

**Zeitschrift:** Landtechnik Schweiz  
**Herausgeber:** Landtechnik Schweiz  
**Band:** 59 (1997)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Und er läuft und läuft und ... der Traktormotor  
**Autor:** Schulz, Herbert  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1081357>

### **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:** 03.02.2026

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

# Und er läuft und läuft und ... der Traktormotor

**W**ir schliessen den dreiteiligen Zyklus mit dem Beitrag ab: «Motoren sind entwicklungsfähig – Das Kennlinienfeld erläutert, in welcher Richtung» (Fortsetzung von LT 1/97).

Herbert Schulz,  
Berlin



## Motorelastizität

Hohe Motorelastizitäten lassen sich fast **nur mit aufgeladenen Motoren und zunehmend mit Ladeluftkühlung** erreichen. Im Vergleich zu Saugmotoren werden auch geringere Verbrauchswerte erreicht. Die heutigen Bestwerte liegen bei 200 g/kWh. Die Aufladung ist auch ein Mittel, um die Verläufe der Linien gleichen spezifischen Verbrauchs zu beeinflussen: Hohe Momentenanstiege bei Traktormotoren lassen sich nur erreichen, wenn das Moment bei Nenndrehzahl gesenkt wird. Damit wird in gleichem Mass die Nennleistung gesenkt. Es wird also auf eine hohe Leistung und ein hohes Moment im oberen Drehzahlbereich verzich-

tet, indem durch sogenannte positive Angleichung die Einspritzmenge bei hoher Drehzahl reduziert wird. Das Erreichen hoher Momentenelastizitäten macht den Motor teurer, und die Getriebe müssen für die hohen Drehmomente ausgelegt sein. Mit der stetigen Steigerung der Elastizität und des Einsatzes feinstufiger Getriebe ist bei Traktoren ein gewisser Widerspruch vorhanden. Eine grobe Regel lautet: Je elastischer ein Motor ist, um so weniger Gänge kann das Getriebe haben. Bei Traktoren sind bei der Getriebeabstufung natürlich auch optimale Geschwindigkeiten für die einzelnen Arbeiten zu beachten. Bei etwa 1000 U/min, also rund 40% der Nenndrehzahl, sollte das Drehmoment etwa 10 bis 15% über  $M_{nem}$

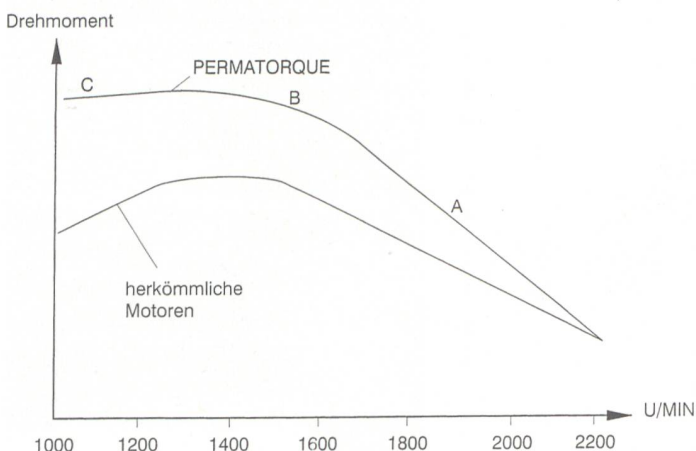


Abb. 1. Drehmomentverhalten von Valmet-Permatorque-Motoren im Vergleich zu anderen Motoren.

A steiler Momentenanstieg bei fallender Drehzahl;  
B Übergang zum Konstantmoment;  
C konstantes Moment bis zur Anfahrerdrehzahl

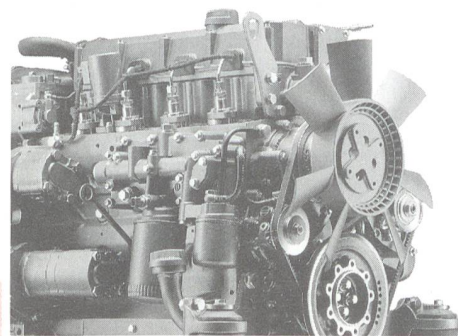
## Die drei Teile

1. Motoren haben einen Charakter – Das Kennlinienfeld ist sein Abbild (LT 9/96)

2. Teil 2: Motoren sind massgeschneidert – Das Kennlinienfeld zeigt die Optimierung /LT 1/97)

**Berichtigung zu Teil 2:** Auf Seite 25, 4. Spalte muss es heissen: Es muss dadurch bei zunehmendem Antriebskraftbedarf **nicht** unbedingt heruntergeschaltet werden.

3. Motoren sind entwicklungsfähig – Das Kennlinienfeld erläutert, in welcher Richtung (hier veröffentlicht)



liegen (LT 1/97, S. 25, Abb. 6), was gute Anfahrbedingungen ergibt. Einen völlig anderen Weg geht Valmet mit seinen Permatorque-Motoren (Konstant-Moment-Motoren) bei Traktoren. Hier wird die Momentenüberhöhung von 35% bis zur Anfahrerdrehzahl (1000 U/min) beibehalten (Abb. 1). Diese Eigenschaft soll gemäss Hersteller für schwere Zugarbeiten besonders günstig sein. Das Anfahren ist hier mit grosser Sicherheit gegeben. Ob bei diesen niedrigen Drehzahlen permanent bei Vollast

gearbeitet wird, dürfte recht unwahrscheinlich sein. Es sei denn, dass bei dieser grossen Momentenüberhöhung in höheren Gängen gefahren wird. Das würde sich sicherlich günstig auf den Kraftstoffverbrauch auswirken.

## Proportionalitätsgrad

Der Verlauf des Drehmoments auf der Abregellinie bei Nenndrehzahl sollte mit mechanischen Reglern einen Proportionalitätsgrad (P-Grad) von 6

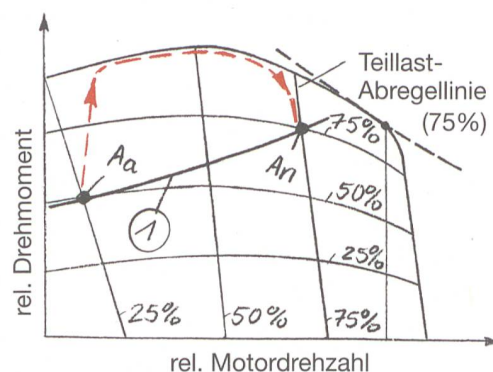


Abb. 2. Beispiel des Regelverhaltens eines Alldrehzahlreglers auf einer Arbeitswiderstandslinie ① vom alten Arbeitspunkt  $A_a$  zum neuen Arbeitspunkt  $A_n$ .



bis 10% aufweisen, d.h., ohne Belastung darf die obere Leerlaufdrehzahl  $n_{l0}$  (LT 1/97, S. 25, Abb. 6) 6 bis 10% über der Nenndrehzahl liegen. Ein grösserer Bereich wirkt sich nachteilig auf den Motorverschleiss und den Kraftstoffverbrauch aus, letzteres nicht nur bei der oberen Leerlaufdrehzahl.

Bekanntlich sind Traktormotoren mit Alldrehzahlreglern ausgestattet, so dass im ganzen Teillastbereich ein ähnliches Regelverhalten vorhanden ist, nur ist der P-Grad etwas anders, abhängig von der anderen Vorspannung der Reglerfedern bei den veränderten Regelstangenstellungen. Wird bei Traktormotoren das Gaspedal schnell getreten, interpretiert der Alldrehzahlregler eine neue Pedalstellung als Sollwert der Drehzahl, die schnell, also zeitweilig die Vollastmenge einspritzt und so mit maximalem Drehmoment eingeregelt wird (Abb. 2). Grundsätzlich gibt es die Traktormotoren mit optimalen Eigenschaften für alle Einsatzfälle nicht. Von Interesse dürfte aber noch sein, wie Motoreigenschaften beeinflussbar sind.

## Beeinflussung der Motorkennlinien

Die Daten der Kennfelder sind bei genormten Luftzuständen gültig. Nimmt der Luftdruck ab, sinkt, z.B. die Motorleistung und umgekehrt, beim aufgeladenen Motor übrigens stärker als beim Saugmotor. Gegen Änderung der Temperatur der Ansaugluft ist der nicht aufgeladene Motor weniger empfindlich als der aufgeladene. Dies wirkt sich besonders bei steigenden Temperaturen ungünstig aus. Auch die anderen Daten im Kennfeld sind natürlich von den atmosphärischen Bedingungen beeinflusst.

Bei der Betrachtung der Kennfelder ist festzustellen, dass sich vom Bestpunkt (Abb 3,  $b_{e \min}$ ) ausgehend, der spezifische Verbrauch gewissermassen «wellenförmig» erhöht.

Die Gründe dafür am Motor ergeben sich der Tendenz nach, wie in Abb. 3 dargestellt. Hier liegen dann bei der

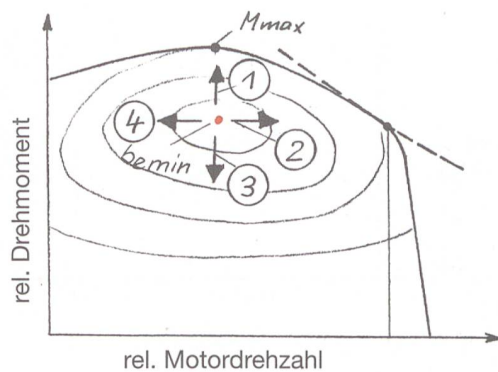


Abb. 3. Einflüsse auf den Verlauf der Linien gleichen spezifischen Kraftstoffverbrauchs

- ① Vollastanreicherung;
- ② Reibung, Ölsorte und Ölmenge;
- ③ Ladungswechselverluste, Verbrennungsverluste;
- ④ Gemischbildung, Drall der Ansaugluft und Wärmeverluste

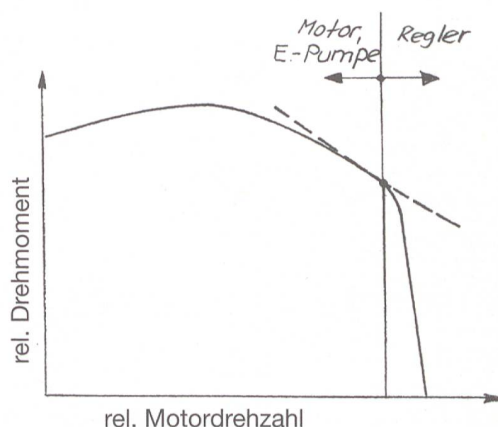


Abb. 4. Einflussbereiche auf die Kennlinienverläufe.

Motorenentwicklung wichtige Möglichkeiten, um die Höhe und den Verlauf des spezifischen Verbrauchs und den Drehmomentverlauf zu beeinflussen.

Die Möglichkeiten zur Beeinflussung der Motorkennlinien sind sehr vielschichtig. Ganz grob kann Einfluss genommen werden durch Massnahmen (Abb. 4.):

- **am Motor:** Gaswechselsystem mit Ventiltzahl, Ventilüberschneidung, Frischluftherwärmung und Restgasentleerung sowie Verbrennungsverfahren, Aufladung (Ladeluftkühlung, Bypass), Hub-/Bohrungsverhältnis, Ausmass der mechanischen Verluste.

- **an der Einspritzpumpe:** Einspritzdruck, Mengengenauigkeit,

hochpräzise Wahl von Einspritzbeginn und Einspritzzeit, Auslegung des Druckventils, Hub/Bohrungsverhältnis der Pumpe, Düsen, Starteinrichtung

- **am Regler:** mechanischer oder elektronischer Drehzahlregler.

Genannt sei noch die schon erwähnte Beeinflussung der Vollastlinie durch Angleichung: Kolben-Einspritzpumpen haben mit zunehmender Drehzahl eine steigende Fördercharakteristik. Damit würde die Vollastlinie einen ungünstigen Verlauf haben und der Motor rauchen. Aus diesem Grund wird durch positive Angleichung die Motorelastizität erhöht (Abb. 5), durch die negative Angleichung die Rauchdichtegrenze im unteren Drehzahlbereich gesenkt (Abb. 6).

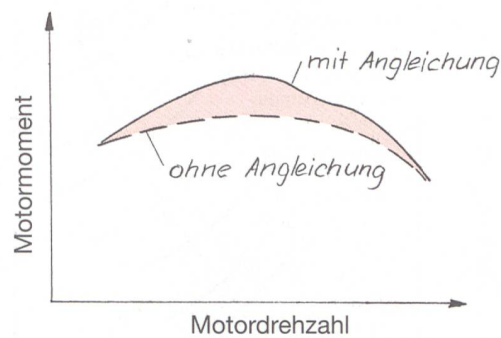


Abb. 5. Erhöhung des Momentenanstiegs durch Angleichung der Einspritzmenge.

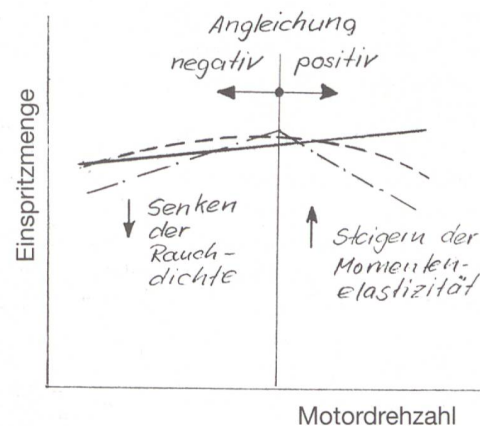


Abb. 6. Beeinflussung der Momentenkennlinien durch Angleichung der Einspritzmenge

- Kraftstoffbedarf des Motors
- Vollastfördermenge der Pumpe durch Drosselwirkung an Steuerbohrungen der Pumpenelemente (nicht angeglichen)
- - - - - angegliche Vollastfördermenge

## Die Entwicklung geht weiter

Laut Fachleuten der Motorentechnik hat der Dieselmotor noch Entwicklungsreserven. Das gilt für Verbesserungen des Drehmomentverlaufs, für das Senken des spezifischen Kraftstoffverbrauchs im ganzen Kennfeldbereich, für das Senken der Abgaschadstoffe (Abb. 7) wie auch für das Verringern der Lärmentwicklung primär durch Massnahmen am Motor.

Als weitere erfolgversprechende Entwicklungen gelten die Mehrventiltechnik, die Optimierung der Brennräume, das Verringern der mechanischen Verluste.

Bei der Turbo-Aufladung werden



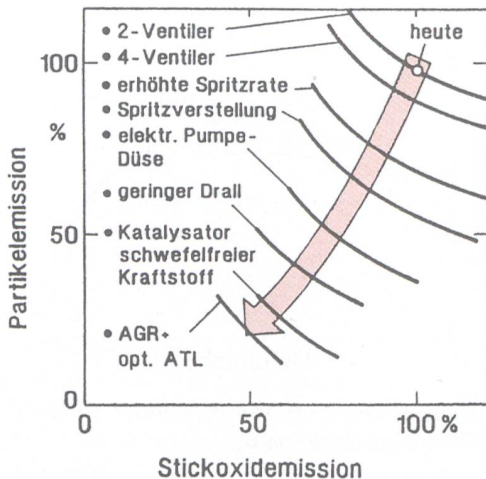


Abb. 7. Möglichkeiten der Emissionsminderung bei direkt eingespritzten Dieselmotoren.

drehzahlgesteuerte Lader umfassend genutzt. Als besonders bedeutsam für gute Motoreigenschaften hat sich die Steigerung der Einspritzdrücke und Einspritzgüte nach Menge und Zeit herausgestellt. (Siehe auch Beitrag von M. Meyer, SIL in LT 2/97). Hier sind dem Vernehmen nach noch weitere Möglichkeiten ausschöpfbar, insbesondere durch Reglerentwicklungen. Deutz sieht z.B. Entwicklungsstufen vor, wie Übergang von der mechanischen Regelung auf elektronisch geregelte Reiheneinspritzpumpen. In dieser Richtung wird die Entwicklung wohl auch bei andern Herstellern gehen, zumal mit elektronisch geregelten Einspritzpumpen positive Kennwertbeeinflussungen nachgewiesen wurden.

Es werden damit auch die Verbrauchswerte und die Abgasschadstoffe gesenkt. Die elektronische Motorregelung ist zudem ein wesentliches Element für die angestrebten Traktor-Managementsysteme.

Es deutet sich auch an, dass Leistungssteigerungen nicht durch Drehzahlerhöhung erreicht werden, sondern durch bessere Energieumwandlung. Diskutiert wird u.a. darüber, die Leistung der Motoren durch bessere Verbrennungen zu sichern und dafür die Motordrehzahl zu senken.

Der Verlauf der Kennlinien für das Drehmoment und den spezifischen Kraftstoffverbrauch wird andererseits auch von den Entwicklungen bei

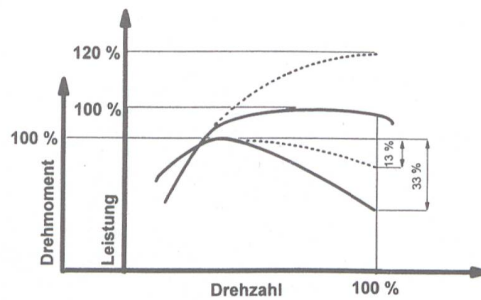


Abb. 8. Möglichkeit der bedeutenden Verringerung der Momentenelastizität und Erhöhung der Motornennleistung (gepunktet) bei Verwendung eines stufenlosen Getriebes am Beispiel des Claas-Xerion.

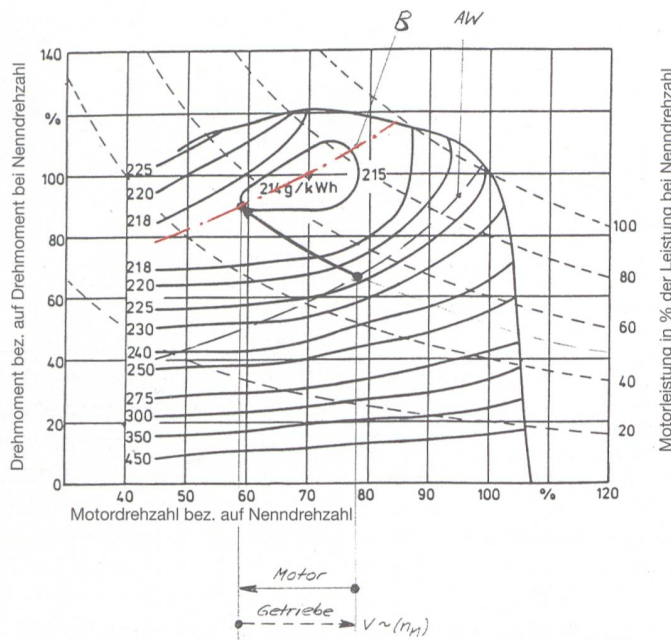


Abb. 9. Möglichkeit der Verbrauchsminimierung an der Bestverbrauchslinie bei bestimmtem Leistungsbedarf durch Zusammenwirken von Motor mit z.B. dem stufenlosen Getriebe.

B Bestverbrauchslinie, AW: Arbeitswiderstandslinie (relative Leistung etwa 53 %).

Traktorgetrieben beeinflusst. Z.B. sind beim Einsatz von stufenlosen Getrieben keine so grossen Anforderungen an die Momentenelastizität zu stellen, während der Verlauf der Bestverbrauchslinie als Regellinie von Bedeutung sein kann. Claas gibt beispielsweise bei der Verwendung des stufenlosen Getriebes im Xerion 2500 an, dass der Momentenanstieg des Motors gesenkt und dafür das Leistungsniveau erhöht werden kann. (Abb. 8).

Mit einem stufenlosen Getriebe (Abb. 9) kann, je nach Fahrstrategie, die höhere Leistung gut genutzt oder der Motor auf der Bestverbrauchslinie, bei Geschwindigkeitsvariationen durch das Getriebe, gefahren werden.

## Schweizer Landtechnik

**Herausgeber**  
Schweizerischer Verband für Landtechnik (SVLT),  
Werner Bühler, Direktor

**Redaktion:**  
Ueli Zweifel

**Mitglied- und Abodienste, Mutationen:**  
Postfach, 5223 Riniken  
Telefon 056 441 20 22  
Telefax 056 441 67 31  
E-Mail: red@agrartechnik.ch

**Inserate:**  
**publimag**

Publimag AG  
Sägereistrasse 25  
8152 Glattbrugg  
Telefon 01 809 31 11  
Telefax 01 810 60 02  
Anzeigenleitung:  
Darko Panić

**Die «Publireportage»**  
Seite 18 ist eine bezahlte Firmenanzeige

**Druck:**  
Huber & Co. AG  
Grafische Unternehmung und Verlag  
8501 Frauenfeld  
Telefon 052 723 55 11  
Telefax 052 722 10 07  
E-Mail: verl.zss@huber.ch

**Herstellung:**  
Reto Bühler

**Administration:**  
Claudia Josef

Abdruck erlaubt mit Quellenangabe und Belegexemplar an die Redaktion

**Erscheinungsweise:**  
12mal jährlich

**Abonnementspreise:**  
Inland: jährlich Fr. 55.-  
(inkl. 2% MWST)  
SVLT-Mitglieder gratis.  
Ausland: Fr. 75.-

**Nr. 4/97 erscheint am 15. April 1997**  
**Anzeigenschluss:**  
25. März 1997