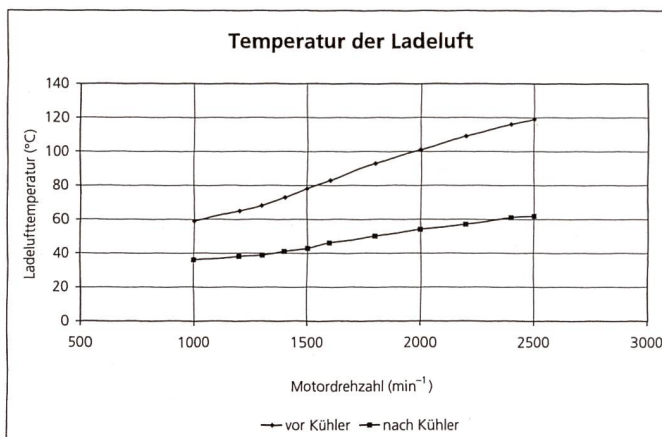


Abb. 5: Wirksamkeit der Luft/Luft-Ladeluftkühlung LLK im Vollastbetrieb.



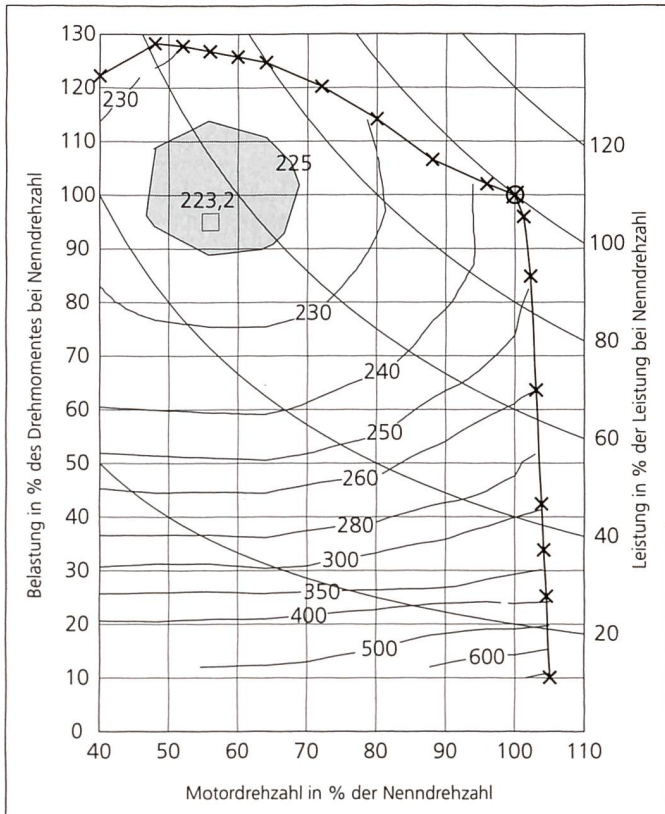


Abb. 6: Kennfeld des Motors in Saugversion mit einem Bestpunkt von 223,2 g/kWh.

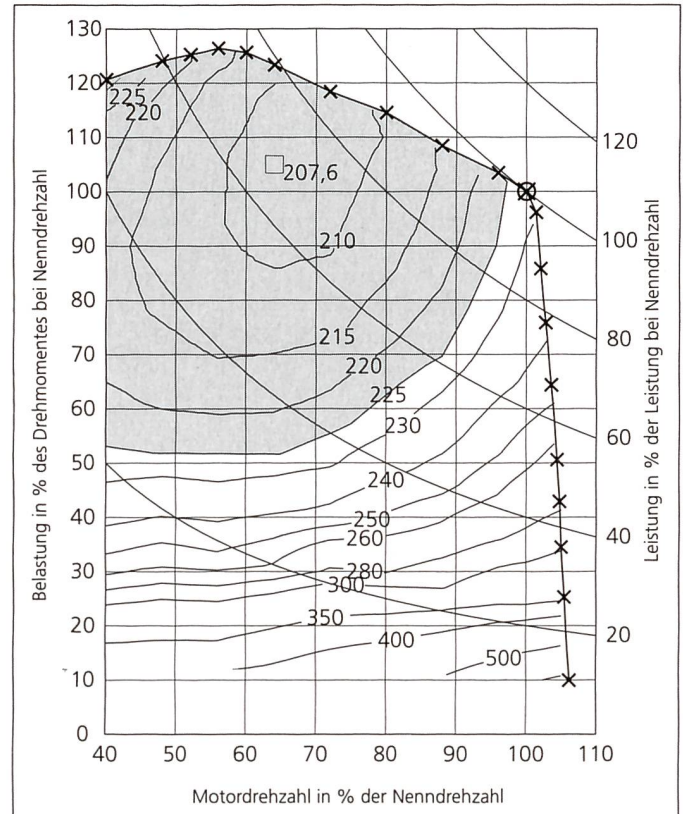


Abb. 7: Kennfeld des Motors mit Abgasturbolader ATL mit einem Bestpunkt von 207,6 g/kWh.

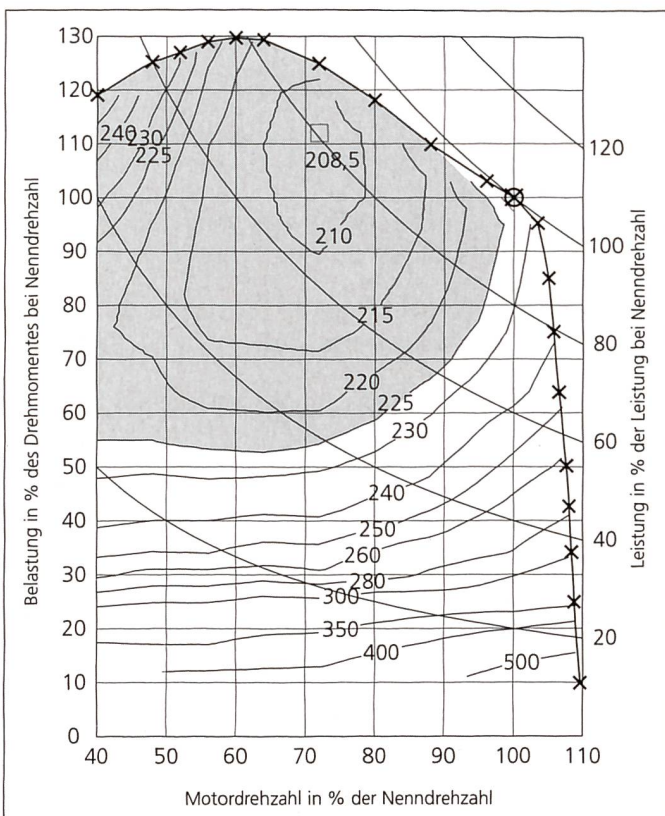


Abb. 8: Kennfeld des Motors mit Abgasturbolader ATL und Ladeluftkühler LLK mit einem Verbrauchs-Bestpunkt von 208,5 g/kWh.

## Abgas- und Rauchverhalten

### Die gasförmigen Motorabgase

Wir beurteilen das Abgasverhalten anhand der gasförmigen Motorabgase Kohlenwasserstoffe (HC), Kohlenmonoxid (CO) und Stickoxide (NO<sub>x</sub>) gemessen nach der Norm ISO-8178 C1. Es handelt sich dabei um einen Testlauf auf dem Prüfstand mit acht unterschiedlichen Laststufen von je zehn Minuten. Die Messwerte der einzelnen Laststufen gehen mit unterschiedlicher Gewichtung in die Gesamtrechnung ein. Das Resultat sind die spezifischen Abgasemissionen in Gramm je Kilowattstunde (g/kWh). Die Motorabgase sind neu im Reglement ECE R-96/68 für Dieselmotoren für die Land- und Forstwirtschaft, Gültigkeit voraussichtlich ab 2001, begrenzt. Die kommenden Grenzwerte gelten ab Einführungsdatum für Neumotoren. Bereits gebaute oder im Einsatz stehende Motoren sind davon nicht berührt.

Die gemessenen Kohlenwasserstoffe (HC) überschreiten die geforderte Grenze in



der Version Sauger knapp. ATL und ATL + LLK liegen klar darunter (Abb. 9). Die Stickoxide (NO<sub>x</sub>) liegen alle über dem zulässigen Grenzwert. Bemerkenswert ist allerdings, dass die Version ATL + LLK mit der höchsten Leistung den tiefsten Wert aufweist. Die Stickoxide reagieren insbesondere auf hohe Verbrennungstemperatur. Diese liegt mit LLK auf tieferem Niveau. Die Werte für das Kohlenmonoxid (CO) liegen alle, jene von ATL und ATL + LLK weit unter dem vorgegebenen ECE Grenzwert.

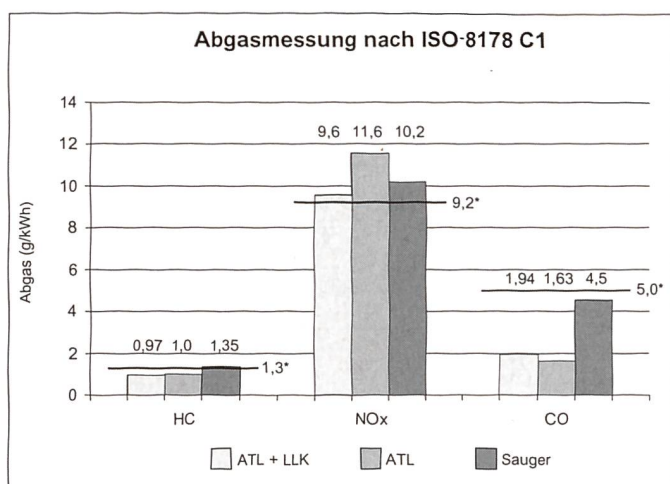


Abb. 9: Die Motorabgase werden in einem Acht-Stufen-Fahrzyklus entsprechend der Norm ISO-8178 C1 gemessen. Als Ergebnis werden die sogenannten limitierten Abgase Kohlenwasserstoffe (HC), Stickoxide (NO<sub>x</sub>) und das Kohlenmonoxid (CO) als Emissionsfaktoren in g/kWh ausgewiesen.

## Spezifischer Testverbrauch im Fahrzyklus ISO-8178 C1

Die Norm ISO-8178 C1 beschreibt einen Fahrzyklus in acht verschiedenen Laststufen, die über das Motorkennfeld verteilt sind. Darin sind Vollast und Teillast sowohl bei hoher als auch reduzierter Drehzahl und die untere Leerlaufdrehzahl eingeschlossen. Aus den acht Messpunkten lässt sich ein für den praktischen Traktoreinsatz aussagekräftigen Testverbrauch errechnen (Tab. 1).

Die Verbrauchsreduktion von 4,2% mit ATL, bzw. 7,1% mit ATL + LLK ist bemerkenswert und eine Folge der besseren energetischen Ausnutzung des Treibstoffes.

## Schwarzrauch (Partikel)

Unter Umgehung der aufwendigen Partikel-Masse-Bestimmung messen wir den Schwarzrauch mittels BOSCH-Filtermethode. Viel Schwarzrauch geht grundsätzlich mit hohem Partikelaustritt (unlösliche Partikel) einher. Das Rauchverhalten vergleichen wir anhand der Schwärzungszahl (BOSCH SZ) bei folgenden drei Vollastdrehzahlen: 95%, 70% und 50% der Nenndrehzahl (Tab. 1).

In den Drehzahlstufen 95% und 70% erzielt die Motorvariante ATL die besten Ergebnisse. Die Variante ATL + LLK ist bei 95% und 70% Drehzahl besser bzw. gleich wie die Version Sauger. Bei der 50%-Drehzahlstufe dagegen sind ATL aber insbesondere ATL + LLK schlechter. Der Grund liegt an der ungenügenden Verbrennung, da die Einspritzmenge zu gross ist bzw. es herrscht im Zylinder Luftmangel wegen des zu kleinen Ladedruckes des Abgasturboladers. Wir bewerten die Schwärzungszahlen unter 2,0 als gering, 2,0 bis 4,0 als mittelmässig und über 4,0 als hoch.

## Schlussfolgerungen

Das Nachrüsten des serienmässigen Saugmotors mit Abgasturbolader ATL und Ladeluftkühlung LLK wirkte sich insgesamt positiv aus. Drehmoment und Nennleistung des Motors wurden bei entsprechender Erhöhung der Treibstoffeinspritzmenge um 25% mit ATL und um 45% mit zusätzlichem LLK gesteigert. Der spezifische Treibstoffverbrauch verbesserte sich mit Ausnahme der Vollastpunkte im untersten Drehzahlbereich unterhalb 1300 min<sup>-1</sup> durchwegs positiv. Das Motorkennfeld weist einen Verbrauchs-Bestpunkt für den Motor in der Saugversion von 223,2 g/kWh, für den Turbo ATL 207,6 g/kWh und für den Turbo mit Ladeluftkühlung ATL + LLK einen solchen von 208,5 g/kWh auf.

Im Test nach ISO-8178 C1, der acht Laststufen aus dem Kennfeld berücksichtigt und somit einen für den Praxiseinsatz interessanten Vergleich abgibt, errechnet sich für den Sauger ein Testverbrauch von 247,7 g/kWh, für den Motor mit ATL 237,2 g/kWh und für die Version ATL + LLK ein solcher von 230,2 g/kWh.

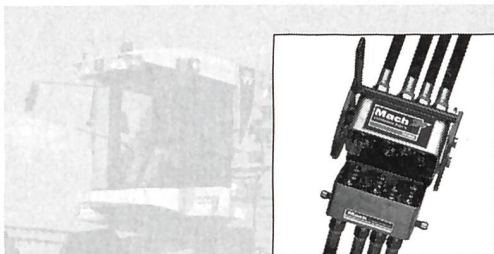
Die gasförmigen Motorabgase Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxid (CO) konnten mit ATL + LLK massiv unter die Grenzwerte von ECE-R96 gesenkt werden. Die Stickoxide NO<sub>x</sub> erhöhten sich erwartungsgemäss mit dem Einsatz des ATL. Zusammen mit dem LLK konnten sie jedoch in die Nähe des ECE-R96 Grenzwertes abgesenkt werden. Der Schwarzrauch reagierte mit Ausnahme der untersten Drehzahlstufe, wo der unregelmässige ATL ungenügenden Ladedruck erreicht, sehr positiv. Ein ATL mit Ladedruckregelung oder/und eine vom Ladedruck abhängige Einspritzmengen-Regelung könnte Abhilfe bringen.

Eine weitere Optimierung des Verbrennungsablaufes und somit eine zusätzliche Wirkungsgradverbesserung könnte mit einer drehzahl- und lastabhängigen Einspritzzeitpunkt-Regelung erzielt werden. Der berechnete spezifische Mitteldruck, ein Mass für die Ausnutzung des Motors, wie auch die gemessene Öltemperatur liegen auch mit der höchst belasteten Version ATL + LLK in einem für Traktormotoren üblichen Rahmen.



**paul forrer**

## Multikupplungen



- bis zu 7 hydraulische und elektrische Verbindungen auf einmal kuppeln
- robust, langlebig und kompakt
- komfortabel unter Restdruck kuppelbar

Beratung und Verkauf via Fachhandel  
**Paul Forrer AG Zürich**  
 Technische Vertretungen und System-Lösungen  
 Aargauerstrasse 250, CH-8048 Zürich  
 Telefon 01-439 19 91, Telefax 01-439 19 99  
<http://www.paul-forrer.ch>

## Der Fortschritt im Pflanzenschutz: **AGRI-3000**



Die neueste Generation zum günstigen Preis

- Dosierautomat Ordomat
- 15 m hydr. Balken
- Totaler Düsenschutz
- Strassenbeleuchtung
- Polyäthylen Fass 800 l (auch 1'000 und 1'200l)
- Frischwassertank mit PURO-System
- Optimal ausrüstbar für jeden Betrieb

Verlangen Sie die Unterlagen bei

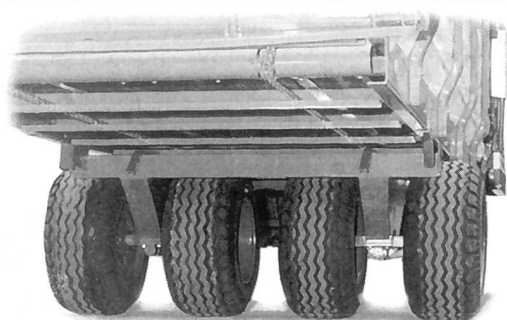


**FISCHER neue GmbH**

1809 Fenil-sur-Corsier, Telefon 021 / 921 32 43  
 Filialen: 3400 Burgdorf, Telefon 034 / 422 12 11  
 8552 Felben-Wellhausen, Telefon 052 / 765 18 21



ADRA 5813



**Kurmann-Doppelpendelachse**  
 4-fach Bereifung 19x17"  
 10 Tonnen Tragkraft  
 Hydraulische 4-Rad-Bremse

CH- und Ausland-  
 Patent



**Kurmann-Bogie-Tandemachse**  
 für Tiefgang-Ladewagen  
 und spez. Anhänger, starr oder gelenkt

bürgt für  
 Qualität

**OK Kurmann**

## ***Einzigartig*** ***in Technik, Arbeit und Qualität***

*Beste Futterqualität  
 in kürzester Zeit!*

**NEU:**



**Kurmann-Intensiv-Aufbereiter  
 K 618 TWIN**  
 mit Breitstreuvorrichtung  
 (auch als Normalaufbereiter lieferbar)

FAT-geprüft

**K 517 der Kurmann-Aufbereiter**  
 für Mähtraktoren und Schlepper  
 Mittelklasse

Fr. 5700.-



1,70 m Aufnahmebreite  
 (auch mit Breitstreuvorrichtung lieferbar)

CH-Patent

Jetzt  
 Frühbezugs-  
 rabatt!

Direkthändler

**RAU AGROTECHNIC**

Ersatzteillager Zentralschweiz

Landmaschinen  
 Konstruktionswerkstatt  
 Tel. 041/495 30 00  
 Fax 041/495 10 28

**Otto Kurmann**  
 6017 Rüediswil-Ruswil

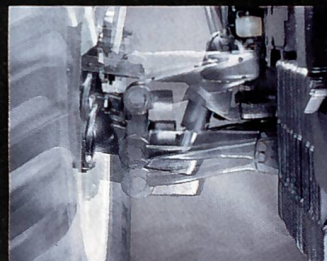


# 9100

9105  
9115  
9125  
9145

## Gefederte Power.

Der kraftvolle RME-taugliche Turbomotor mit 30% Drehmomentanstieg und neuem A-Säulen Auspuff beschleunigt rasch auf bis zu 50 km/h. Die gefederte Vorderachse absorbiert alle Unebenheiten und sie gleiten sanft und ruhig auf der Straße dahin. Aber die Serie STEYR 9100 (110-150 PS/ 81-110 kW) hat noch mehr Highlights zu bieten: In der Super-Komfort-Kabine genießen Sie eine rundum perfekte PKW-Atmosphäre. Die bis zu 40/40 Gänge des STEYR-Power-4-Wendegetriebes haben Sie mit dem STEYR-Multi-Controller auf Knopfdruck verfügbar. Testen Sie Ihren STEYR 9100 selbst, Ihr STEYR-Partner erwartet Sie!



Einzelradgefederte Vorderachse

**STEYR**

Rapid Maschinen und Fahrzeuge AG, 8953 Dietikon, Tel. 01 743 11 11, [www.rapid.ch](http://www.rapid.ch)