

## Trends im Abgasverhalten landwirtschaftlicher Traktoren

### Neue Modelle deutlich sauberer

Manfred Rinaldi und Edwin Stadler, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

Seit 1994 wurden auf dem Motorenprüfstand der FAT bei den jährlichen Traktortests neben den bekannten Leistungs- und Verbrauchsdaten auch die Abgaskomponenten HC (unverbrannte Kohlenwasserstoffe), NOx (Stickoxide) und CO (Kohlenmonoxid) gemessen. Dieser Bericht befasst sich mit der Frage, wie sich das Abgasverhalten der gemessenen landwirtschaftlichen Traktoren über die Jahre hinweg entwickelt hat. Dazu wurden die Messwerte von 112 Traktoren der unterschiedlichsten Grösse und Marken mit statistischen Methoden (Varianzanalyse und Regression) analy-

siert. Mit Hilfe der Vorstellung eines «virtuellen Traktors» wurde ein Abgasmodell entwickelt, das statistisch abgesicherte, allgemeine Aussagen über das Abgasverhalten der in der Landwirtschaft verwendeten Traktoren zulässt. Der Trend der Ergebnisse dieser Analysen zeigt in die richtige Richtung. Der «virtuelle Traktor» der Bauart 2000 und 2001 ist deutlich sauberer als der «virtuelle Traktor» der Bauart 1994 bis 1998. Für HC liegt die Reduktion zwischen 31 und 40 %, für NOx liegt sie zwischen 10 und 18 % und bei CO finden wir eine solche zwischen 27 und 35 %.

Die Verminderungen der Abgasemissionen in absoluten Werten ausgedrückt, liegen für HC zwischen 5 und 11 g/h, bei NOx zwischen 18 und 86 g/h und für CO zwischen 9 und 41 g/h, je nach Arbeitsbelastung und verwendeter Traktorgrösse. Die in diesem Bericht dargestellten Werte und Tendenzen sind sehr erfreulich, obwohl die Abgasreduktion bei NOx eher bescheiden ausgefallen ist. Das Reduktionspotential ist sicher bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Neben den eigentlichen konstruktiven Verbesserungen der Motoren sind noch andere Faktoren für das Abgasverhalten der Traktoren verantwortlich. Zu erwähnen sind die elektronische Steuerung und Überwachung des Dieselmotors, stufenlose Antriebe mit integriertem Motor-Getriebe-Management, Abgasnachbehandlung mit Katalysatoren, ökonomische Fahrweise und nicht zuletzt die Verwendung von schwefelarmem Dieselloil oder Biodiesel.

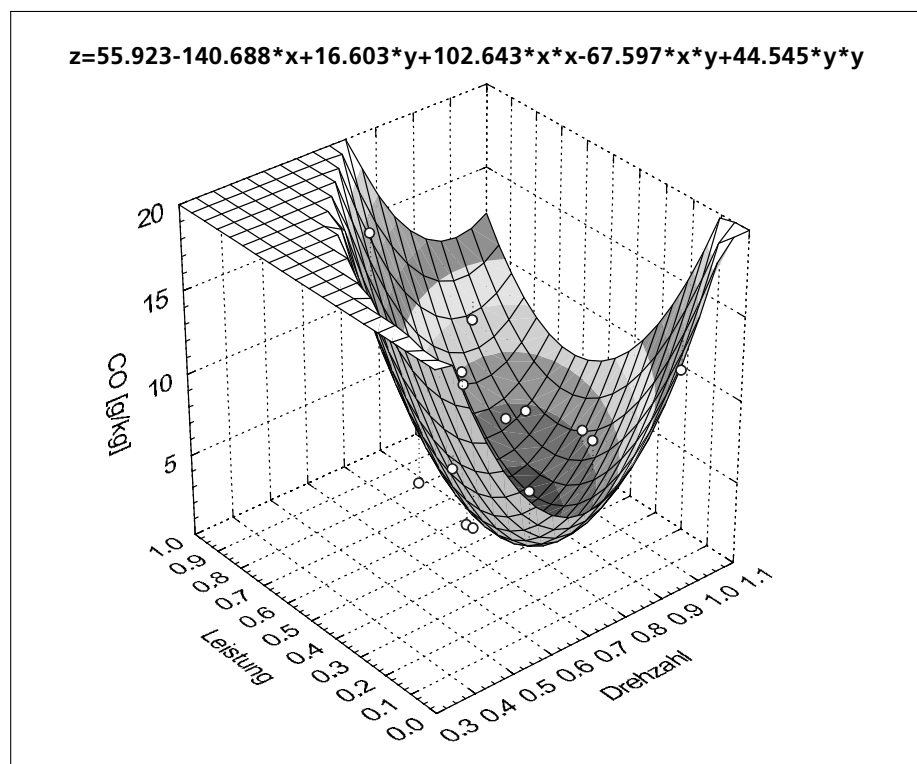


Abb. 1: Grafische Darstellung der statistischen Funktion (Regressionsfläche) für die Emission von CO (Kohlenmonoxid) in Abhängigkeit von Leistung und Drehzahl.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Messungen	2
Der «virtuelle Traktor»	2
Lastspektren ausgewählter Arbeiten	3
Das Abgasmodell	3
Bisherige Ergebnisse und Trends	4
Literatur	7

### Problemstellung

In den meisten europäischen Ländern ist der Umweltschutz und besonders die Reinhaltung der Luft eine zunehmend wichtige Angelegenheit. Studien haben gezeigt, dass der Off-road-Verkehr für einen bedeutenden Teil der Luftverschmutzung verantwortlich ist. Land- und forstwirtschaftliche Maschinen und Geräte produzieren etwa die Hälfte aller Dieselabgase des Off-road-Verkehrs in der Schweiz.

Es ist deshalb wichtig, den Stand der Dinge präziser darzustellen und sich abzeichnende Trends aufzuzeigen. Dies ist möglich, weil im Rahmen der jährlichen Traktortests auf dem Motorenprüfstand der FAT neben den Leistungs- und Verbrauchsdaten auch die Abgaskomponenten HC (unverbrannte Kohlenwasserstoffe), **NO<sub>x</sub>** (Stickoxide) und **CO** (Kohlenmonoxid) gemessen werden.

### Messungen

Den verwendeten Daten liegen Messungen an 112 verschiedenen Traktoren der unterschiedlichsten Grössen, Typen und Hersteller zugrunde. Jeder dieser Traktoren wurde nach zwei verschiedenen Testzyklen gemessen. Erstens nach ISO 8178 8-Stufen-Test C1 und zweitens nach einem FAT-internen 6-Stufen-Test. Der FAT-Test repräsentiert die tatsächlichen Arbeitspunkte des Motors beim praktischen Einsatz in der Landwirtschaft besser. Pro Traktor ergeben sich so 14 verschiedene Messpunkte, jeweils für die Abgaskomponenten HC, NO<sub>x</sub> und CO. Zudem sind sämtliche Leistungs- und Verbrauchsdaten verfügbar.

### Der «virtuelle Traktor»

Die messpunktweise Auswertung der umfangreichen Datengrundlage mittels Varianzanalyse führte uns zur Modellannahme eines oder mehrerer «virtueller Traktoren». Der «virtuelle Traktor» existiert nicht wirklich und kann somit auch nicht direkt gemessen werden. Er besitzt aber die mittleren Eigenschaften eines Teils oder aller gemessenen realen Traktoren.

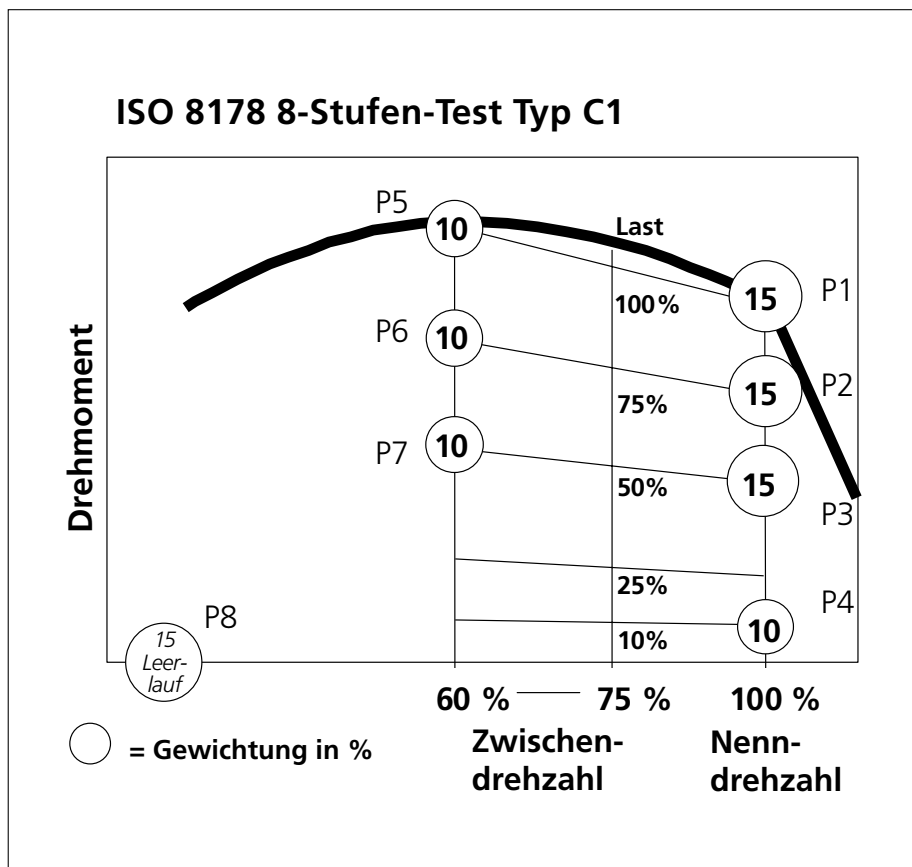


Abb. 2: Messpunkte und deren Gewichtung im ISO 8178 C1 8-Stufen-Test.

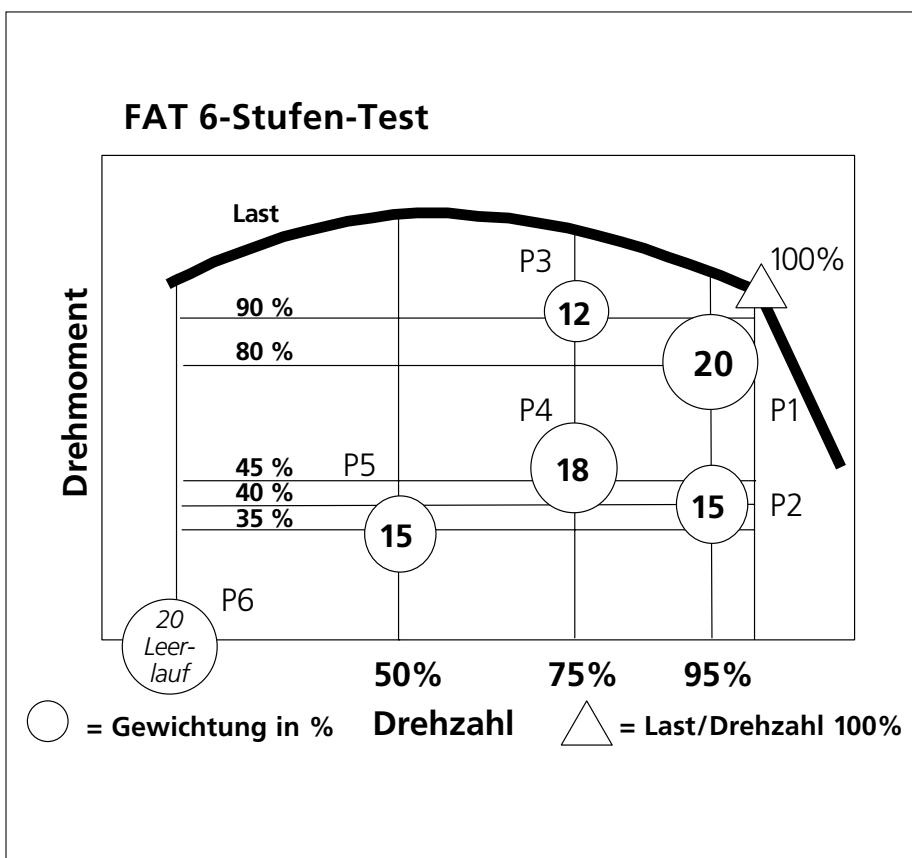


Abb. 3: Messpunkte und deren Gewichtung im FAT 6-Stufen-Test.

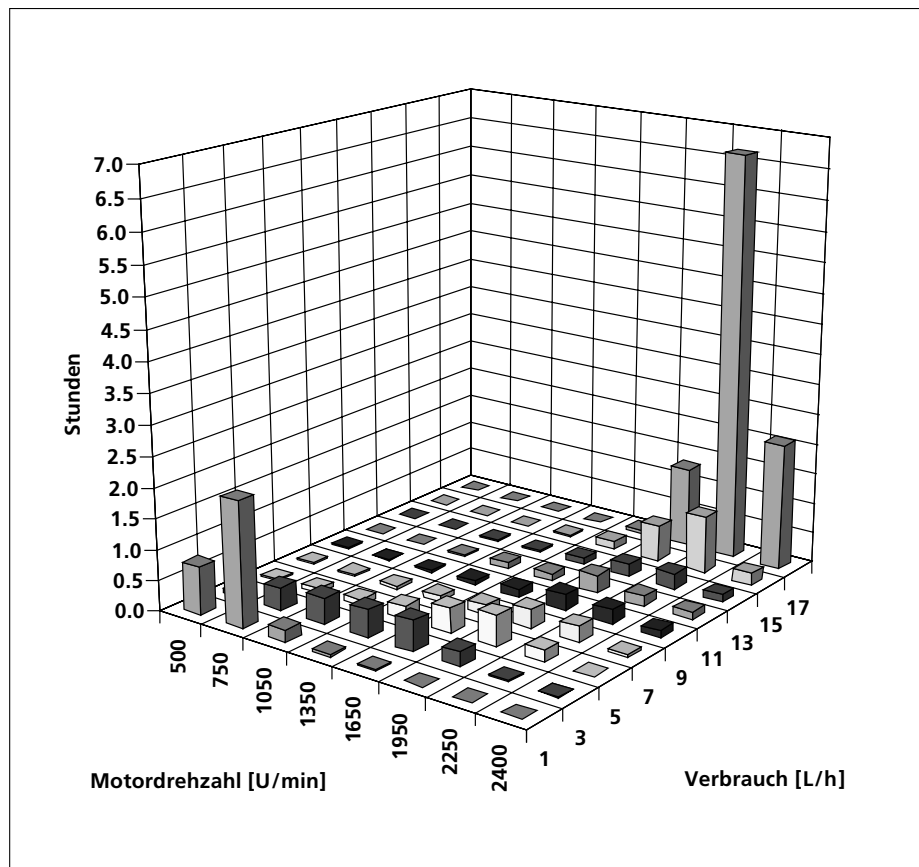


Abb. 4: Lastspektrum beim Arbeiten mit der Kreislegge. Der Motor ist stark ausgelastet.

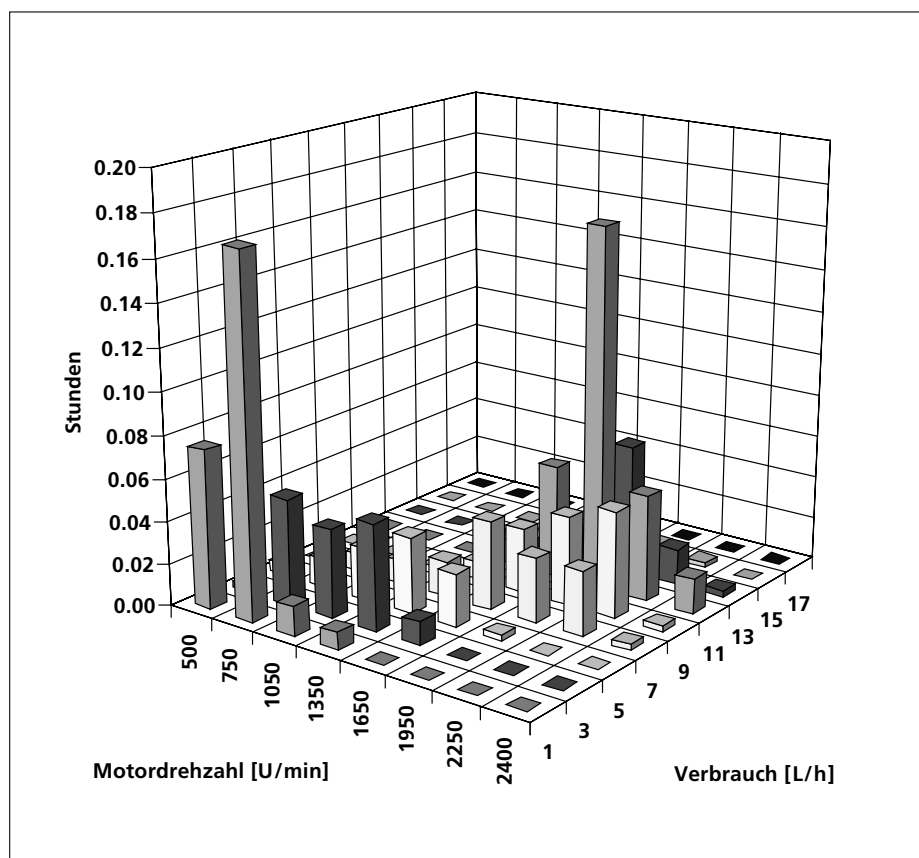


Abb. 5: Lastspektrum beim Arbeiten mit dem Kultivator. Das Spektrum ist breiter und der Leerlaufanteil ist bedeutend grösser.

### Lastspektren ausgewählter Arbeiten

Das Abgasverhalten von Dieselmotoren hängt vom Betriebspunkt, das heisst von Drehzahl und Belastung ab. Da bei der praktischen Arbeit diese beiden Grössen dauernd ändern, muss eine bestimmte Arbeit mit einem sogenannten Lastkollektiv oder Lastspektrum gekennzeichnet werden. Das Lastspektrum ist eine mathematische Matrix, die angibt, wie lange der Motor während einer beobachteten Arbeit in einem bestimmten Lastpunkt gelaufen ist. Lastspektren können im Fall von landwirtschaftlichen Arbeiten nur empirisch bestimmt werden, indem ein oder mehrere Traktoren mit entsprechenden Messgeräten ausgerüstet werden, die bei den gewünschten Arbeiten die Lastpunkte dauernd aufzeichnen. Diese Aufnahmen wurden auf dem Versuchsbetrieb der FAT während des Jahres 2000 durchgeführt. In Abbildungen 4 und 5 sind zwei unterschiedliche Lastspektren bildlich dargestellt. Das Lastspektrum der Kreislegge (Abb. 4) zeigt den grössten Zeitanteil bei hoher Leistung (bzw. grossem Treibstoffverbrauch, zirka 17 l/h) und hoher Drehzahl (zirka 2000 U/min). Einen kleineren Zeitanteil finden wir um den Leerlaufpunkt. Ganz verschieden davon ist das Lastspektrum des Kultivators (Abb. 5). Hier sind die Zeitanteile auf ein breites Feld verteilt mit Schwerpunkten bei zirka 12 l/h Treibstoffverbrauch und 1700 U/min und beim Leerlaufpunkt.

### Das Abgasmodell

Auf den ersten Blick ist es erstaunlich, dass es gelingt, ein allgemeines Abgasmodell für den «virtuellen Traktor» zu formulieren. Das Modell ist nicht ganz einfach. Gekrümmte Flächen, mathematisch beschrieben durch quadratische Polynome, stellen je eine Funktion für HC, NOx und CO pro «virtuellen Traktor» dar.

Die Formel für das verwendete Abgasmodell lautet:

$$z = B_0 + B_1 \cdot x + B_2 \cdot y + B_3 \cdot x^2 + B_4 \cdot x \cdot y + B_5 \cdot y^2$$

$x$  = Motordrehzahl in Bruchteilen der Nenn Drehzahl  
 $y$  = Motorleistung in Bruchteilen der Nennleistung  
 $z$  = Gesuchter Abgaswert in g/kg verbrauchter Treibstoff

Tab. 1: Regressionskoeffizienten und Bestimmtheitsmass für zwei verschiedenen «virtuelle Traktoren»

		1994 bis 1998 Mark 1			2000 und 2001 Mark 2		
		HC	NOx	CO	HC	NOx	CO
Konst.	<b>B<sub>0</sub></b>	22,086096	42,654119	59,541366	22,431559	77,487555	59,923132
Drehzahl	<b>B<sub>1</sub></b>	-34,831292	43,086753	-136,740617	-43,165023	-42,962901	-140,688147
Leistung	<b>B<sub>2</sub></b>	-18,127175	1,152576	1,970102	-11,930119	-21,451295	16,603271
Drehzahl x Drehzahl	<b>B<sub>3</sub></b>	24,538878	-65,032263	107,913991	26,628439	-3,352206	102,643465
Drehzahl x Leistung	<b>B<sub>4</sub></b>	-4,659842	49,397600	-89,220653	2,060018	22,886055	-67,596726
Leistung x Leistung	<b>B<sub>5</sub></b>	14,809898	-23,027257	74,658036	6,505419	6,362376	44,544618
Bestimmtheitsmass	<b>R</b>	0,98	0,96	0,96	0,98	0,99	0,94

In Tabelle 1 sind die Regressionskoeffizienten B<sub>0</sub> bis B<sub>5</sub> und das Bestimmtheitsmass R der Regression für zwei verschiedene «virtuelle Traktoren» Mark 1 (Bauart 1994 bis 1998) und Mark 2 (Bauart 2000 bis 2001) aufgeführt. Eine bildliche Veranschaulichung der Funktionen für HC, NOx und CO des «virtuellen Traktors» vT Mark 2 zeigen die Abbildungen 1, 6 und 7.

### Bisherige Ergebnisse und Trends

Es interessiert nun die Frage, wie sich das Abgasverhalten über die Jahre hinweg entwickelt hat. In einem Satz ausgedrückt: der Trend geht in die richtige Richtung.

Um das zu verdeutlichen, wurden zwei verschiedene «virtuelle Traktoren» betrachtet. Die Unterteilung ist willkürlich und könnte auch anders gemacht werden:  
 «virtueller Traktor» Mark 1:  
 1994 bis 1998  
 «virtueller Traktor» Mark 2:  
 2000 und 2001

In Tabelle 2 und Abbildungen 8 bis 10 sind die Abgaswerte HC, NOx und CO dieser zwei «virtuellen Traktoren» für jeden Messpunkt des ISO- und FAT-Tests-Zyklus' und der Durchschnitt für den jeweiligen Testzyklus aufgetragen. Mit Ausnahme der Leerlaufpunkte P8 beim ISO-Zyklus und P6 beim FAT-Zyklus sowie bei den Punkten mit niedriger Last P4 beim ISO-Zyklus und P5 beim FAT-Zyklus und nur für NOx zeigen sämtliche anderen Werte eine fallende Tendenz. Diese Tatsache ist sehr erfreulich. Wie sieht nun die konkrete Reduktion der Abgasemissionen aus? Dazu wurde die beschriebene Modellrechnung mit drei unterschiedlich grossen Traktoren und sechs verschiedenen landwirtschaftlichen Arbeiten durchgeführt.

$$z=22.432-43.165*x-11.93*y+26.628*x*x+2.06*x*y+6.505*y*y$$

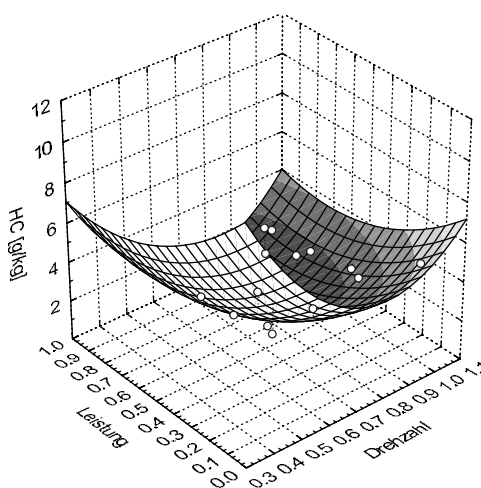


Abb. 6: Grafische Darstellung der statistischen Funktion (Regressionsfläche) für die Emission von HC (unverbrannte Kohlenwasserstoffe) in Abhängigkeit von Leistung und Drehzahl.

$$z=77.488-42.963*x-21.451*y-3.352*x*x+22.886*x*y+6.362*y*y$$

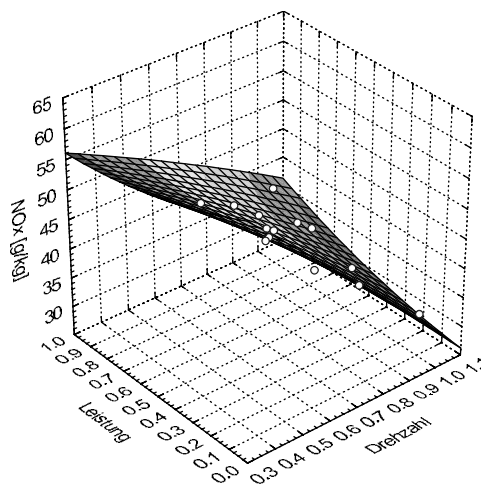


Abb. 7: Grafische Darstellung der statistischen Funktion (Regressionsfläche) für die Emission von NOx (Stickoxide) in Abhängigkeit von Leistung und Drehzahl.

**Tab. 2: Emissionswerte in g/kg verbrauchten Treibstoff der einzelnen Messpunkte für zwei verschiedene «virtuelle Traktoren»**

	HC		NOx		CO	
	vT Mark 1	vT Mark 2	vT Mark 1	vT Mark 2	vT Mark 1	vT Mark 2
	1994 bis 1998	2000 u. 2001	1994 bis 1998	2000 u. 2001	1994 bis 1998	2000 u. 2001
ISO P1	2,72	1,85	47,2	38,0	11,82	7,21
ISO P2	3,16	2,05	43,2	35,3	5,91	3,58
ISO P3	4,17	2,51	36,9	32,8	7,51	4,63
ISO P4	10,05	4,99	26,6	32,3	21,70	11,95
ISO P5	2,20	1,49	51,8	45,5	20,45	17,33
ISO P6	2,87	1,72	57,9	48,8	4,94	4,03
ISO P7	3,96	2,36	52,0	47,2	5,21	3,46
ISO P8	13,15	9,99	51,8	61,6	25,18	18,42
FAT P1	3,28	2,09	49,9	37,2	5,05	3,53
FAT P2	4,83	3,02	38,2	33,1	9,02	5,64
FAT P3	3,21	1,91	56,7	44,0	4,85	3,24
FAT P4	4,97	2,96	44,9	40,8	8,38	5,03
FAT P5	6,28	4,27	51,8	55,5	11,07	7,11
FAT P6	13,75	11,19	47,7	59,8	27,02	19,16
Durchschnitt	5,61	3,74	46,9	43,7	12,01	8,17
Reduktion %	-	33,3	-	6,8	-	32,0
Reduktion g/kg	-	1,87	-	3,2	-	3,84

Drehzahl und Leistung jeder Säule des entsprechenden Lastspektrums wurden in obige Regressionsformel für jedes der drei Abgaskomponenten HC, NOx und CO eingesetzt. Das ergibt die Abgasmasse an dem entsprechenden Punkt in Gramm pro kg verbrauchten Treibstoffes. Diese Werte wurden sodann mit dem absoluten Treibstoffverbrauch der realen Traktoren T1, T2 und T3 und dem Zeitanteil aus dem jeweiligen Lastspektrum multipliziert. Die auf eine Stunde bezogene Summe aller dieser Werte ergibt die gesuchten Abgasmassen der Komponenten HC, NOx und CO in Gramm pro Stunde für verschiedene «virtuelle Traktoren» der Bauart 1994 bis 1998 (Mark 1) und der Bauart 2000 bis 2001 (Mark 2) und den Nennleistungen von T1, T2 und T3. Auf eine einfache Formel gebracht kann man sagen: Es werden die Abgasmassen verglichen, die bei der Ausführung von Arbeiten entstehen, wenn diese einmal mit «virtuellen Traktoren» der Bauart 1994 bis 1998 und den Nennleistungen von T1, T2 und T3 und das andere Mal mit «virtuellen Traktoren» der Bauart 2000 bis 2001 und den selben Nennleistungen ausgeführt werden.

Abb. 8 bis 10: Grafische Darstellung der Emissionswerte für die Messpunkte des ISO 8178 C1 8-Punkte-Tests und des FAT 6-Punkte-Tests, jeweils für die Komponenten HC, NOx und CO.

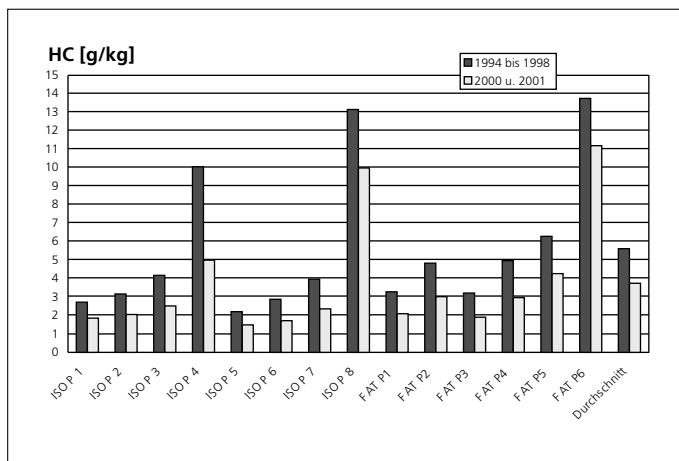


Abb. 8

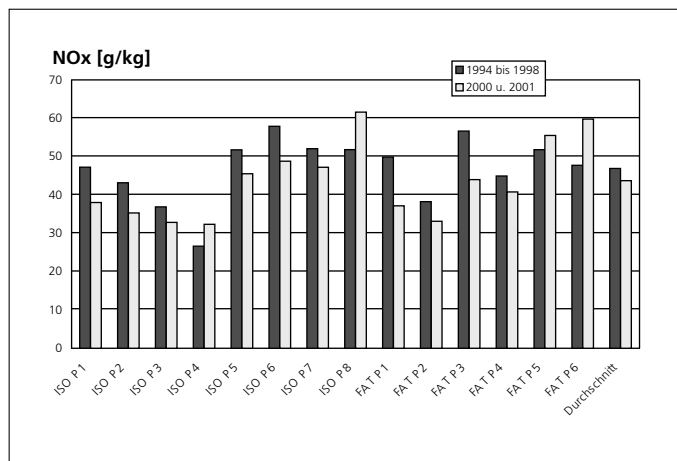


Abb. 9

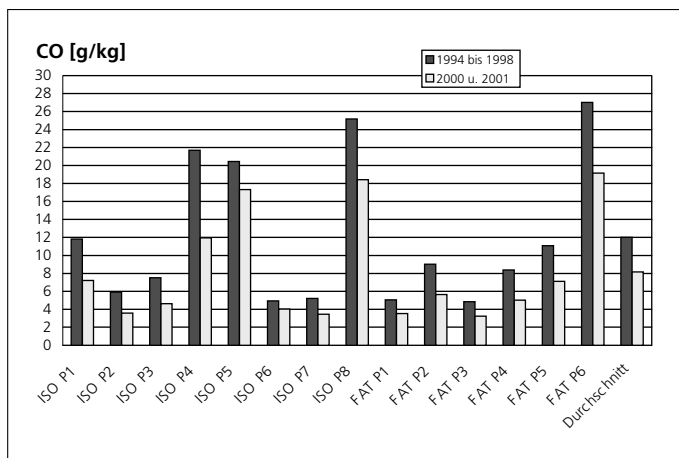


Abb. 10

Traktor 1: 50 kW Nennleistung, maximaler Treibstoffverbrauch 13.0 kg/h  
 Traktor 2: 62 kW Nennleistung, maximaler Treibstoffverbrauch 15.8 kg/h  
 Traktor 3: 78 kW Nennleistung, maximaler Treibstoffverbrauch 19.4 kg/h

- Arbeit 1: schwere Transportarbeit mit Traktor 1
- Arbeit 2: Dünger streuen, pneumatisch mit Traktor 1
- Arbeit 3: schwere Transportarbeit mit Traktor 2
- Arbeit 4: Kultivator mit Traktor 2
- Arbeit 5: Kreiselegge mit Traktor 2
- Arbeit 6: schwere Transportarbeit mit Traktor 3

**Tab. 3: Emissionswerte, jeweils für HC, NOx und CO, in g/h für sechs verschiedene Arbeiten, mit drei Traktoren unterschiedlicher Nennleistung, berechnet mit den Modelldaten von zwei unterschiedlich sauberen «virtuellen Traktoren» Mark 1 und Mark 2.**

	vT Mark 1		vT Mark 2		Reduktion	
	1994 bis 1998	2000 und 2001	g/h	%	g/h	%
<b>HC [g/h]</b>						
A 1 mit T1	23,8	16,3	7,5	31,51		
A 2 mit T1	16,8	11,3	5,5	32,74		
A 3 mit T2	22,3	14,4	7,9	35,43		
A 4 mit T2	21,1	14,5	6,6	31,28		
A 5 mit T2	27,7	16,6	11,1	40,07		
A 6 mit T3	35,5	23,8	11,7	32,96		
<b>NOx [g/h]</b>						
A 1 mit T1	228,8	195,6	33,2	14,51		
A 2 mit T1	177,9	159,3	18,6	10,46		
A 3 mit T2	285,2	238,8	46,4	16,27		
A 4 mit T2	282,0	246,7	35,3	12,52		
A 5 mit T2	475,6	388,9	86,7	18,23		
A 6 mit T3	320,3	275,7	44,6	13,92		
<b>CO [g/h]</b>						
A 1 mit T1	52,3	35,4	16,9	32,31		
A 2 mit T1	28,1	18,9	9,2	32,74		
A 3 mit T2	55,1	35,6	19,5	35,39		
A 4 mit T2	44,7	32,5	12,2	27,29		
A 5 mit T2	118,2	77,2	41,0	34,69		
A 6 mit T3	69,8	45,9	23,9	34,24		

Wie man aus Tabelle 3 und aus Abbildungen 11 bis 13 ersieht, ist die Reduktion zwischen dem «virtuellen Traktor 1994 bis 1998», Mark 1 und einem solchen der neueren Bauart 2000 und 2001, Mark 2, beträchtlich. Für HC liegt die Reduktion zwischen 31 und 40 %, für NOx liegt sie zwischen 10 und 18 % und bei CO finden wir eine solche zwischen 27 und 35 %. Die Verminderungen der Abgasemissionen in absoluten Werten ausgedrückt liegen für HC zwischen 5 und 11 g/h, bei NOx zwischen 18 und 86 g/h und für CO zwischen 9 und 41 g/h, je nach Schwere der Arbeit und verwendeter Traktorgrosse.

*Abb. 11 bis 13: Grafische Darstellung der Emissionswerte, jeweils für HC, NOx und CO, in g/h für sechs verschiedene Arbeiten mit drei Traktoren unterschiedlicher Nennleistung, berechnet mit den Modelldaten von zwei unterschiedlich sauberen «virtuellen Traktoren» Mark 1 und Mark 2.*

- A1 mit T1 = schwere Transporte mit Traktor T1, 50 kW
- A2 mit T1 = Dünger streuen pneumatisch mit Traktor T1, 50 kW
- A3 mit T2 = schwere Transporte mit Traktor T2, 62 kW
- A4 mit T2 = Kultivator mit Traktor T2, 62 kW
- A5 mit T2 = Kreiselegge mit Traktor T2, 62 kW
- A6 mit T3 = schwere Transporte mit Traktor T3, 78 kW

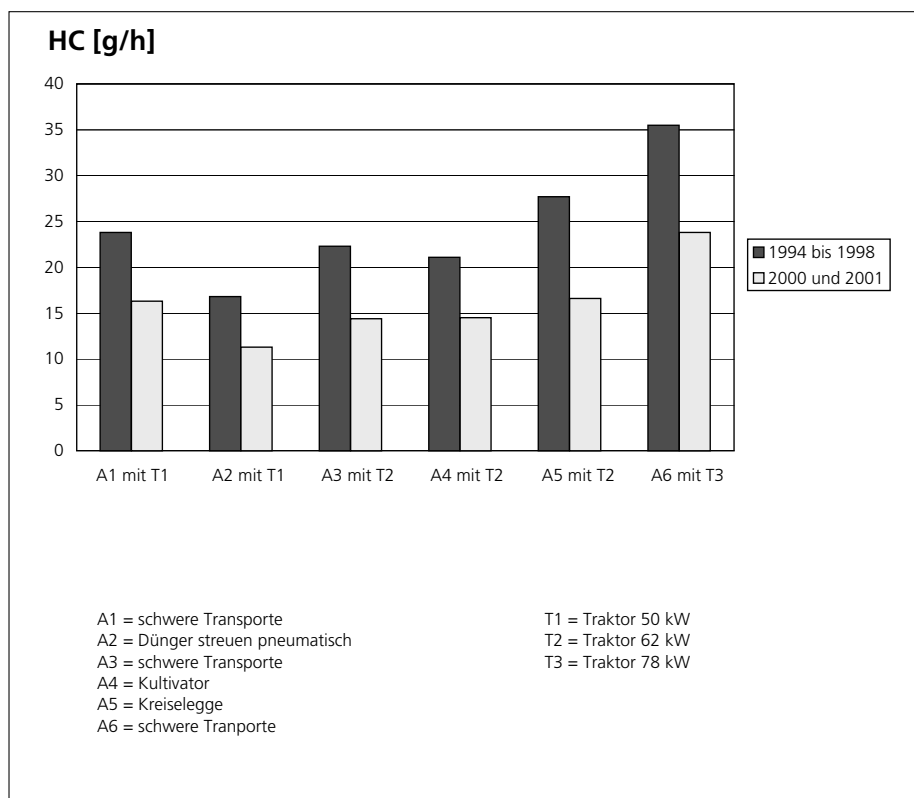


Abb. 11

## Literatur

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 1996. Luft, Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch des Offroad-Sektors. Umweltmaterialien Nr. 49.

Rinaldi M. und Naef E., 1992. Motorauslastung von Landwirtschaftstraktoren. Strassenfahrzeugtest für Traktoren ungeeignet. FAT-Berichte Nr. 426.

Rinaldi M., Stadler E., Schiess I. und Jäckle H.W., 1997. Pflanzenölgemische als Dieseltreibstoff. Erste Prüfstandversuche erfolgreich. FAT-Berichte Nr. 502.

Rinaldi M., 1999. Treibstoffverbrauch und Abgase landwirtschaftlicher Traktoren. Agrarforschung 6 (6), 212–214.

Stadler E., 2001. Der Katalysator, ein Allheilmittel für den Traktor? Wirkung und Langzeitverhalten eines Abgaskatalysators an einem Obstbautraktor mit Dieselmotor. FAT-Berichte Nr. 559.

Stadler E. und Schiess I., 1998. Geprüfte Traktoren. Erstmals mit Daten über das Emissionsverhalten. FAT-Berichte Nr. 524.

Stadler E. und Schiess I., 2000. Leistungssteigerung am Traktormotor. Einfluss von Abgasturbolader und Ladeluftkühlung auf das Leistungs-, Verbrauchs- und Abgasverhalten an einem Traktor. FAT-Berichte Nr. 555.

Wolfensberger U., Stadler E. und Schiess I., 1998. Neue Dieseltreibstoffe. Richtungweisende ökologische Entwicklung. FAT-Berichte Nr. 521.

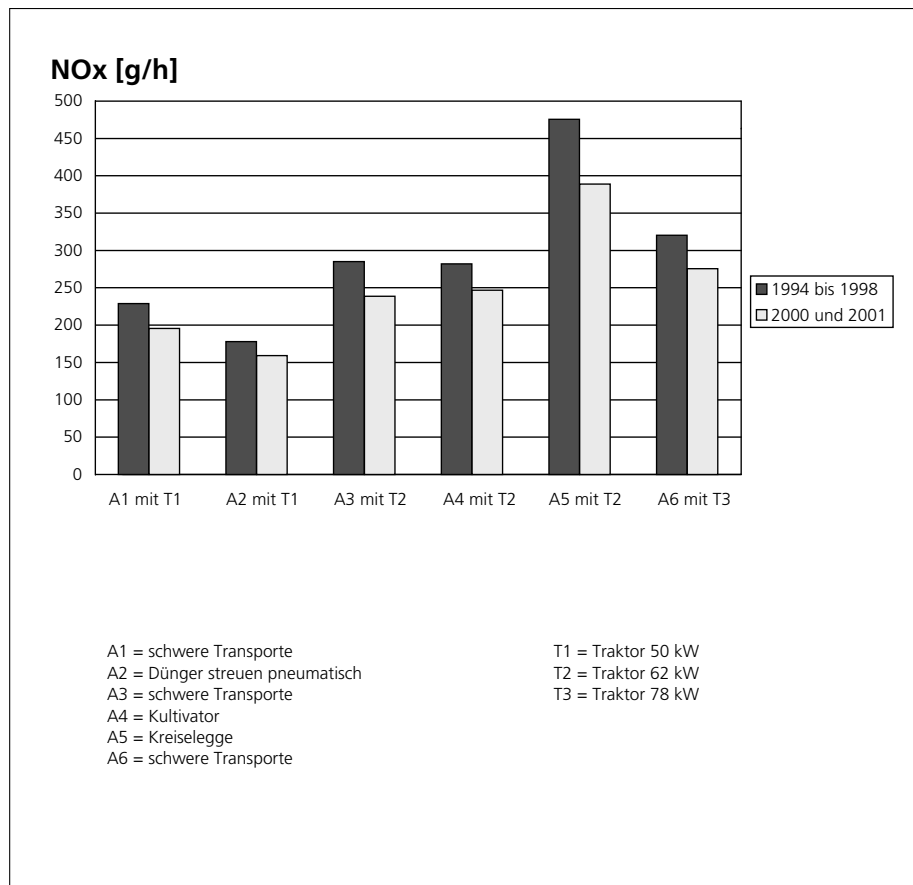


Abb. 12

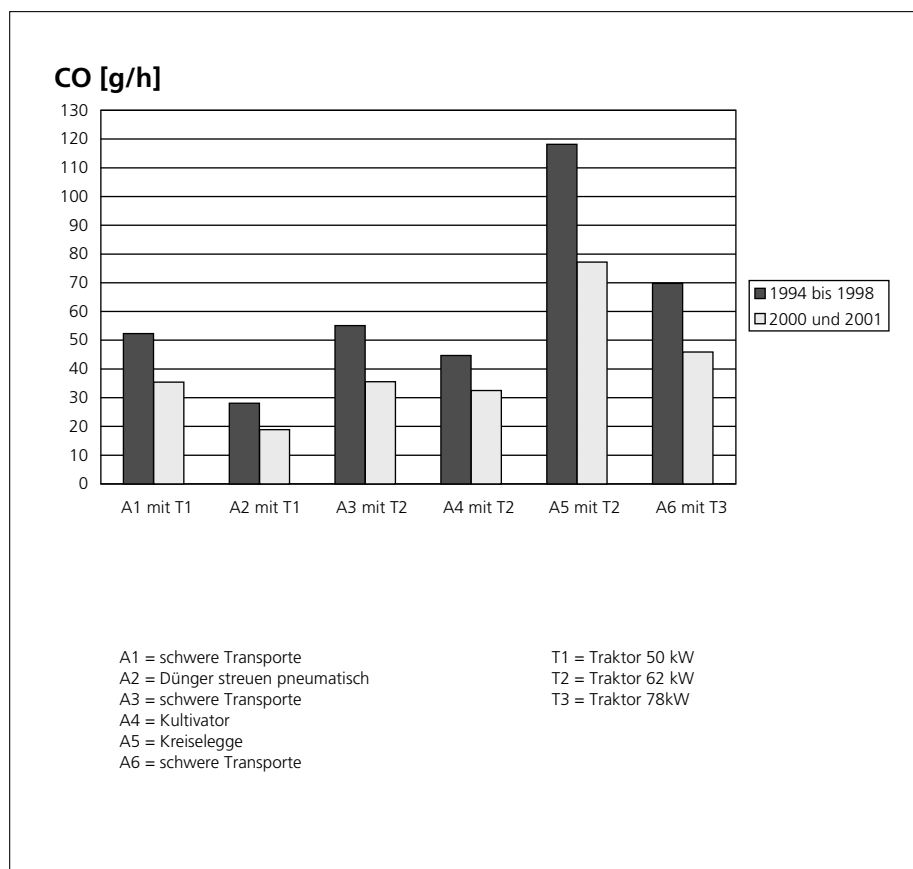


Abb. 13

Anfragen über das behandelte Thema und über andere landtechnische Probleme sind an die unten aufgeführten Berater für Landtechnik zu richten. Weitere Publikationen und Prüfberichte können direkt bei der FAT Tänikon, CH-8356 Ettenhausen angefordert werden. (Tel. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90). E-Mail: [doku@fat.admin.ch](mailto:doku@fat.admin.ch), Internet: <http://www.fat.ch>

- ZH** Merk Konrad, Strickhof,  
8315 Lindau, Telefon 052 354 99 60  
Blum Walter, Strickhof,  
8315 Lindau, Telefon 052 354 99 60  
Kramer Eugen, Strickhof,  
8315 Lindau, Telefon 052 354 99 60
- BE** Jutzeler Martin, Inforama Berner Oberland,  
3702 Hondrich, Telefon 033 654 95 45  
Hügi Kurt, Inforama Seeland,  
3232 Ins, Telefon 032 312 91 11  
Marti Fritz, Inforama Rütli und Waldhof,  
3052 Zollikofen, Telefon 031 910 52 10  
Hofmann Hans Ueli, Inforama Schwand,  
3110 Münsingen, Telefon 031 720 11 21
- LU** Moser Anton, LBBZ Schüpfheim,  
6170 Schüpfheim, Telefon 041 485 88 00  
Hodel René, LBBZ, Centralstr. 21,  
6210 Sursee, Telefon 041 925 74 74  
Marti Pius, LBBZ Schüpfheim,  
6170 Schüpfheim, Telefon 041 485 88 00  
Widmer Norbert, LMS,  
6276 Hohenrain, Telefon 041 910 26 02
- UR** Landw. Beratungsdienst, Aprostr. 44,  
6462 Seedorf, Telefon 041 871 05 66
- SZ** Landolt Hugo, Landw. Schule Pfäffikon,  
8808 Pfäffikon, Telefon 055 415 79 22
- OW** Müller Erwin, BWZ Obwalden,  
6074 Giswil, Telefon 041 675 16 16  
Landwirtschaftsamt, St. Antonistr. 4,  
6061 Sarnen, Telefon 041 666 63 58
- NW** Wolf Franz, Landwirtschaftsamt, Kreuzstr. 2,  
6371 Stans, Telefon 041 618 40 07
- GL** Amt für Landwirtschaft, Postgasse 29,  
8750 Glarus, Telefon 055 646 67 00
- ZG** Gut Willy, LBBZ Schluechthof,  
6330 Cham, Telefon 041 784 50 50  
Furrer Jules, LBBZ Schluechthof,  
6330 Cham, Telefon 041 784 50 50
- FR** Krebs Hans, Landw. Institut Freiburg (IAG),  
1725 Posieux, Telefon 026 305 58 50
- SO** Wyss Stefan, Landw. Bildungszentrum Wallierhof,  
4533 Riedholz, Telefon 032 627 09 62
- BL** Ziörjen Fritz, Landw. Zentrum Ebenrain,  
4450 Sissach, Telefon 061 976 21 21
- SH** Landw. Beratungszentrum Charlottenfels,  
8212 Neuhausen, Telefon 052 674 05 20
- AI** Koller Lorenz, Gaiserstrasse 8,  
9050 Appenzell, Telefon 071 788 95 76
- AR** Vuilleumier Marc, Landwirtschaftsamt AR,  
9102 Herisau, Telefon 071 353 67 56
- SG** Lehmann Ueli, Landw. Schule Rheinhof,  
9465 Salez, Telefon 081 758 13 19  
Steiner Gallus, Landw. Schule Flawil,  
9230 Flawil, Telefon 071 394 53 53
- GR** Föhn Josef, Landw. Schule Plantahof,  
7302 Landquart, Telefon 081 307 45 25
- AG** Müri Paul, LBBZ Liebegg,  
5722 Gränichen, Telefon 062 855 86 27
- TG** Herrmann Samuel, LBBZ Arenenberg, Fachstelle  
Betriebsberatung und Landtechnik, Amriswilerstr. 50,  
8570 Weinfelden, Telefon 071 622 10 22
- TI** Müller Antonio, Ufficio consulenza agricola,  
6501 Bellinzona, Telefon 091 814 35 53

Landwirtschaftliche Beratungszentrale, Abt. Landtechnik, 8315 Lindau, Telefon 052 354 97 58

Die FAT-Berichte erscheinen in zirka 20 Nummern pro Jahr. – Jahresabonnement Fr. 50.–. Bestellung von Abonnements und Einzelnummern: FAT, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen. Tel. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90.  
E-Mail: [doku@fat.admin.ch](mailto:doku@fat.admin.ch) – Internet: <http://www.fat.ch> – Die FAT-Berichte sind auch in französischer Sprache als «Rapports FAT» erhältlich. – ISSN 1018-502X.