



AUTOREN



Dipl.-Ing. Agr. Dipl.-Ing. Wirtsch. Roger Stirnimann, Executive MBA

ist Dozent für Agrartechnik an der Berner Fachhochschule/Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) in Zollikofen (Schweiz).



Dipl.-Ing. Danilo Engelmann

ist akademischer Mitarbeiter und Leiter des Akustikallradrollenprüfstands am Teilinstitut Mobile Arbeitsmaschinen des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) in Karlsruhe.

Entwicklung bei Traktormotoren in den letzten 20 Jahren

Seit Ende der 1990er-Jahre gilt die EU-Abgasgesetzgebung auch für Nonroad-Fahrzeuge und somit für landwirtschaftliche Traktoren. Mit der schrittweisen Einführung der EU-Abgasstufen I bis IV mussten die Emissionen der dieselmotorischen Hauptschadstoffe Partikelmasse und Stickoxide in den mittleren und oberen Leistungsklassen bis heute um jeweils rund 95 % vermindert werden. Möglich war dies nur dank intensiver Weiterentwicklung der Motor- und Abgastechnologien. HAFL und KIT zeigen die Entwicklung sowie einige dahinterstehende technische Zusammenhänge am Beispiel eines klassischen Traktor-Dieselmotors auf.

MOTIVATION

Bei Pkw-Verbrennungsmotoren ist Downsizing ein anhaltender Trend. Im Vergleich zu den Vorgängermotoren werden die Hubräume oft verkleinert und durch Aufladung kompensiert. Bei Traktormotoren konnte in der Vergangenheit hingegen eher eine Entwicklung in Richtung höhere Mitteldrücke bei gleichbleibenden Hubräumen verzeichnet werden. Mit der Erhöhung der Drehmomente gingen hohe Leistungssteigerungen einher, was im Bereich von 100 bis 140 kW zunehmend zu einer Ablösung kleinerer Sechszylindermotoren (1 bis 1,15 l Hubraum pro Zylinder) durch Vierzylinderaggregate führt. Dies kann grundsätzlich auch als Downsizing betrachtet werden, hier geht es aber eben nicht um die Verkleinerung bestehender Motoren, sondern um den Übergang zur nächst kleineren Baureihe.

Im Folgenden soll der Fokus auf der Leistungssteigerung bei gleichbleibendem Hubraum liegen. Am Beispiel des Sechszylinder-Dieselmotors mit 6,8 l Hubraum von John Deere wird exemplarisch aufgezeigt, wie die Entwicklung bei Traktormotoren in den vergangenen 20 Jahren verlief und mit welchen Motor- und Abgastechnologien der Hersteller den mit jeder Abgasstufe größer werdenden Grenzwert-Herausforderungen ent-

gegentrat. Dieser Motor wurde 1993 erstmals im Traktormodell 6800 eingebaut und löste das bis dahin in der Leistungsklasse 70 bis 90 kW verwendete Sechszylinderaggregat mit 5,9 l Hubraum nach und nach ab. In **TABELLE 1** ist die seitherige Entwicklung auf Basis der Traktor-Topmodelle aus Mannheimer-Fertigung dargestellt. Die Daten stammen größtenteils aus Verkaufsunterlagen, einige wurden bei John Deere direkt oder bei Vertriebspartnern abgefragt.

POTENZIAL DER AUFLADUNG FRÜH ERKANNT

Schon Mitte der 90er Jahre wurde das Potenzial moderner Motortechnologien, zum Beispiel Turboaufladung und Common-Rail-Einspritzung, bei Traktormotoren in verschiedenen Publikationen aufgezeigt [1, 2]. Die Literleistungen der damals relevanten Hubraumklassen von 4 bis 8 l wurden für das Jahr 2012 mit durchschnittlich rund 30 kW/l prognostiziert. Diese liegen heute im Bereich von 30 bis 45 kW/l. Hubräume und Zylinderanzahl weichen von den Prognosen hingegen stark ab; Dreizylindermotoren sind kaum noch vertreten und kleinere Aggregate mit sechs Zylindern (1 bis 1,15 l Hubraum pro Zylinder) werden im Übergangsbereich von 100 bis 140 kW zunehmend durch solche mit vier Zylindern

abgelöst, **BILD 1**. Hingegen ist bei größeren Sechszylindermotoren eine Leistungssteigerung bei gleichbleibendem Hubraum zu erkennen. Diese Entwicklung ist eng mit der Turboaufladung verknüpft, die aufgrund der Abgasgesetzgebung heute bei praktisch allen Traktormotoren zur Anwendung kommt. Gerade die bei Traktoren häufig anzutreffenden leistungsverzweigten Stufenlosgetriebe stellen mit ihren hohen Wandlungsbereichen ideale Randbedingungen dar, um auch hohe Drehmomente zu wandeln [3].

KEIN KLASSISCHES DOWNSIZING

Betrachtet man den 6,8-l-Referenzmotor, ist zu erkennen, dass die maximalen Drehmomente bei den Traktor-Topmodellen seit 1993 von 536 auf 1167 Nm gesteigert werden konnten, was selbst bei einer Korrektur aufgrund der unterschiedlichen Messnormen (ECE-R24, 97/68EG) mehr als eine Verdoppelung darstellt. Wird auch noch das Zusatzdrehmoment durch die heute übliche Boost-Funktion berücksichtigt, ist das Bild noch ausgeprägter. In gleichem Maße stieg die spezifische Arbeit des Motors, der Mitteldruck, an. Beim aktuellen Topmodell liegt dieser bei maximalem Drehmoment mit Boost bei knapp 23 bar (97/68EC). Das lässt den Schluss zu,

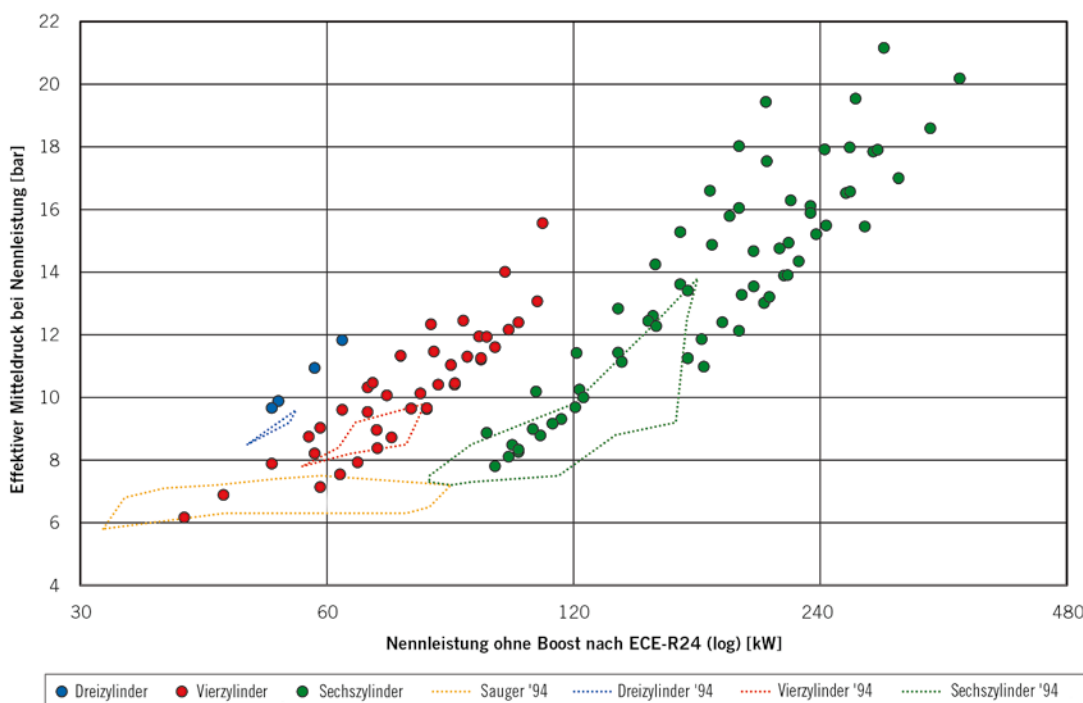


BILD 1 Vergleich der Mitteldrücke zur Nennleistung 1994 bis 2017 der am Markt verfügbaren Traktoren (farbige Punkte: Stand 2017; farbige Bereiche deuten Punktwolken aus 1994 an) (© HAFL)

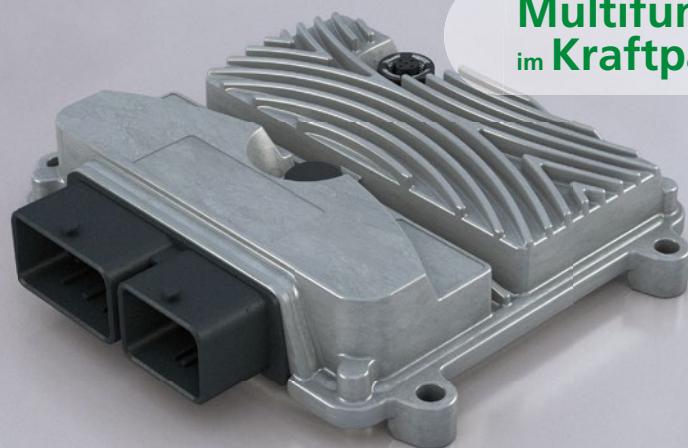
ENTWICKLUNG ANTRIEBE UND NEBENANTRIEBE

Allgemeine Angaben zum Traktor-/Motormodell										
Traktormodell	6800	6900	6910	6910S	6920S	6930	7530	6210R	6215R	6250R
Einführungsjahr	1993	1995	1997	1999	2002	2007	2008	2012	2016	2017
Abgasstufe	-	-	I	I	II	III A	III A	III B	IV	IV
Motorbezeichnung			PowerTech	PowerTech	PowerTech	PowerTech Plus	PowerTech Plus	PowerTech Plus PVX	PowerTech PVS ¹⁾	PowerTech PSS
Hubraum [l]	6,788	6,788	6,788	6,788	6,788	6,788	6,788	6,788	6,788	6,788
Anzahl Zylinder	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Nenndrehzahl [1/min]	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Verdichtungsverhältnis	17:1	17:1	17:1	17:1	17:1	17:1	17:1	17:1	17:1	17:1
Leistungscharakteristik	Constant Power	Constant Power	ExtraPower	ExtraPower	ExtraPower	ExtraPower	ExtraPower	ExtraPower	ExtraPower	ExtraPower
Boostleistung	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Motortechnologien/-parameter										
Einspritzsystem	Verteilerpumpe	Verteilerpumpe	Verteilerpumpe	VP44 ²⁾	Common Rail ³⁾	Common Rail	Common Rail	Common Rail	Common Rail	Common Rail
Motorregelung	Mechanisch	Mechanisch	Mechanisch	Elektronisch	Elektronisch	Elektronisch	Elektronisch	Elektronisch	Elektronisch	Elektronisch
Maximaler Einspritzdruck [bar]	k. A.	650 ⁴⁾	1100	1100	1350	1600	1600	2000	2500	2500
Anzahl Düsenlöcher	4	4	4	4	k. A.	k. A.	k. A.	6	6	6
Anzahl Ein-/Auslassventile	2	2	2	2	4 ³⁾	4	4	4	4	4
Turboladertechnik	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	VGT	VGT	VGT	VGT	2-st./VGT
Ladeluftkühlung (Luft/Luft)	-	-	-	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Ladedruck bei Nennleistung [bar]	0,7–0,9	0,7–0,9	0,7–0,9	0,7–0,9	0,7–0,9	k. A.	k. A.	1,75–1,95	k. A.	2,25–2,45
Maximaler Vollast-Ladedruck [bar]	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	1,62	1,95	2,47	2,23	2,81
Lüfterflügel	Visco	Visco	Visco	Visco	Visco	Visco	Visco	Visco	Visco	E-Visco
Abgastechnologien										
Gekühlte Abgasrückführung	-	-	-	-	-	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Dieseloxydationskatalysator	-	-	-	-	-	-	-	Ja	Ja	Ja
Dieselpartikelfilter	-	-	-	-	-	-	-	Ja	Ja	Ja
Selektive Katalytische Reduktion	-	-	-	-	-	-	-	-	Ja	Ja
Leistungsangaben										
Nennleistung nach ECE-R24 [kW]	88	96	99	103	k. A.	110	k. A.	k. A.	150	176
Maximale Leistung nach ECE-R24 [kW]	90	98	102	k. A.	k. A.	k. A.	138	163	167	195
Nennleistung mit Boost nach ECE-R24 [kW]	k. A.	k. A.	k. A.	110	116	129	143	k. A.	178	205
Maximale Leistung mit Boost nach ECE-R24 [kW]	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	124	132	148	175	182	213
Drehzahl bei Maximalleistung [1/min]	k. A.	k. A.	k. A.	1900	1900	1900	1900	1900	k. A.	k. A.

Drehmomentangaben										
Drehmomentanstieg [%]	34	38	34,5	38	38	38	38	40	40	40
Max. Drehmoment nach ECE-R24 [kW]	536	603	606	630	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Max. Drehmoment nach 97/68EC [kW]	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	700	715	828	983	1004	1167
Drehmomentanstieg mit Boost [%] ⁴⁾	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	28	28	28	28	28	28
Max. Drehmoment mit Boost nach 97/68EC [kW] ⁴⁾	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	710	768	867	1030	1094	1240
Drehzahl bei max. Drehmoment [1/min]	1300	1300	1365	1400	1500	k. A.	k. A.	1600	1600	1600
Berrechnerter effektiver Mitteldruck										
... bei Nennleistung nach ECE-R24 [bar]	7,41	8,08	8,33	8,67	-	9,26	-	-	12,63	14,82
... bei max. Leistung nach ECE-R24 [bar]	-	-	-	-	-	-	12,84	15,17	-	-
... bei Nennleistung mit Boost nach ECE-R24 [bar]	-	-	-	-	9,77	10,86	12,04	-	14,98	17,26
... bei max. Drehmoment nach ECE-R24 [bar]	9,93	11,17	11,22	11,67	-	-	-	-	-	-
... bei max. Drehmoment nach 97/68 EC [bar]	-	-	-	-	12,96	13,24	15,33	-	18,59	21,61
... bei max. Drehmoment mit Boost nach 97/68 EC [bar]	-	-	-	-	13,15	14,22	16,06	19,07	20,26	22,96

¹⁾ erste Modelle PSS, ab 2017 PVS ²⁾ mit AutoQuad (automatisiertes Lastschaltgetriebe) ³⁾ ab Modelljahr 2003 ⁴⁾ Schätzungen der Autoren

TABELLE 1 Entwicklung des 6,8-l-Dieselmotors von John Deere am Beispiel der Topmodelle der Traktorbaureihen 6000/6010/6020/6030/7030/6R (© HAFL)



**Multifunktion
im Kraftpaket!**

STW

ESX-4CS-GW Frei programmierbare Zentralsteuerung

- Frei programmierbar
- Flexibilität durch Multifunktions- I/Os
- Vielfältige Kommunikationsschnittstellen
- Geeignet für den robusten Einsatz
- Starter-Kit zur effektiven Inbetriebnahme

Messetermine



Agritechnica, Hannover
12.11. – 18.11.2017
Halle 15, Stand F49



SPS/IPC/DRIVES, Nürnberg
28.11. – 30.11.2017
Halle 7, Stand 150



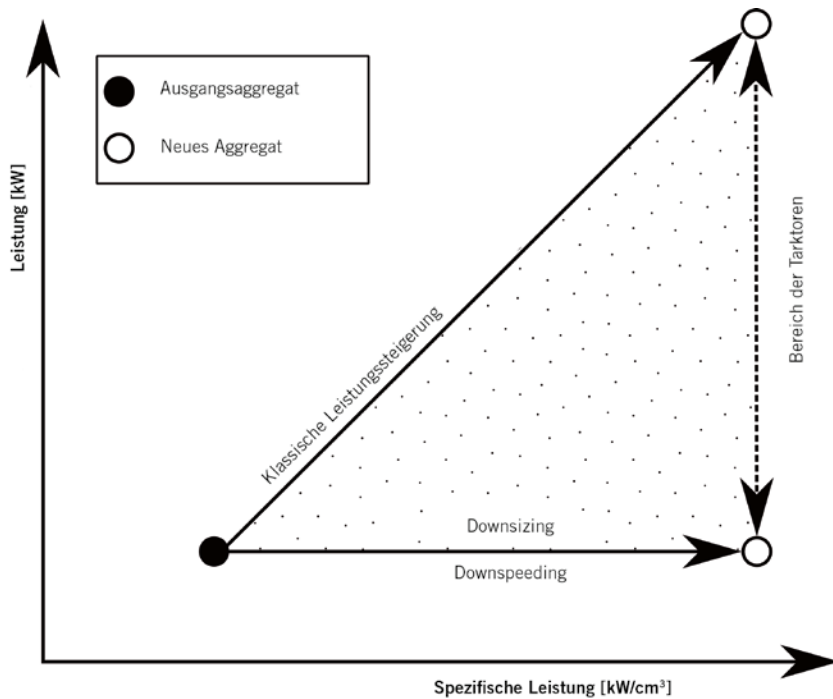


BILD 2 Vergleich von Downsizing/Downsizing mit Leistungssteigerung (© KIT)

dass durch den nahezu konstanten Drehmomentanstieg von 38 bis 40 % sowie durch die höhere Leistung bei gleichbleibender Nenn Drehzahl von 2100/min das Drehmoment bei Nennleistung ebenfalls deutlich angestiegen ist. Damit steigt die Hubraumleistung an, BILD 2. Allerdings handelt es sich nicht um ein Downsizing im eigentlichen Sinne, denn das Hubvolumen wurde nicht reduziert, BILD 2 und

BILD 3. Aufgrund der gleichen Nenn Drehzahl trifft eher der Vergleich mit Downsizing zu, BILD 3. Von Downsizing wird gesprochen, wenn das Hubraumvolumen bei gleichbleibender Lastanforderung verkleinert wird. Der Motor wird spezifisch höher belastet, wodurch Emissionen und Verbrauch abnehmen. Die Schlüsseltechnologie hierfür stellt die Turboaufladung dar. Dieser Ansatz wird

bei Pkw-Verbrennungsmotoren seit mehreren Jahren konsequent verfolgt. Eine andere Möglichkeit stellt das sogenannte Downsizing dar. Hier werden die Hubräume annähernd gleich gehalten, dafür aber die Drehzahlen herabgesetzt. Durch entsprechend angepasste Getriebeübersetzungen können hiermit ähnliche Verbrauchseinsparungen erzielt werden [4].

AUFLADUNG ALS SCHLÜSSELTECHNOLOGIE

In den Mannheimer-Topmodellen verfügte der Referenzmotor stets über Turboaufladung. Die Ladedrücke bei Nenn Drehzahl lagen vor Einführung der Abgasgesetzgebung im Bereich von 0,7 bis 0,9 bar. Aufladung bedeutet, den Zylindern eines Verbrennungsmotors Luft mit einem gegenüber der Umgebungsluft erhöhten Dichte zuzuführen, um mit der dadurch größeren Frischluftmasse eine größere Kraftstoffmasse einspritzen und damit die Leistung des Motors erhöhen zu können. Die Dichtesteigerung erfolgt über die Erhöhung des Drucks durch einen geeigneten Lader. Da damit auch die Temperatur ansteigt, nimmt die Dichte aber nicht in gleichem Maß zu wie der Druck. Wird die Ladeluft in einem nachgeschalteten Kühler rückgekühlt, lässt sich die Luftdichte bei einem bestimmten Druck wesentlich steigern [4]. Beim Referenzmotor wurde die Ladeluftkühlung ab

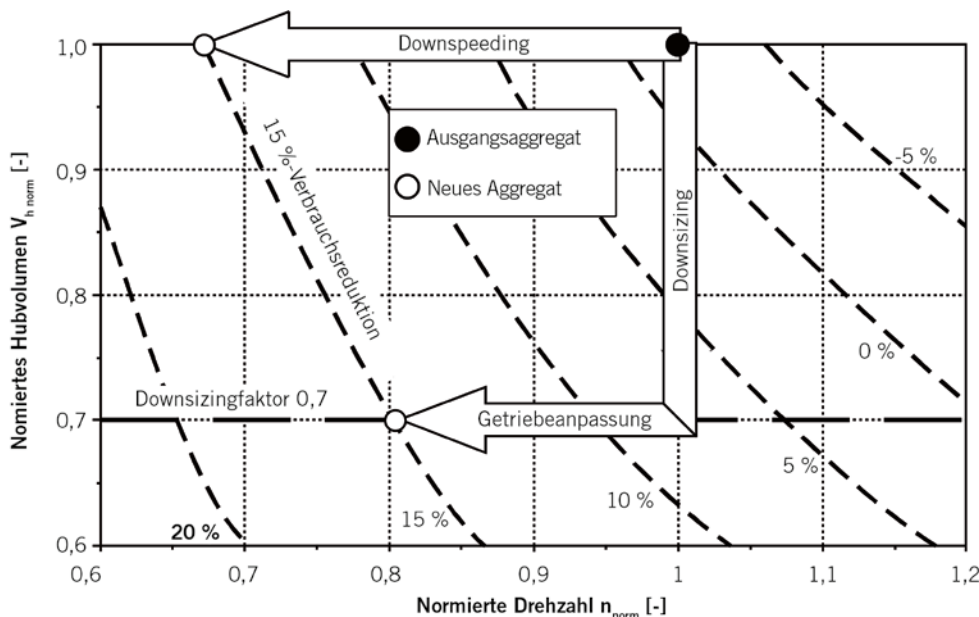


BILD 3 Definition von Downsizing/Downsizing nach [4] (© [4])

Ende der 90er-Jahre eingesetzt und gehört seither zum Grundumfang. Aufgrund der positiven Auswirkungen auf die NO_x-Emissionen durch geringere Spitzentemperaturen gibt es heute kaum noch aufgeladene Traktormotoren ohne diese Einrichtung.

2002 ging John Deere mit einer komplett überarbeiteten Motorengeneration auf Vierventiltechnik und Common-Rail-Einspritzung über. Dank der Vierventiltechnik konnten die Querschnitte der Ein- und Auslassventile vergrößert und der Zylinderfüllgrad optimiert werden [4]. Ein weiterer Vorteil dieser Technik ist die Möglichkeit, die Einspritzinjektoren mittig und vertikal über dem Brennraum anordnen zu können, was mit entsprechend ausgeformten Kolbenmulden und angepasster Einspritzgeometrie zu einer besseren Kraftstoffverteilung führt. Ein weiterer wesentlicher Schritt bezüglich Aufladung wurde 2007 mit der Einführung von Turboladern mit variabler Geometrie (VGT) gemacht. Durch verstellbare Turbinenleitschaufeln kann der Zielkonflikt zwischen maximaler Luftmenge und Ansprechverhalten bei geringer Abgasenthalpie vermieden werden. Damit lässt sich das transiente Ansprechverhalten beim Beschleunigen und bei Lastsprüngen weiter verbessern, ebenso die Gemisch-

bildung bei verschiedenen Betriebszuständen. Das aktuelle Topmodell besitzt neben dem Turbolader mit variabler Geometrie einen zweiten größeren Lader. Bei niedrigen bis mittleren Lasten wird mit der variablen Turbine gearbeitet, im High-Torque-Bereich wird diese durch den größeren Turbolader mit fixer Geometrie zunehmend unterstützt. Durch die Optimierung der beiden Turbolader auf ihre Kennfeldbereiche wird das transiente Verhalten weiter verbessert und Emissionen reduziert [5]. Der Ladedruck bei Nenndrehzahl liegt hier im Bereich von 2,25 bis 2,45 bar. Im Vergleich zu den Ladedrücken der früher verwendeten Standardlader entspricht dies knapp einer Verdreifachung. Noch wesentlich höhere Drücke werden im Betriebspunkt des maximalen Drehmoments erreicht.

Die zweistufige Aufladung wird in der aktuellsten Ausführung des Referenzmotors aber nicht zur Darstellung von hohen Spitzendrücken (3 bis 3,5 wären durchaus möglich), sondern vielmehr von einem hohen Druckniveau über einen weiten Drehzahlbereich bis hinunter zur Anfahrtdrehzahl von 1000/min verwendet. Dies erklärt auch, weshalb das Verdichtungsverhältnis trotz zweistufiger Aufladung bis heute bei 17:1 belassen werden konnte. Bei der Verwendung dieser Ladetechnik

wird heute teilweise zu etwas geringeren Verdichtungsverhältnissen übergegangen [6].

FRÜHER EINSATZ VON COMMON RAIL

Ein weiterer wichtiger Baustein zur Einhaltung der Abgasgrenzwerte stellt das Einspritzsystem dar. Beim Referenzmotor kamen zuerst mechanisch geregelte Radialkolben-Verteilerpumpen zum Einsatz, dann kurzzeitig die elektronisch geregelte VP44 von Bosch in gleicher Bauart. Seit 2002 wird das Speichereinspritzsystem Common Rail verwendet. Der Referenzmotor war einer der ersten Traktormotoren mit dieser neuen Einspritztechnologie (breite Anwendung bei Serien-Straßenfahrzeugen ab 1997). Diese wurde stetig weiterentwickelt, sodass bei der jüngsten Generation mittlerweile Maximaldrücke von 2500 bar erreicht werden. Bei einer Betrachtung über die letzten 20 Jahre stellt dies beinahe eine Vervierfachung dar. Dank der Trennung von Druckerzeugung und Einspritzung ergeben sich zusätzliche Freiheitsgrade, wodurch beispielsweise Mehrfacheinspritzungen (Voreinspritzung, Haupteinspritzung, Nacheinspritzung) realisiert werden können. Vorteilhaft ist auch, dass die Einspritzdrücke nicht

Innovationen
jetzt **Vernetzen!**



machines.cloud

STW

TC1 Konnektivitäts- und Datenmanagementplattform

- 400 MHz CPU, 128 MB RAM
- Frei programmierbar auf Linux
- 3G, GPS / GLONASS, WLAN, BT4.0 (erhältlich in verschiedenen Varianten)
- Erweiterbare Softwaremodule / Apps
- 2 x CAN, RS232, USB, Ethernet

Messetermine



Agritechnica, Hannover
12.11. – 18.11.2017
Halle 15, Stand F49



SPS/IPC/DRIVES, Nürnberg
28.11. – 30.11.2017
Halle 7, Stand 150

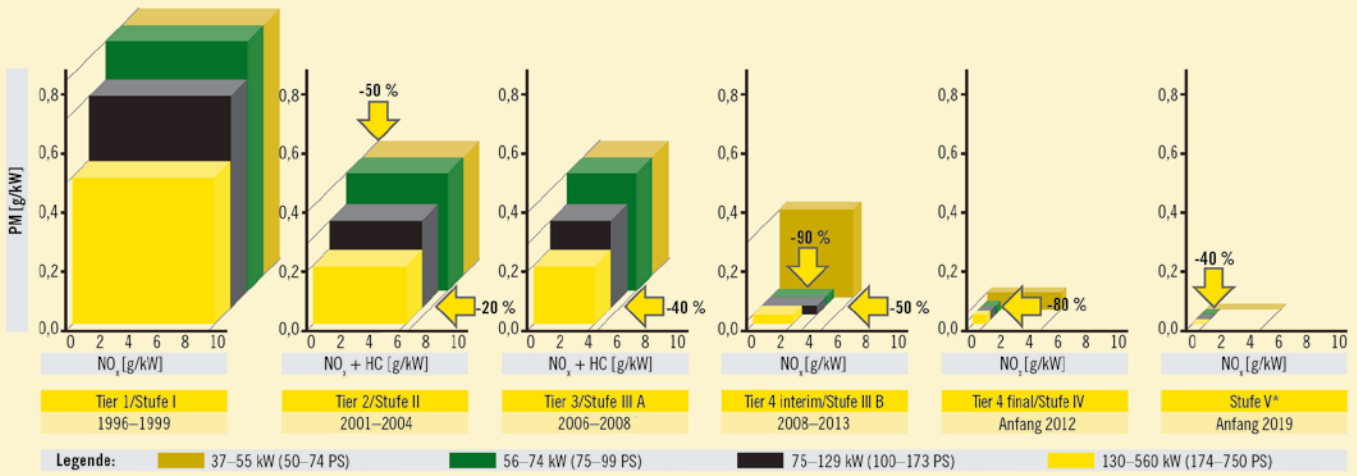


BILD 4 EU-Abgasstufen I bis V: Leistungsklassenabhängige Darstellung der PM- und NO_x-Grenzwerte (© John Deere)

mehr von der Motordrehzahl abhängig sind und deshalb über weite Kennfeldbereiche eingestellt werden können. Hierdurch lässt sich die Gemischbildung an verschiedene Betriebszustände anpassen und die Emissionen senken. Mit der Voreinspritzung lässt sich zudem das Motorgeräusch vermindern.

Die Erhöhung der Einspritzdrücke stellt allerdings einen hohen technischen Aufwand dar und ist mit hohen Kosten verbunden. Es lässt sich beobachten, dass die Drücke beim Referenzmotor jeweils im Gleichschritt mit den neuen EU-Abgasstufen nach oben angepasst wurden, was den Schluss zulässt, dass die Abgasgesetzgebung

auch hier ein wichtiger Technologietreiber war, BILD 4.

KOMBINATION VON ABGASTECHNOLOGIEN

Mit Einführung der EU-Abgasstufe III A kam beim betrachteten Motor erstmals eine externe, gekühlte Abgasrückführung

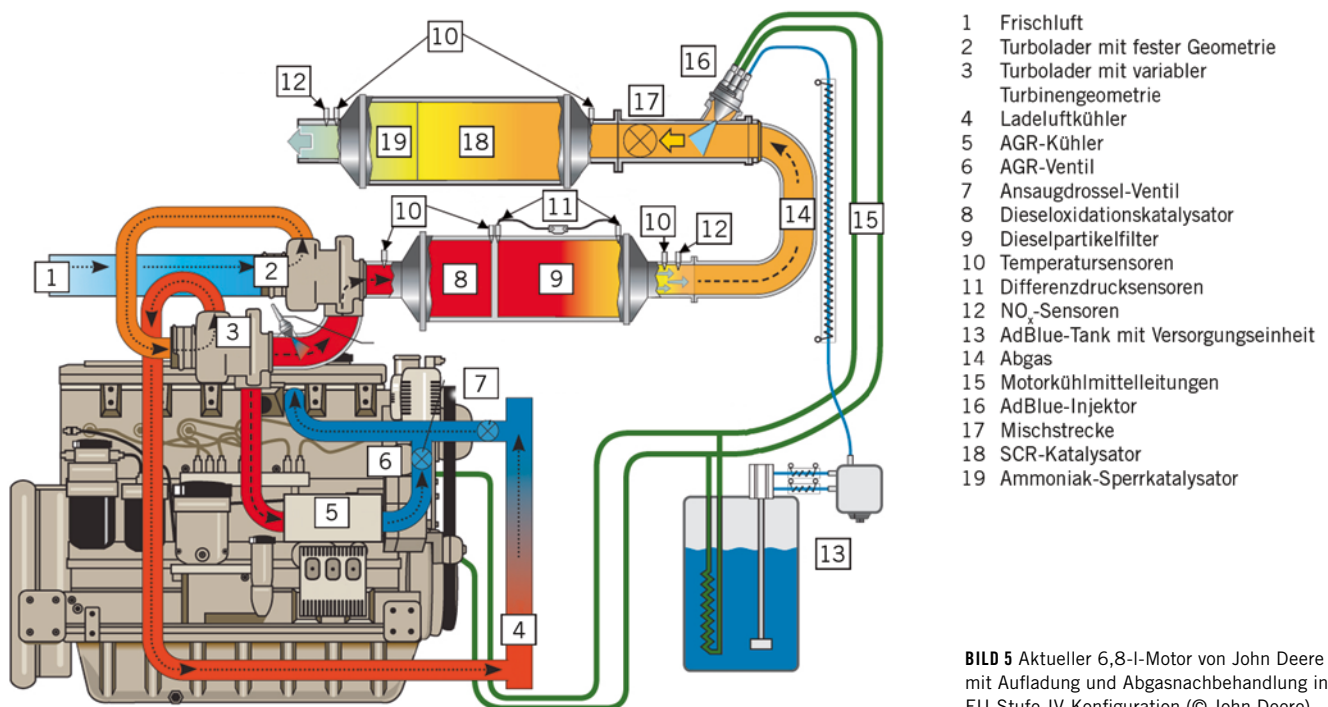


BILD 5 Aktueller 6,8-l-Motor von John Deere mit Aufladung und Abgasnachbehandlung in EU-Stufe-IV-Konfiguration (© John Deere)

(AGR) zur Anwendung. Durch die Rückführung bestimmter Abgasmengen im Teillastbereich kann die Verbrennungstemperatur abgesenkt und die Entstehung von NO_x im Brennraum wesentlich vermindert werden. Für die Einhaltung der EU-Stufe-IIIB-Grenzwerte musste die AGR mit den Abgasnachbehandlungssystemen Dieseloxidationskatalysator (DOC) und Dieselpartikelfilter (DPF) ergänzt werden. John Deere wählte damit den Weg einer kalten Verbrennung, bei welcher der Rohemissionsschwerpunkt mittels AGR und angepassten Motoreinstellungen auf die Partikel gelegt wird, die hinterher über einen DPF vermindert werden. Beim Pendant warme Verbrennung würde der Rohemissionsschwerpunkt auf die Stickoxide gelegt und die Abgasnachbehandlung mittels SCR-Katalysator erfolgen. Damit ist es grundsätzlich möglich, die eine Abgasspezies motorintern zu reduzieren und nur für die jeweils andere ein Abgasnachbehandlungssystem vorzuhalten [4]. Für die EU-Abgasstufe IV wurde die Kombination AGR/DOC/DPF beim Referenzmotor mit einem SCR-Katalysator ergänzt, **BILD 5**. Im Vergleich zu Motoren anderer Traktorenhersteller stellt dies einen relativ aufwendigen Gesamtsetup dar. Im Hinblick auf die ab 2019 in Kraft tretende EU-Abgasstufe V mit noch einmal tieferen PM-Grenzwerten und zusätzlicher Limitierung der Partikelanzahl (PN) erscheint

dieser Weg aber konsequent. Leistungs- und Emissionsmessungen auf einem Zapfwellenprüfstand deuten darauf hin, dass der aktuell von John Deere verwendete Setup bereits EU-Stufe-V-ready sein dürfte [7].

ZUSAMMENFASSUNG

Am Beispiel des 6,8-l-Motors von John Deere lässt sich der hohe, durch die Abgasgesetzgebung getriebene Entwicklungsaufwand bei Traktormotoren in den letzten 20 Jahren sehr gut aufzeigen. Klassisches Downsizing wird hier kaum umgesetzt, es kommt vielmehr der Ansatz höhere Mitteldrücke bei gleichem Hubraum zur Anwendung. Die damit einhergehenden Drehmoment- und Leistungssteigerungen sind groß. Elektronische Motorregelung, Vierventiltechnik, Turboaufladung, Ladeluftkühlung und Common-Rail-Einspritzung gehören bei modernen Traktormotoren ebenso zum Standardumfang wie die Abgasnachbehandlungssysteme DOC und SCR. Mit der EU-Abgasstufe V werden ab 2019 voraussichtlich alle Hersteller auch DPF-Systeme einsetzen. Damit dürften sich nicht nur die Grenzwerte für NO_x, PM und PN denjenigen von Euro-VI-Lastwagen angleichen, sondern auch die hierfür erforderlichen Motor- und Abgastechnologien.

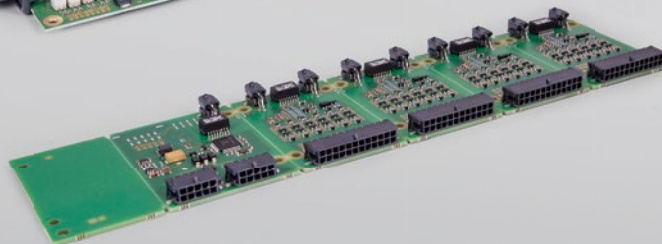
LITERATURHINWEISE

- [1] Renius, K. T.: Traktoren 1993/94. In: ATZ 96 (1994), Nr. 7/8, S. 460–470
- [2] Renius, K. T.: Traktoren und Erdbaumaschinen – Dieselmotoren: Motorisierungskonzepte, Daten, Tankgröße. München: TU München, 1996
- [3] Förster, H. J.: Stufenlose Fahrzeuggetriebe in mechanischer, hydrostatischer, hydrodynamischer, elektrischer Bauart und in Leistungsverzweigung. Köln: TÜV Rheinland, 1996
- [4] Eifler, W.; et al.: Küttner Kolbenmaschinen. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2009
- [5] Rakopoulos, C.; Giakoumis, D.; Evangelos, G.: Diesel Engine Transient Operation. London: Springer London, 2009
- [6] Schreiner, K.: Basiswissen Verbrennungsmotor. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2015, S. 100–103
- [7] N. N.: Agroscope Traktortest-Nr. 2003/15 John Deere 6215R. Online: www.services.art.admin.ch/traktor/d/2015/Testbericht_JohnDeere-6215R_d.pdf, aufgerufen am 03.07.2017



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge: www.emag.springerprofessional.de/at-z-offhighway-worldwide



Intelligenz für
Li-Ion Batterien



STW
powerMELA-mBMS
für Lithium-Ionen Batterien

- Ausgereiftes, komplettes Batterie-Management-System
- Schnelle und einfache Integration
- Flexibel und offen
- Sicher und robust
- Modular und skalierbar

Messetermine



Agritechnica, Hannover
12.11. – 18.11.2017
Halle 15, Stand F49



SPS/IPC/DRIVES, Nürnberg
28.11. – 30.11.2017
Halle 7, Stand 150