

Expertenwissen

Bodenkarte

Fernerkundung

Ortung

# Precision Farming: Nutzen für die nachhaltige Landbewirtschaftung und den Ökolandbau



**Innovations-Workshop II**  
**Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL)**  
17. Oktober 2011  
Frick (Schweiz)

# ? Konventioneller Landbau ? – Nostalgie in der Bevölkerung

(The Harvesters, Bruegel 1565,  
Oil on wood, 118.1 x 160.7 cm) ,  
Metropolitan Museum of Art, New York )



- **Begriffe (Klarstellung) und Präzision**
- **Precision Farming mehr als Teilschlagtechnik**
  - Betriebsmanagement
  - Bestandesmanagement
  - Maschinenmanagement
  - Arbeitsmanagement
- **Precision Farming auf neuen Wegen**
  - Antriebstechnik im Umbruch
  - Klein *contra/oder/und* groß
  - Automatisierung morgen
- **Precision Farming und Ökolandbau**
  - Dokumentation = A und O
  - Arrondierung garantiert Mindestabstände
  - Spurführung mit anderen Augen gesehen
  - Automatisierung ersetzt Handarbeit
- **Schlussfolgerungen**

**Konventionell \*** = althergebracht, altherkömmlich, altüberkommen, altüberliefert, eingebürgert, eingefahren, eingeführt, etabliert, gängig, hergebracht, herkömmlich, klassisch, konservativ, landläufig, traditionell, überliefert; (gehoben) überkommen; (bildungssprachlich) tradiert

- **Etwa 8.000 v. Chr. bis 1850 nur** (ausschließlich) **Biolandbau** (nur in D) und ab 1980 erneut Biolandbau, also über 98,7 % der Ackerbauzeitspanne
- weltweit spricht man vom organischen Landbau (Organic Farming), obwohl es der konventionelle Landbau ist !?

**Precision Farming** = *Präzisionslandwirtschaft*  
*präzise Landbewirtschaftung (auch englisch)*  
*präziser Ackerbau (mehr amerikanisch)*

**Irrtümlich:**

*Definitions of precision agriculture vary widely but would normally concern infield spatial variability in one way or another (STAFFORD, J., Editor "Precision Agriculture", distributed by mail to the reviewer of paper proposals ECPA2011 Prague).*

\* <http://www.duden.de/rechtschreibung/konventionell>

# Die erste Idee von Precision Farming 1770 ?

---

*„Da wir bald eine neue Chartre von hiesigem Hochstifte erhalten werden: So wäre zu wünschen, daß auch eine dergleichen, worauf nach gehöriger Vergrößerung überall die Beschaffenheit des Bodens angezeigt wäre, verfertigt würde; es könnte solches bloß durch Farben geschehen und zugleich in den Farben wiederum der Unterschied angebracht werden, daß z. E. der beste Weidegrund durch **Dunkelgrün**, der mittlere durch etwas **hellere** und der schlechteste durch **noch hellere** angezeigt würde. In der Erfassung; wodurch ... , würde durch eine Schattierung von Rot, Gelb, Blau oder Schwarz angezeigt, ob Mergel-, Sand- oder Moorgrund anzutreffen wäre; ...*

*Man könnte auch auf jeden Fleck durch Nummern die Tiefe einer Lage oder deren Abstand von einer gewissen angenommenen Linie, wie auf Seekarten, bemerken. ...*

*Außer dieser Chartre müßten wir noch eine andere haben, worauf die ganze Fläche, so wie sie sich in 6, 7 oder 8 Schuh tief unter der Erde befände verzeichnet würde, so daß, wenn man erstere Chartre auf die andere legte, man sogleich sehen könnte, wie es in vorgedachter Tiefe beschaffen wäre. Man würde solches durch Erdbohrer bald untersuchen und geometrisch auftragen können. ...“*

Source: Möser, J.: Nützliche Beilage zum Osnabrücker Intelligenzblatt. Osnabrück, 26. Mai 1770

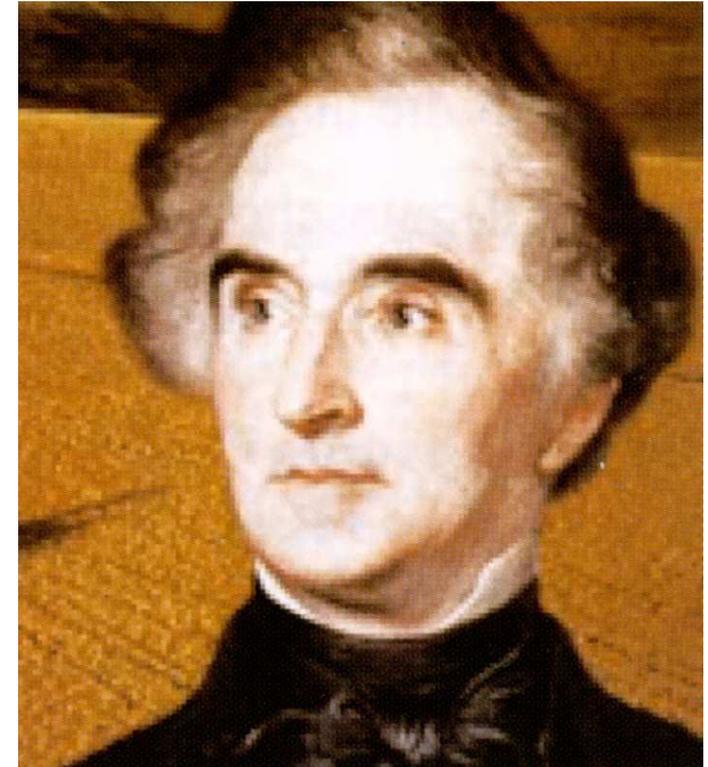
# Präzision – eine Vision etwa um 1850

---

„... . Eines Tages so versprach Liebig:

*Werde der Landwirt in der Lage sein, bei der Ernte den genauen Ertrag seiner Felder festzustellen, wie der Buchhalter einer gut geführten Fabrik; durch einfache Kalkulation könne er dann Substanzen, die er jedem Feld ersetzen muß, exakt bestimmen, auch mengenmäßig, um die Fruchtbarkeit wiederherzustellen (85).*

Seine Arbeit brachte .. „



**Mit Elektronik in der Landtechnik können wird das heute,  
nach 150 Jahren !**

\* In: Brock, H.: Justus von Liebig. Braunschweig: Vieweg Verlagsgesellschaft 1999, S. 148

## ➤ **Begriffe (Klarstellung) und Präzision**

## ➤ **Precision Farming mehr als Teilschlagtechnik**

- Betriebsmanagement
- Bestandesmanagement
- Maschinenmanagement
- Arbeitsmanagement

## ➤ **Precision Farming auf neuen Wegen**

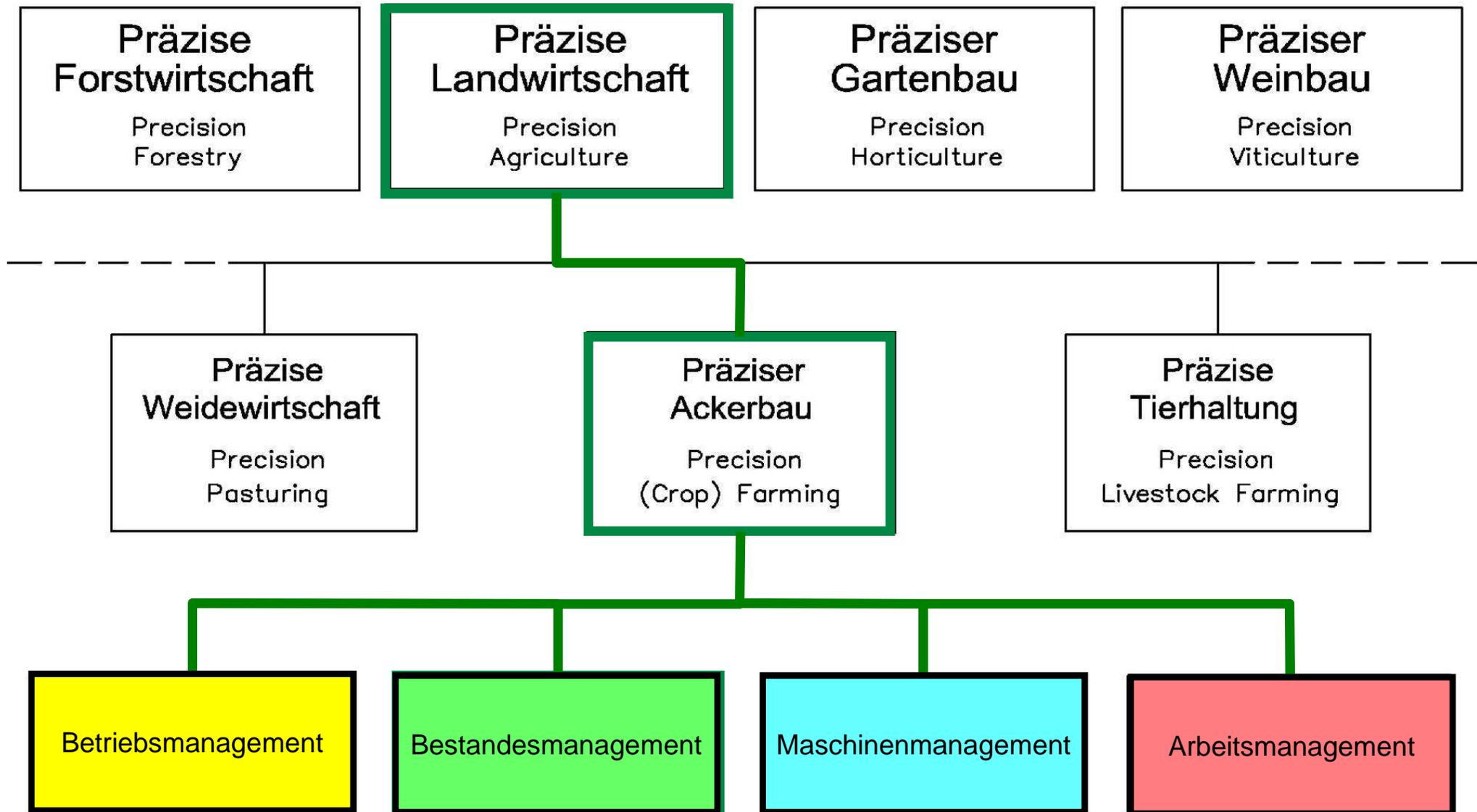
- Antriebstechnik im Umbruch
- Klein *contra/oder/und* groß
- Automatisierung morgen

## ➤ **Precision Farming und Ökolandbau**

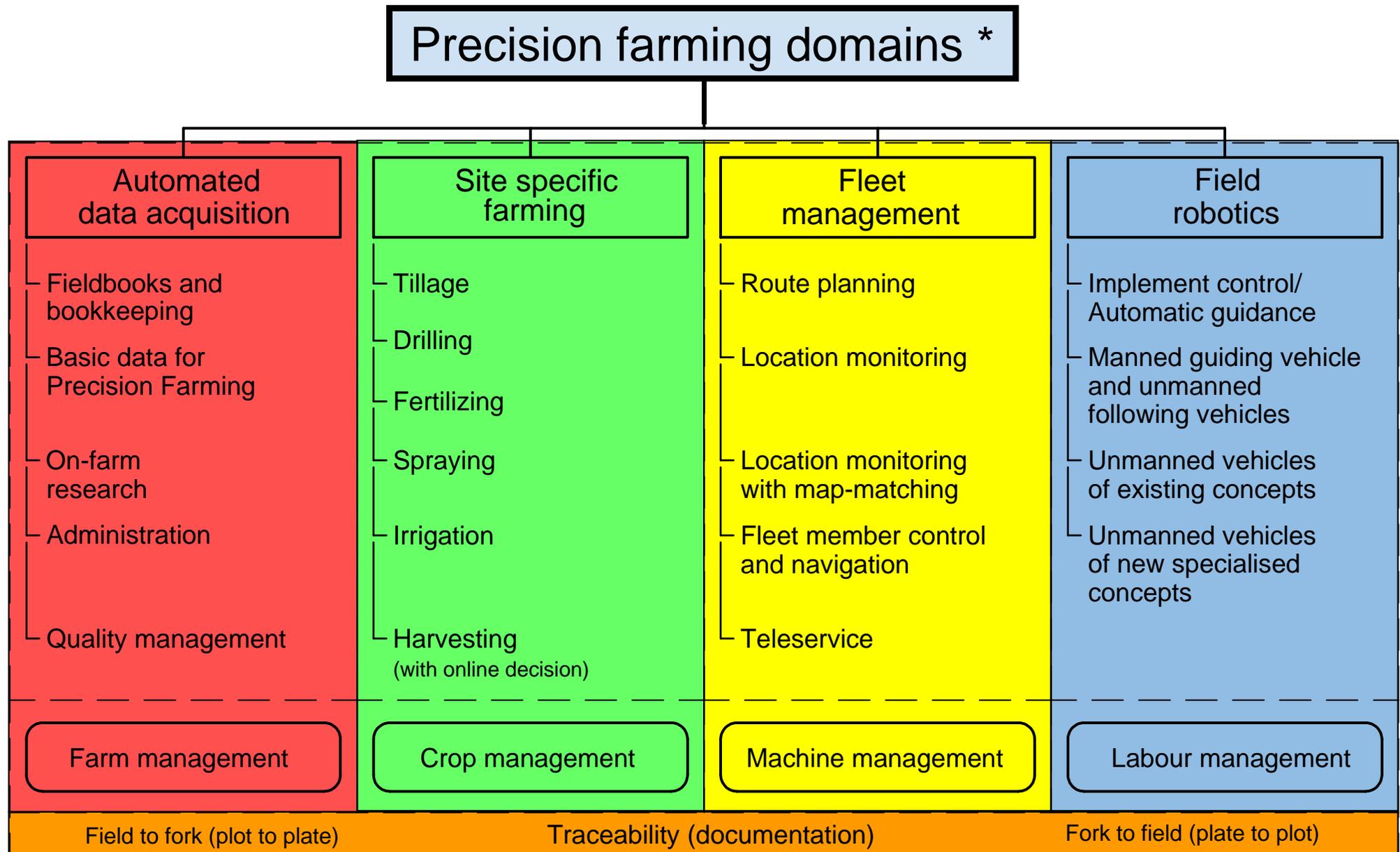
- Dokumentation = A und O
- Arrondierung garantiert Mindestabstände
- Spurführung mit anderen Augen gesehen
- Automatisierung ersetzt Handarbeit

## ➤ **Schlussfolgerungen**

# Von Präzisionslandwirtschaft zur „präzisen Landnutzung“

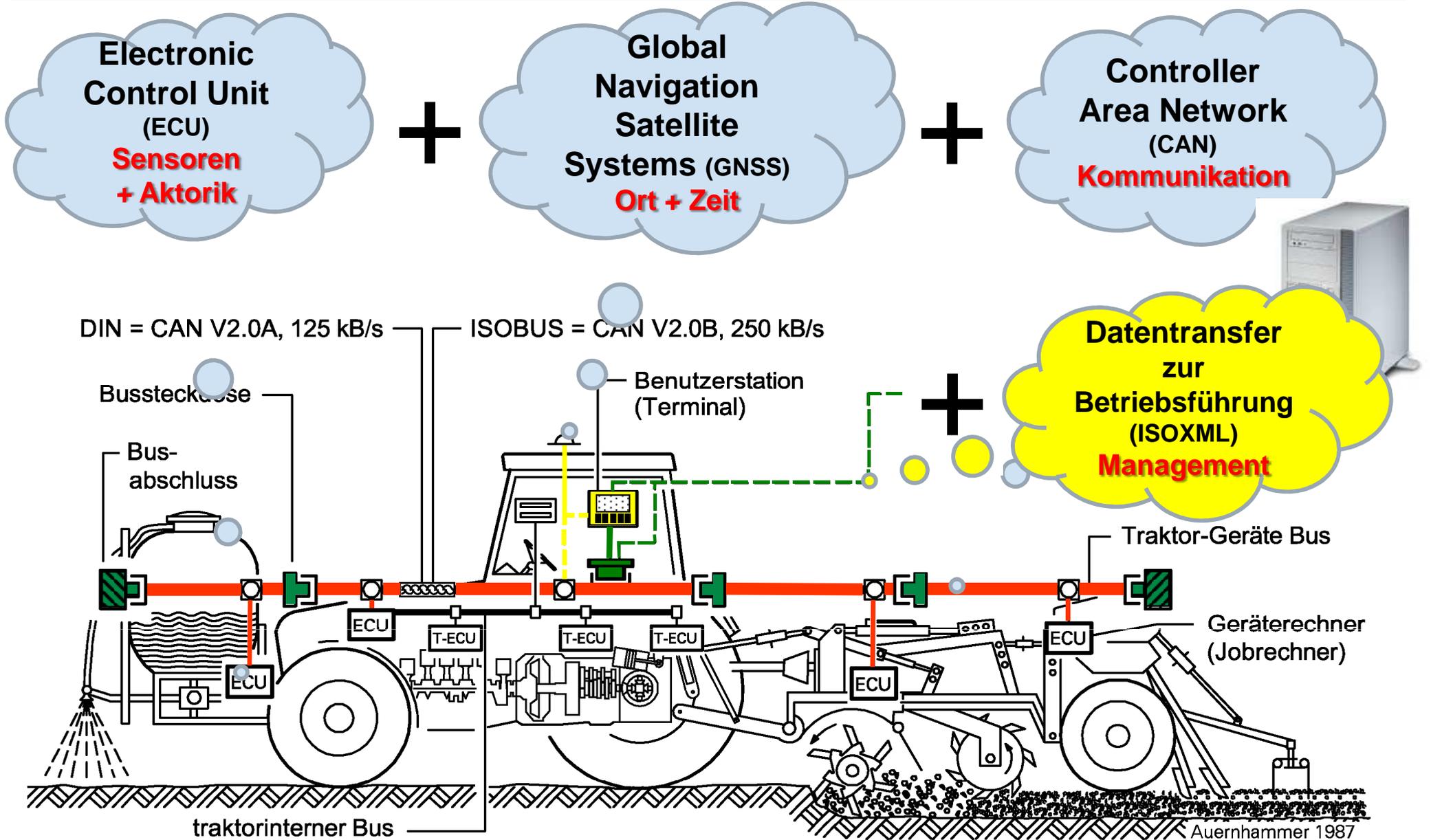


# „Precision Farming“ more than “Site-specific Farming”



\*) First draft established 2001, Dec 4 by the author

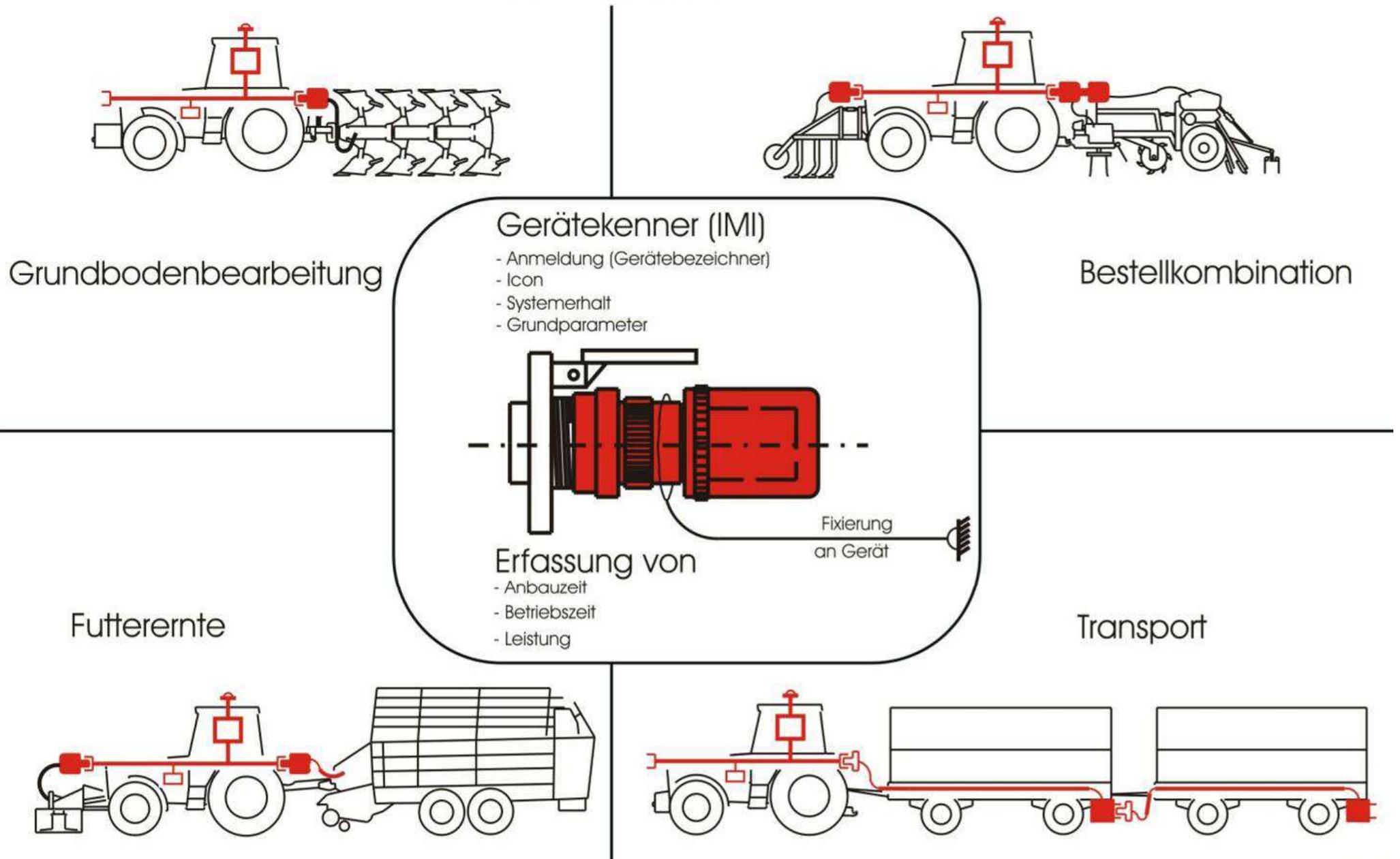
# Die Wiege von LBS/ISOBUS stand in Weihenstephan



T-ECU Traktorinterner Jobrechner



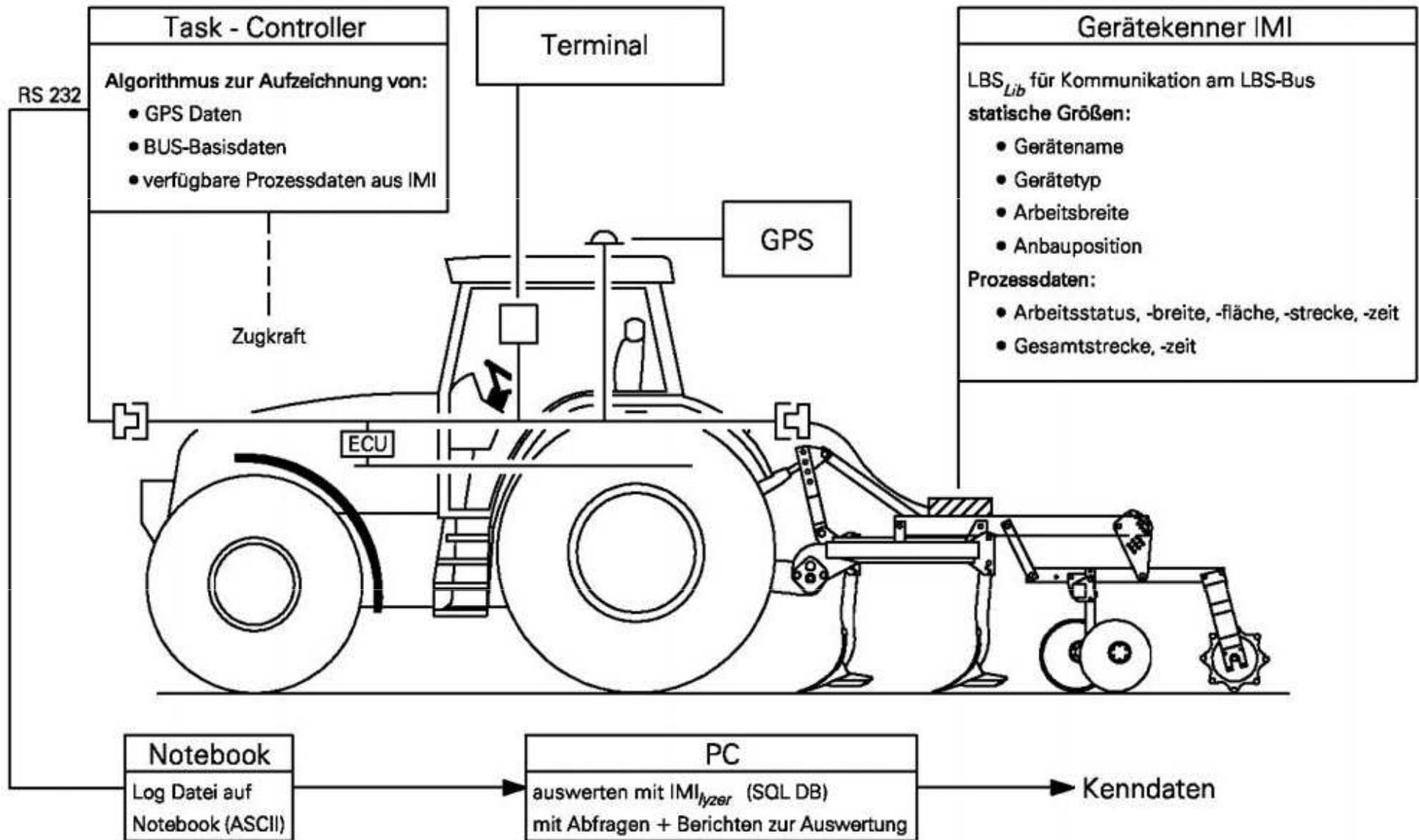
# IMI – mehr als elektronisches Typenschild



# Gerätekenner IMI (Gerätekennekarte)

Typ 1	Typ 2	Typ 3
<b>Gerätekenndaten</b> Hersteller Typ Baujahr [mmjj] Geräte-Nr. Arbeitsbreite / Nutzlast [m / t] Einstellparameter Betriebsanleitung	<b>Gerätekenndaten</b> Hersteller Typ Baujahr [mmjj] Geräte-Nr. Arbeitsbreite / Nutzlast [m / t] Einstellparameter Betriebsanleitung	<b>Gerätekenndaten</b> Hersteller Typ Baujahr [mmjj] Geräte-Nr. Arbeitsbreite / Nutzlast [m / t] Einstellparameter Betriebsanleitung
	<b>Betriebsdaten</b> Betriebs-Nummer MR-Nummer LU-Nummer Kostenstelle <b>Feldarbeitsdaten</b> Zeit für Arbeit im Feld [h] Weg für Arbeit im Feld [km]	<b>Betriebsdaten</b> Betriebs-Nummer MR-Nummer LU-Nummer Kostenstelle <b>Feldarbeitsdaten</b> Zeit für Arbeit im Feld [h] Weg für Arbeit im Feld [km]
		<b>Einsatzdaten</b> Gesamtzeit Feld [h] Gesamtweg Feld [km] Standzeit Feld [h] Anbau-/Anhängezeit [h] Fahrzeit [h] Fahrweg [km] Sensor 1 [...] Sensor n [...] <b>Servicedaten</b>
Elektronisches Typenschild <b>Hersteller</b>	Betriebsdatenerfassung <b>Betrieb</b>	Maschinenauslastung <b>UMV</b>

# Automatische Prozessdatenerfassung mit ISOBUS



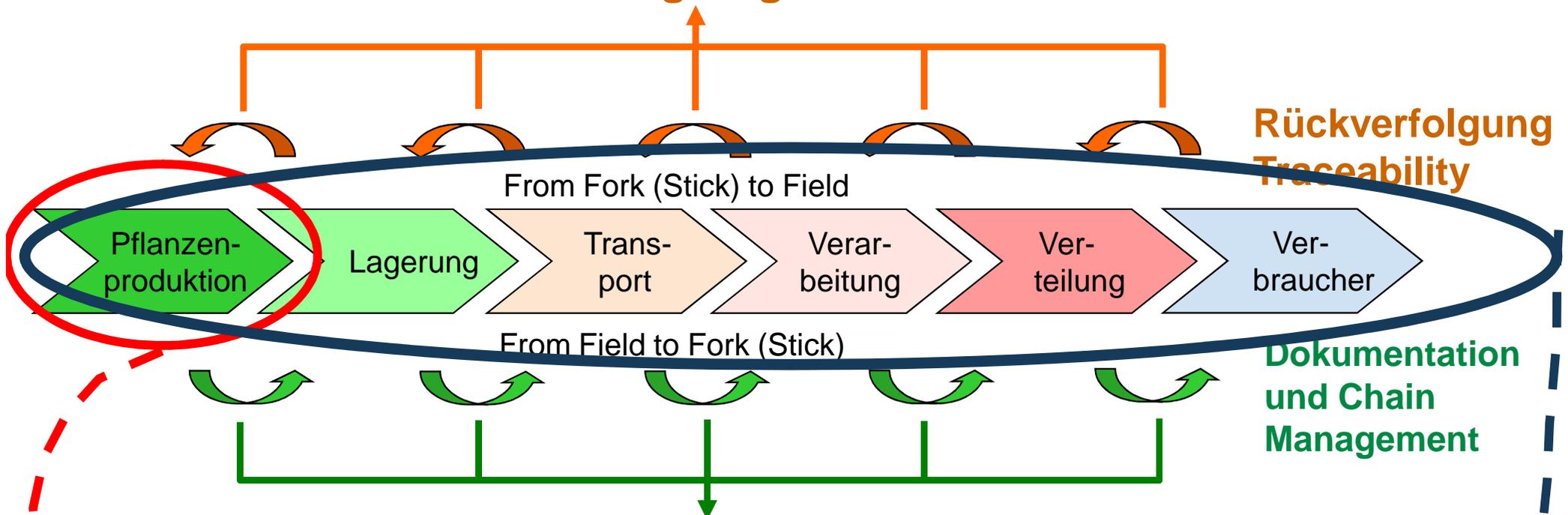
# Automatische Datenerfassung (Stickstoffapplikation auf Schlag TH01)

Datum	Startzeit	Stopzeit	Schlag	Traktor	Gerät	Maßnahme
30.04.2001	19:45 Uhr	20:30 Uhr	TH01	MB-trac	Exaktstreuer	Düngen
<b>Benötigte Zeit auf dem Feld</b>						
<i>Gesamt</i>	<i>Arbeit</i>	<i>Wenden</i>	<i>Stand</i>	<i>Zeit / Fläche</i>		
0.59 h	61 %	23 %	16 %	0.10 h/ha		
<b>Zurückgelegter Weg auf dem Feld</b>						
<i>Gesamt</i>	<i>Arbeit</i>	<i>Wenden</i>	<i>Weg / Fläche</i>			
4.11 km	81 %	19 %	0.71 km/ha			
<b>Arbeitsgeschwindigkeit</b>			<b>Zapfwellengeschwindigkeit bei der Arbeit</b>			
<i>Mittel</i>	<i>Standardabweichung</i>		<i>Mittel</i>	<i>Standardabweichung</i>		
9.26 km/h	2.27 km/h		450 U/min	61 U/min		
<b>Bearbeitete Fläche</b>			<b>Applizierte Menge</b>			
<i>Summe</i>			<i>Summe</i>	<i>Mittel</i>	<i>Stand.abw.</i>	
4.75 ha			915.6 kg	203.4 kg/ha	34.9 kg/ha	

# Mit Dokumentation vom „Anbieter-“ zum „Verbrauchermarkt“

Durch **Probleme** in der Nahrungsmittelkette fordern Konsument und Gesetzgeber die **Rückverfolgbarkeit in der Produktion** !

Wie kann der Durchgriff gesichert werden?



Welche Information wird wie, wo, wie lange und wofür gespeichert ?

**Hausaufgabe durch automatische Prozessdatenerfassung erledigt!**

**Für den Ökobetrieb bei Eigenvermarktung Gesamtdokumentation gegeben!**

## ➤ **Begriffe (Klarstellung) und Präzision**

## ➤ **Precision Farming mehr als Teilschlagtechnik**

- Betriebsmanagement
- **Bestandesmanagement**
- Maschinenmanagement
- Arbeitsmanagement

## ➤ **Precision Farming auf neuen Wegen**

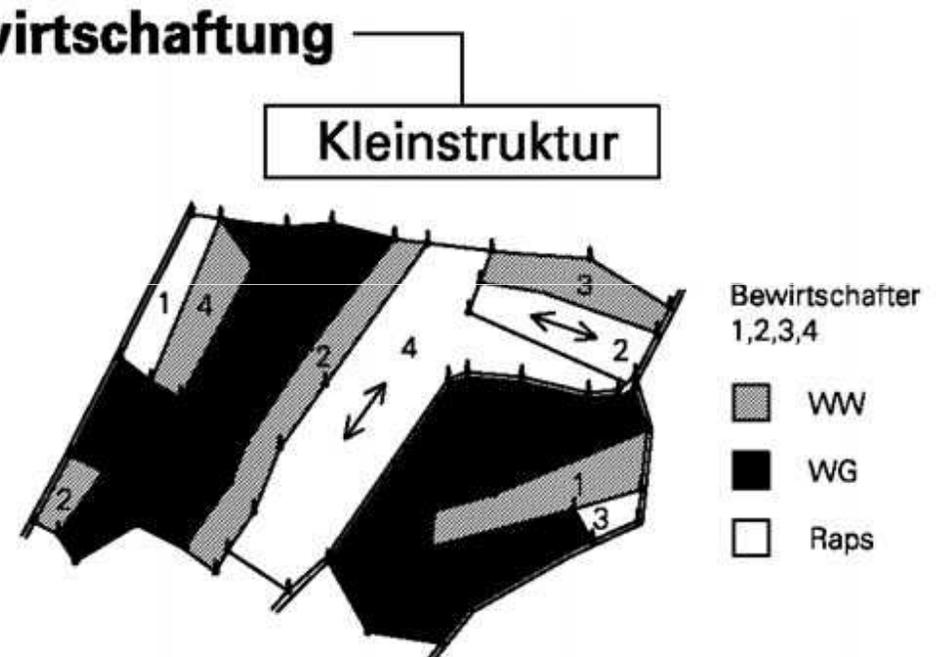
- Antriebstechnik im Umbruch
- Klein *contra/oder/und* groß
- Automatisierung morgen

## ➤ **Precision Farming und Ökolandbau**

- Dokumentation = A und O
- Arrondierung garantiert Mindestabstände
- Spurführung mit anderen Augen gesehen
- Automatisierung ersetzt Handarbeit

## ➤ **Schlussfolgerungen**

# Systematische Ansätze für die Teilflächenbewirtschaftung



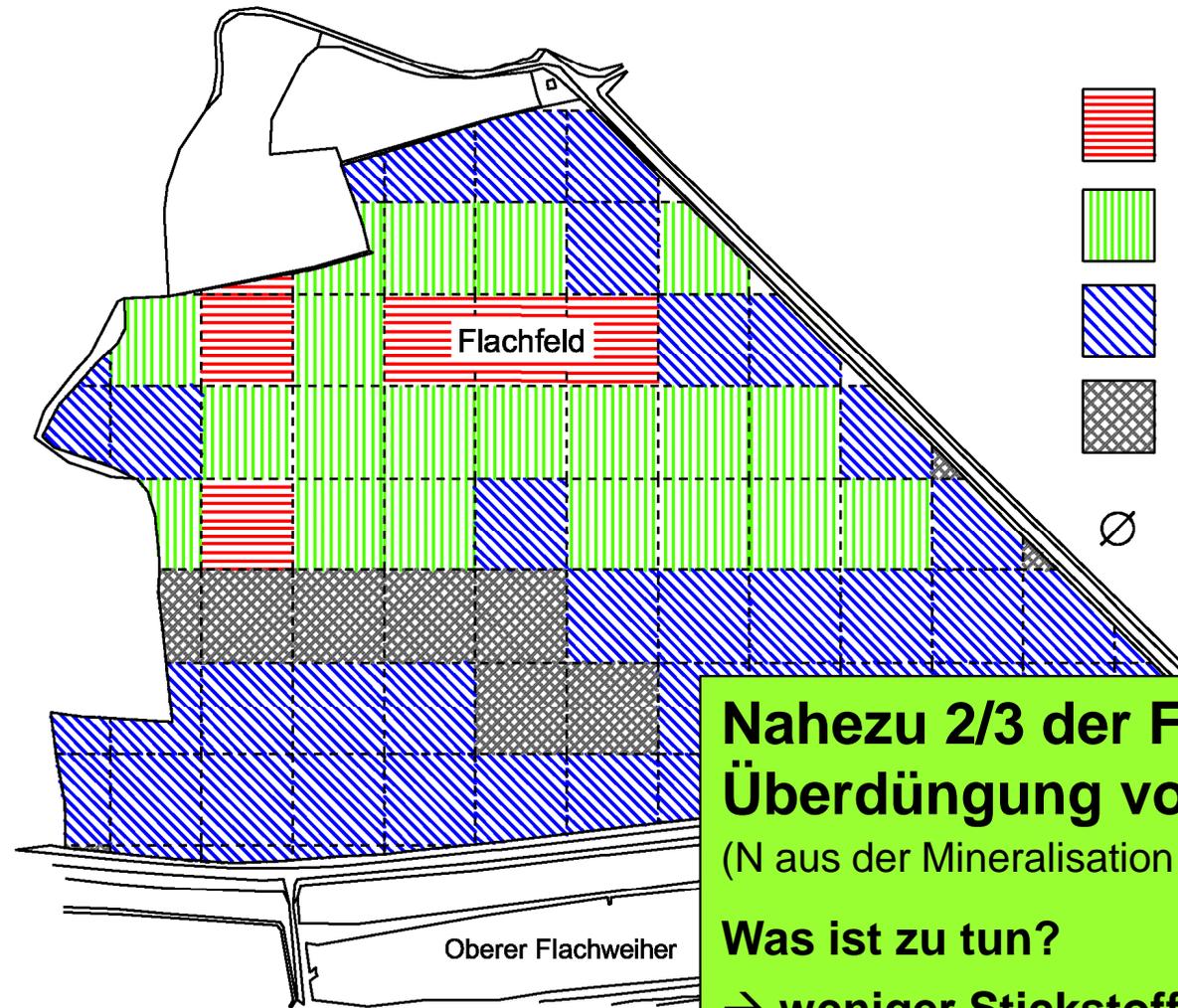
## Berücksichtigung von Teilflächen aus Eigentum (Bewirtschaftung) in Gewannen

- Zusammenführung nach gleicher Fruchtfolge
- Teilschlagbildung aus Eigentum/Bewirtschaftung
- Bewirtschaftung nach gemeinsamer Zielsetzung
  - Eigentum
  - gleicher Ertrag
  - Heterogenität

**Gewanngröße durch gegebene Infrastruktur (Wege, Gräben, ... ) und Fruchtfolgezwang begrenzt**

# Mapping - Kalkulierter Reststickstoff „Flachfeld 1991“

(Winterweizen „ORESTIS“; Vorfrucht Getreide, 16,6 ha; Düngung 160 kg N/ha einheitlich)



<u>Reststickstoff</u>	<u>Flächen- anteile</u>
 weniger als 20 kg/ha	= 7,7 %
 20 bis 40 kg/ha	= 30,8 %
 40 bis 60 kg/ha	= 50,8 %
 mehr als 60 kg/ha	= 10,7 %
$\emptyset$ 42,4 kg/ha	= 26,5 % Reststickstoff
Maximum/Raster	71 kg/ha = 44,4 %
Raster	50 x 50 m

**Nahezu 2/3 der Fläche hatten eine Überdüngung von mehr als 25% !**

(N aus der Mineralisation nicht berücksichtigt)

**Was ist zu tun?**

→ weniger Stickstoff

→ **Ertragsverzicht !**

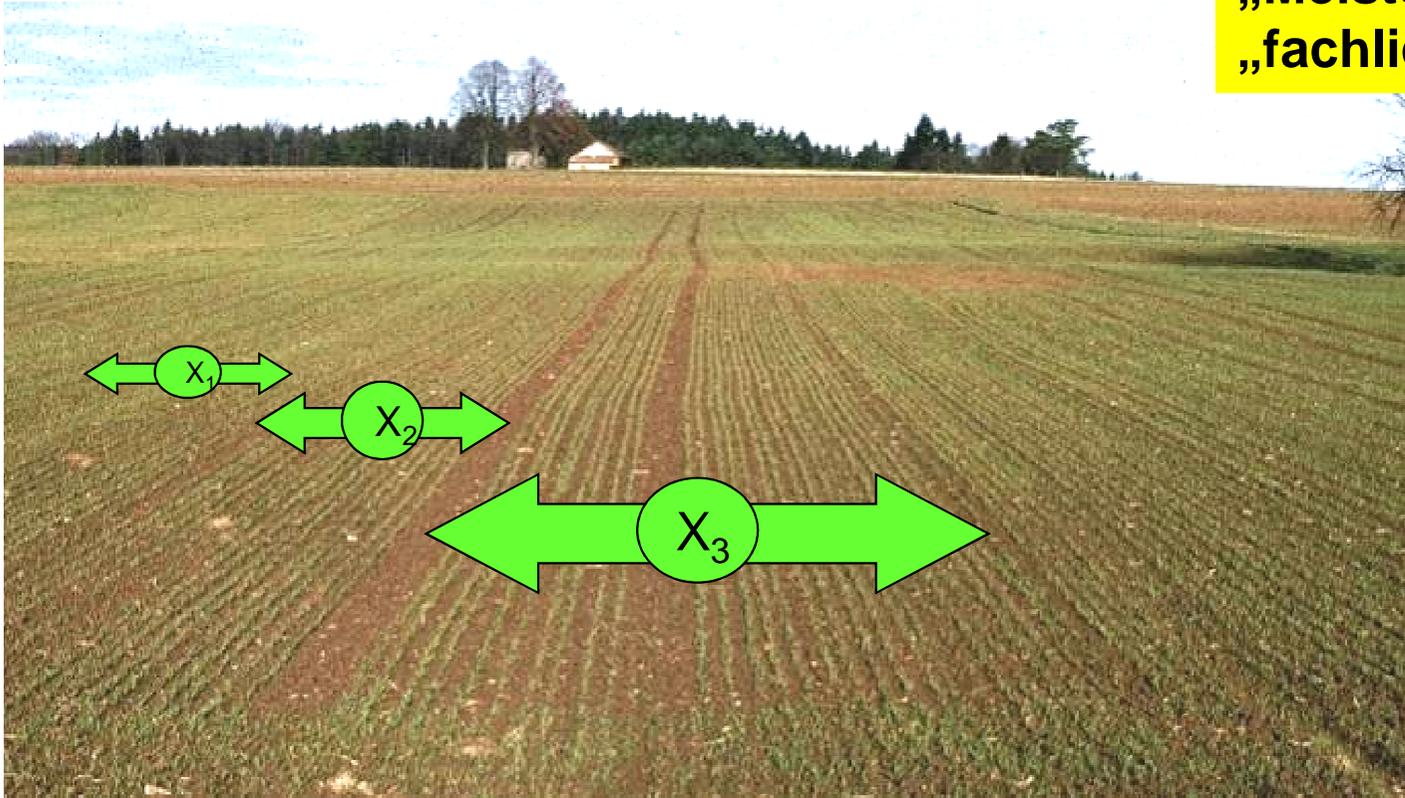
→ teilflächenspezifische Applikation

→ **benötigt adäquate „Technik und Wissen“ !**

Maidl, Demmel, Auernhammer, 1993

# Fahrgassen – der erste (mechanische) Schritt in den 70ern

Nach der Saat



Eine europäische „Meisterleistung“ für die gute „fachliche Praxis“

Vor der Ernte



X-Präzision ist hoch wenn exakt gedrillt !

# Auge und Erfahrung – Präzision nach Y bei Applikationen

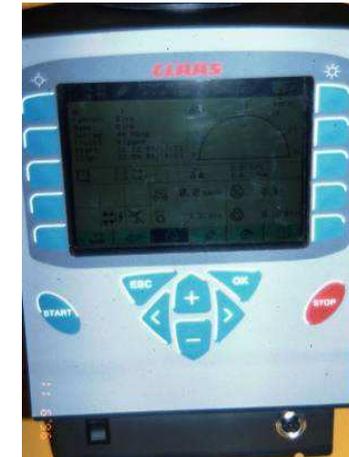
(nahezu **100.000** mobile Agrarcomputer sind in Europa seit 1985 im Einsatz)



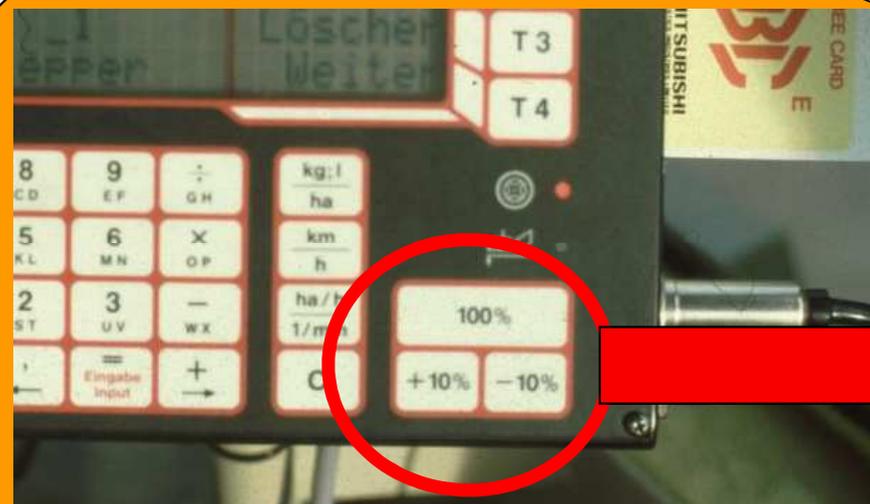
MÜLLER  
Unicontrol  
(Marktführer,  
>42.000 D)



LH Agro 5000  
(>35.000; DK)



CLAAS  
agrocom.  
ACT  
(> 800; D)



**+/- Tasten** und **100%-Taste** erlauben schnelle und einfache Anpassung (Y-Präzision)



# Teilflächenspezifische N-Düngung mit LBS + GPS

nach **Mapping-Ansatz** (Dürnast)



# Online-Düngung (Sensor-Ansatz) – automatisch rund um die Uhr



# Systeme für die „Online – Bestandserfassung“

Mech. Widerstand



Bestandsdichte auf  
kleiner Messfläche

NIR passiv



NIR aktiv



Bestandsoberfläche (indirekt  
Bestandsdichte) auf  
größerer Messfläche

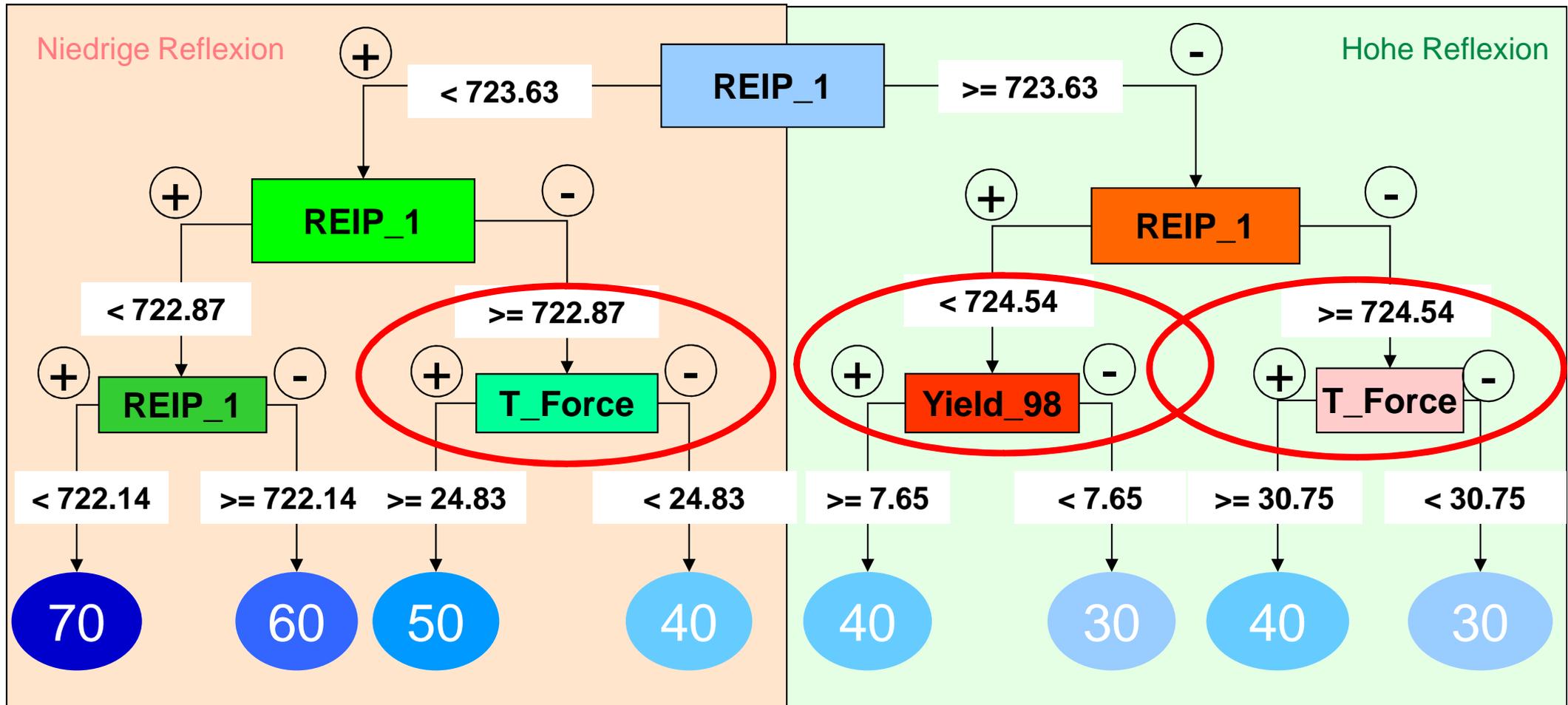
Laser



Pflanzenzustand,  
Pflanzenzahl (und  
Bestandshöhe = Biomasse)

# Entscheidungsbaum für teilflächenspezifische N-Düngung

## (2. N-Gabe zu Weizen; nach WEIGERT)



Benötigte N-Düngung [kg/ha]

$\oplus$  Zunehmende N-Menge

$\ominus$  Abnehmende N-Menge

  Historische Daten

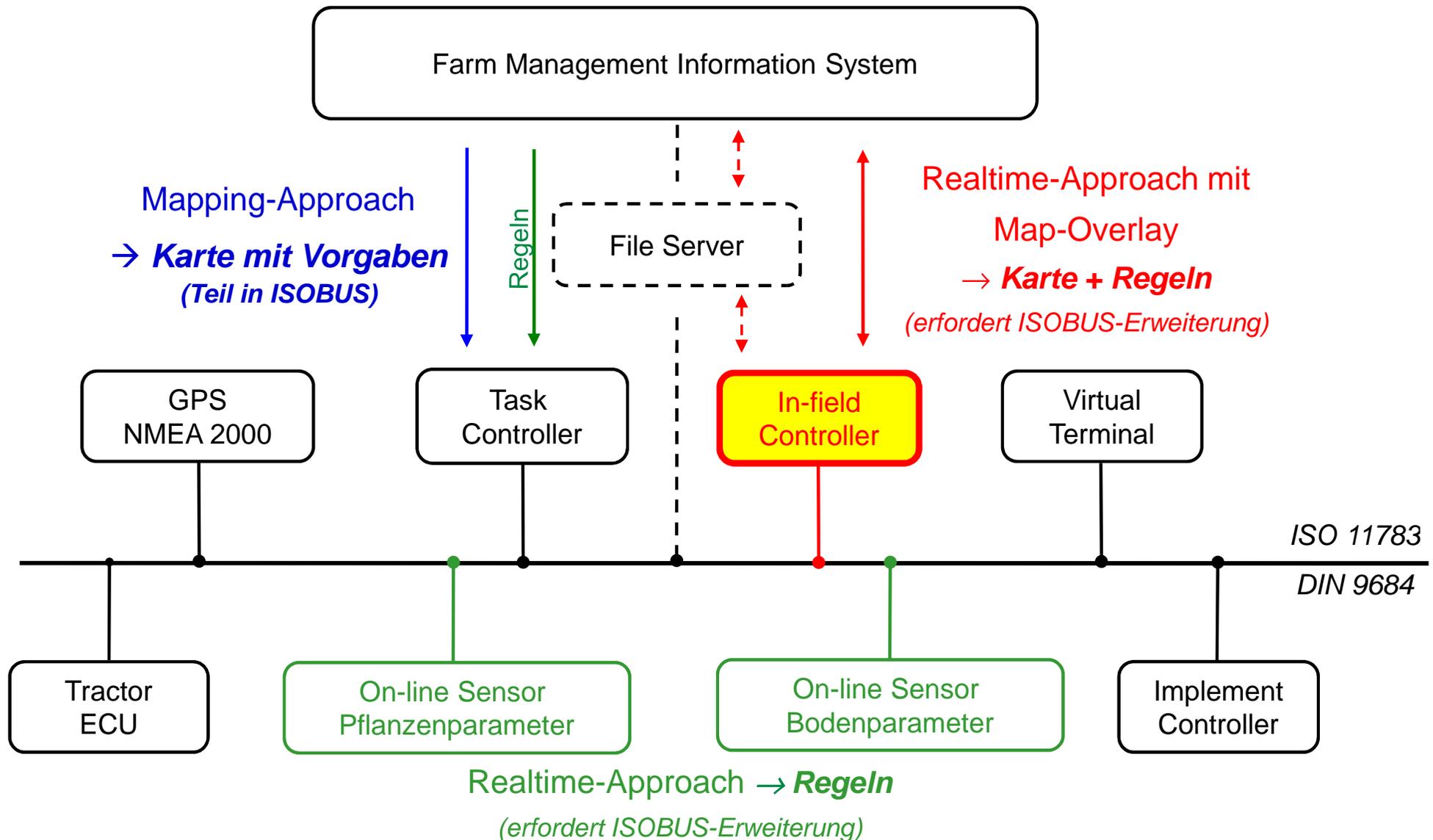
# Vergleichende Versuchsergebnisse W-Weizen ( MAIDL 2006)

Ertagspotential	Einheitlich	Mapping	Online	Online+Map
<b>N-Düngung insgesamt (kg/ha)</b>				
hoch	180	200	163	175
mittel	180	180	193	180
niedrig	180	160	204	146
gesamtes Feld	180	180	187	167
<b>Korn - Stickstoffbilanz (kg N/ha)</b>				
hoch	3,6	23,2	-19,2	-9,6
mittel	48,2	48,2	26,5	10,5
niedrig	45,2	40,4	60,5	-8
gesamtes Feld	32,3	37,3	22,6	-2,4
<b>N-kostenfreier Ertrag (€/ha)</b>				
hoch	984	947	995	1014
mittel	780	780	822	935
niedrig	745	706	799	889
gesamtes Feld	849	804	902	944

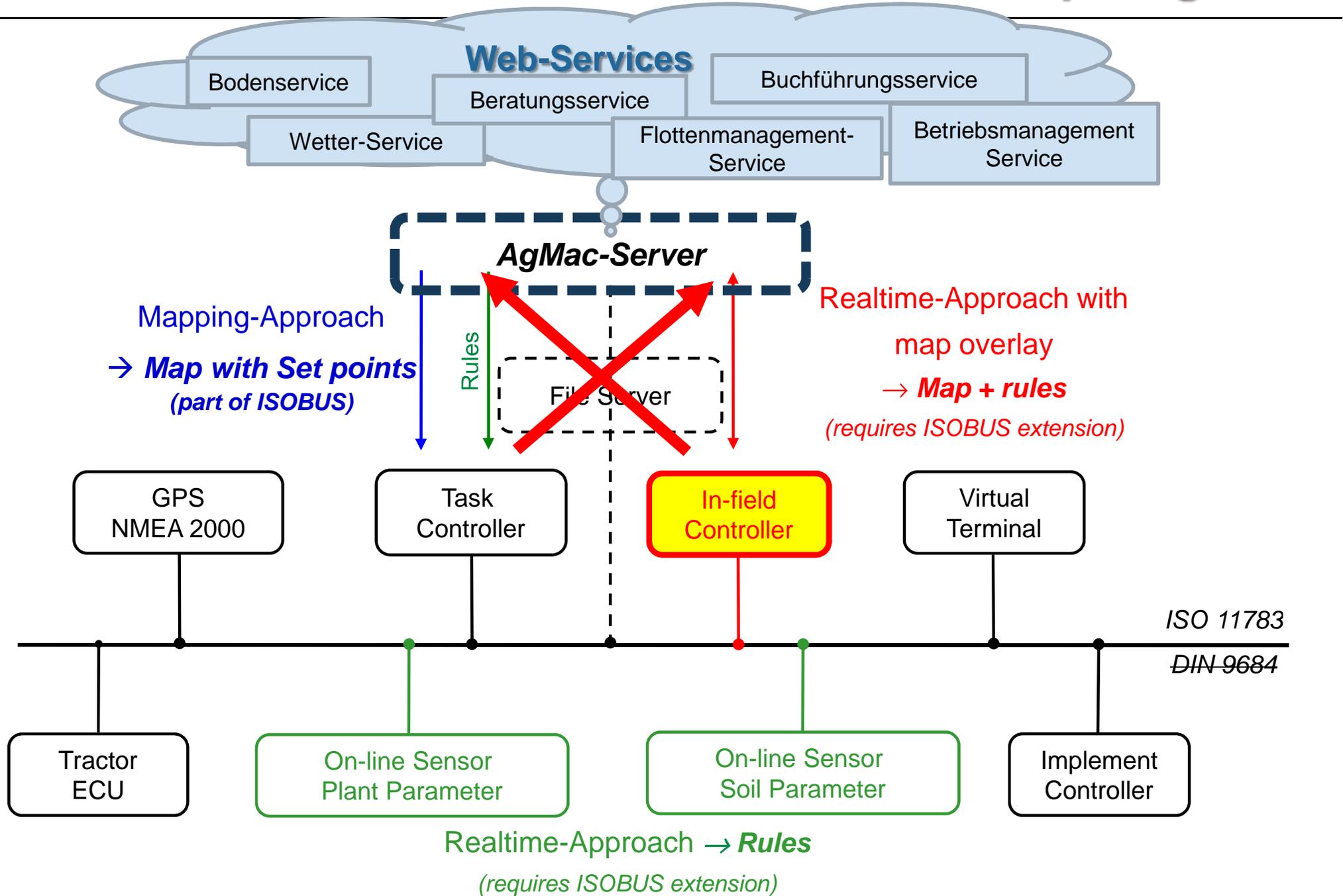
Bei diesem Ansatz ist eine ausgeglichene N-Bilanz möglich

# Echtzeit-Geräteregulung - "Sensor Fusion" fehlt in der Norm

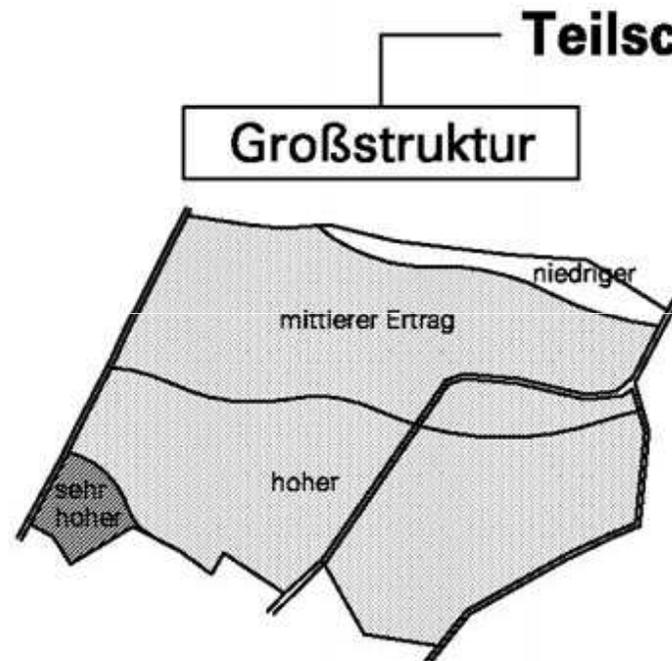
ISOBUS gerechter "In-field Controller" (nach OSTERMEIER 2005)



# Precision Farming – “Landtechnik und Cloud Computing”



# Systematische Ansätze für die Teilflächenbewirtschaftung



## Ableitung und Berücksichtigung heterogener Teilflächen

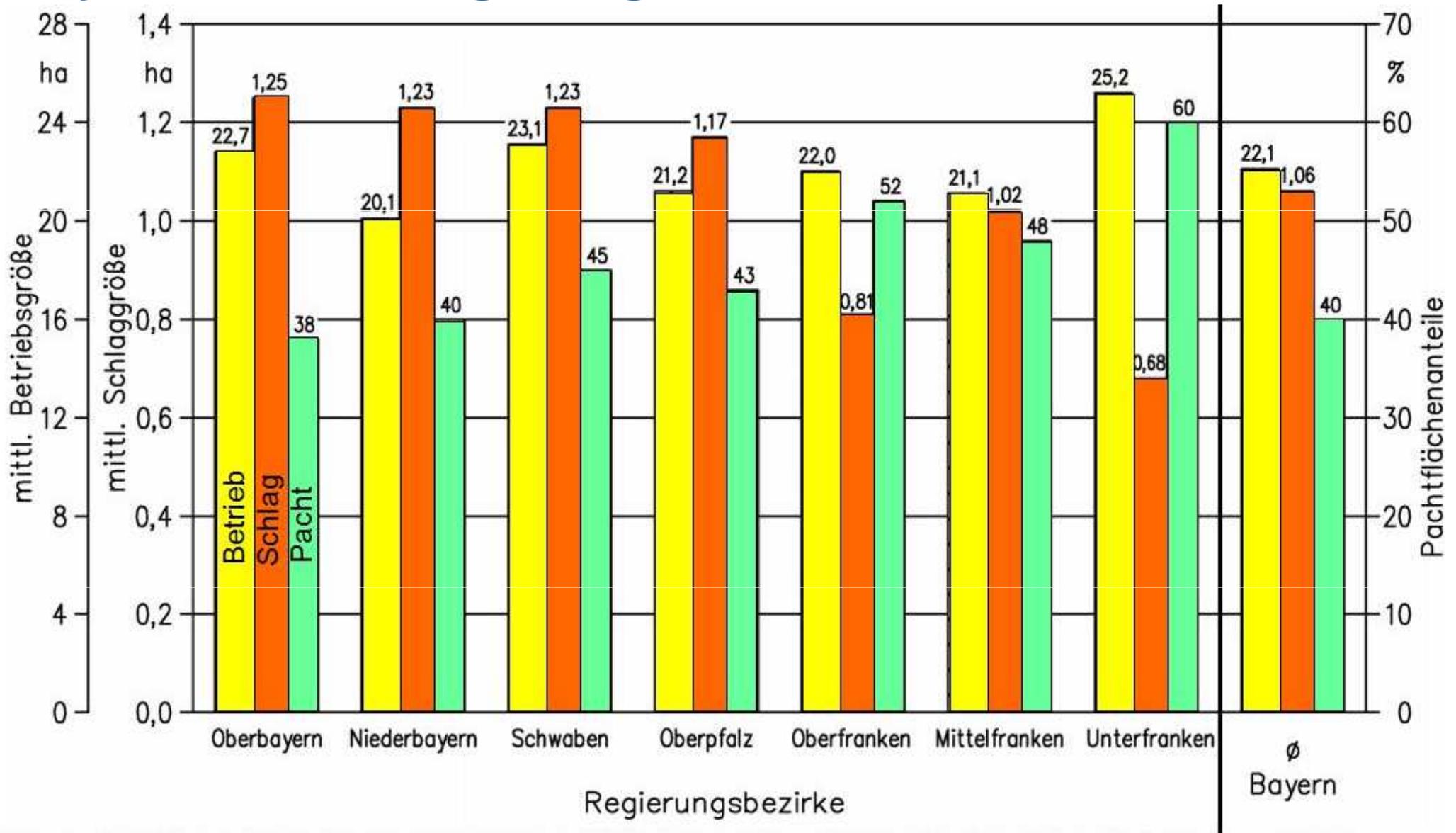
- Ermittlung der Heterogenitäten
- Ableitung von Managementzonen (gleiche Ertragsleistung) unter Beachtung
  - technischer Differenzierbarkeit
  - ökonomischer Effizienz
  - ökologischer Anforderungen

**Teilschlagbildung setzt Mindestschlaggröße voraus**  
( > 3 ha bis > 10 ha)



# Betriebs- und Schlaggrößen mit Pachtflächenanteilen in

## Bayern und den Regierungsbezirken (InVeKos 1998, (LN >1 ha))



**Wir analysieren derzeit die Situation 2009 aller Flurstücke in Bayern nach Form, Größe, Länge, Breite und Grenzsituation in einer Masterarbeit (MACHL)**

# Flurbereinigungen in Deutschland 1999

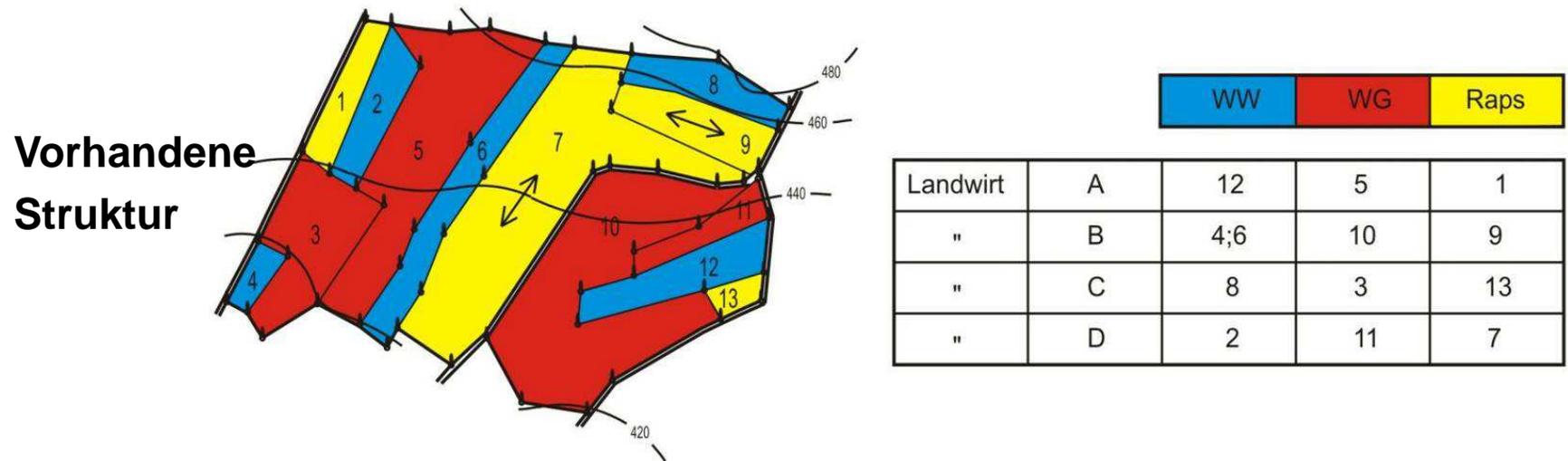
Bundesland	Anzahl Verfahren	Mittlere Schlaggröße			Fläche ha	Fläche (anteilig) %	
		alt	neu	Verhältnis		Verfahren '98	Bundesland
Baden-Württemberg	30	0,45	1,35	3:1	18.845	9,98	1,3
<b>Bayern</b>	<b>105</b>	<b>0,65</b>	<b>1,95</b>	<b>3:1</b>	<b>79.897</b>	<b>42,28</b>	<b>2,4</b>
Brandenburg	139	0,86	2,60	3:1	1.045	0,55	0,0
Hessen	13	0,27	0,55	2:1	6.645	3,51	0,8
Mecklenburg-Vorpommern	474	k.A.	k.A.	k.A.	4.668	2,47	0,3
Niedersachsen	21	k.A.	k.A.	k.A.	15.131	8,00	0,6
Nordrhein-Westfalen	22	2,23	4,46	2:1	32.135	17,00	2,1
Rheinland-Pfalz	40	0,39	1,19	4:1	18.137	9,59	2,6
Saarland	6	0,33	1,97	6:1	5.381	2,85	7,0
Sachsen	11	1,90	1,90	1:1	149	0,07	0,0
Sachsen-Anhalt	89	7,77	15,54	2:1	300	0,16	0,0
Schleswig-Holstein	9	k.A.	k.A.	k.A.	6.610	3,50	0,6
Thüringen	4	0,40	0,40	1:1	15	0,00	0,0
<b>Bundesgebiet *</b>	<b>963</b>	<b>0,899 **</b>	<b>2,66 **</b>	<b>2,96:1 **</b>	<b>188.958</b>	<b>100,00</b>	<b>1,4</b>

k.A. = Angaben; \* ohne B, HB, HH; \*\* gewichtete Mittel

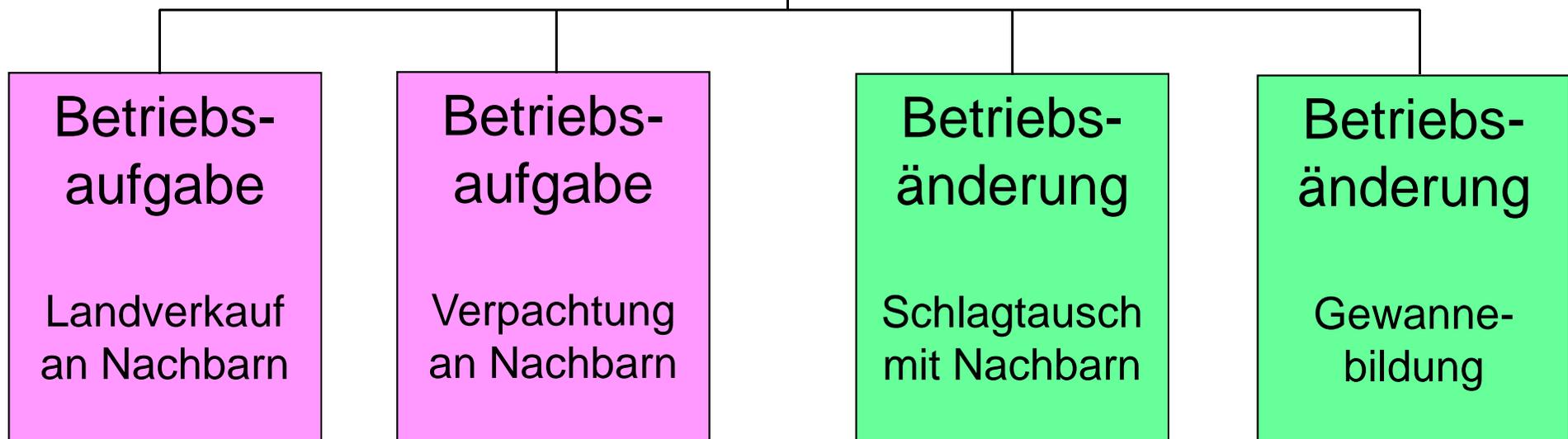
Quelle: Jahresbericht über Verfahren nach dem Flurbereinigungsgesetz und Bodenverordnungsverfahren nach dem Landwirtschaftsanpassungsgesetz. BML Berlin 1999, Monatsbericht 7

**Je Jahr werden – sehr positiv und ohne Kritik gesehen – etwa 2 % der Fläche um den Faktor 3 größer!  
Somit werden die Strukturen in 50 Jahren in der Größe etwa verdreifacht!  
Können/dürfen wir so lange warten?**

# Klein- und Kleinststrukturen – was tun ?

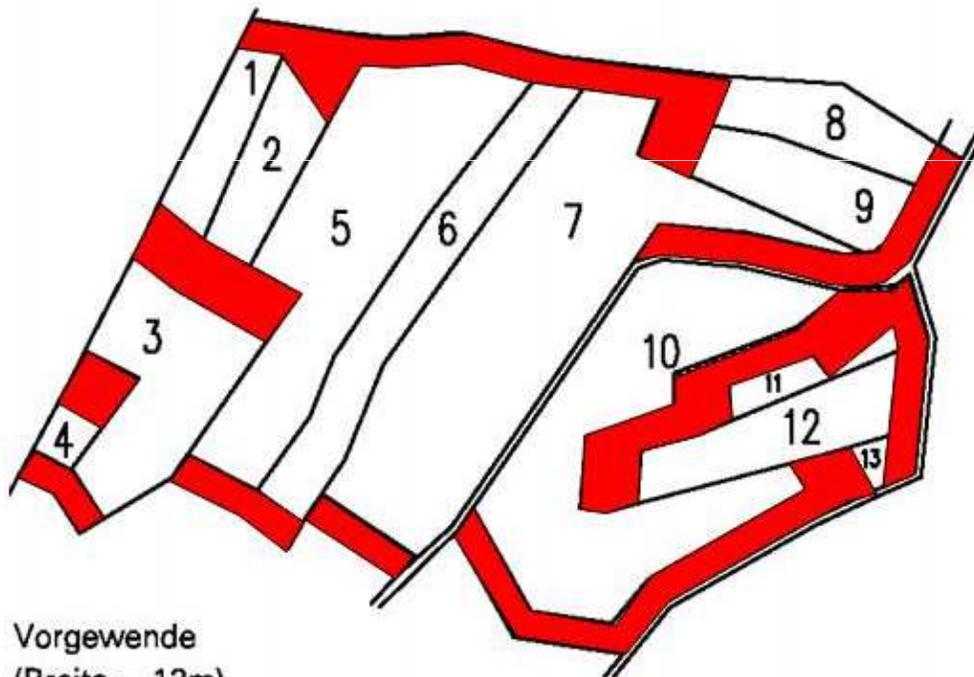


## Was tun unter den gegebenen Bedingungen?

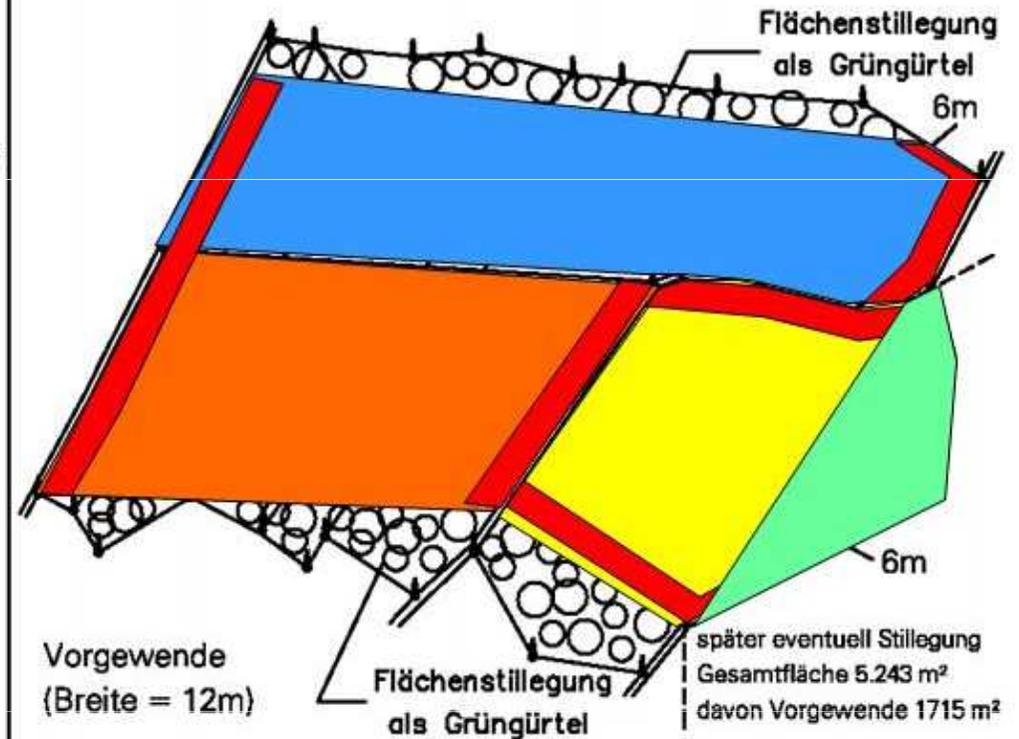


# Intelligente Technik und Feldstruktur - Gewannebewirtschaftung

**bestehende Struktur**  
(Gemeinde Alfalter, Nürnberger Land)



**Gewannebewirtschaftung  
unter Beibehaltung der Besitzstruktur**



Gesamtfläche = 72.097 m<sup>2</sup>  
Vorgewende = 16.471 m<sup>2</sup>    **22,85%**

104 Fahrten/a; 208 km/a; 10,4 AKh/a

(8 Fahrten/Schlag und Jahr; 20 km/h; 1 km FE)

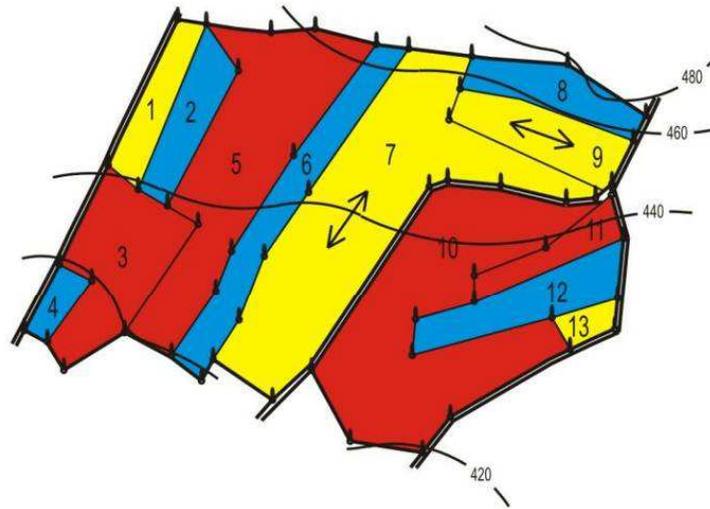
Gesamtfläche = 61.056 m<sup>2</sup> (55.813 m<sup>2</sup>)  
Vorgewende = 8.743 m<sup>2</sup> (7.028 m<sup>2</sup>)    **14,32% (12,59%)**

24 Fahrten/a; 48 km/a; 2,4 AKh/a

--> - **74 %**

# Formen der Gewannebewirtschaftung

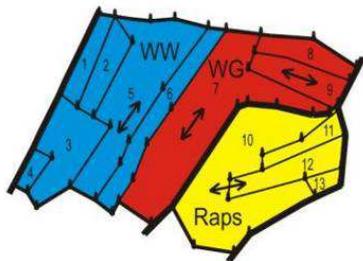
bestehende Struktur



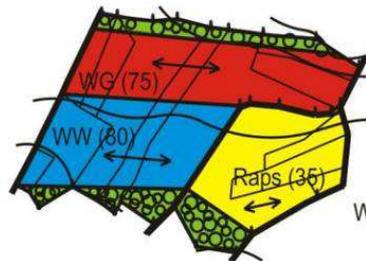
Landwirt		WW	WG	Raps
A		12	5	1
"	B	4;6	10	9
"	C	8	3	13
"	D	2	11	7

Ertragsorientiert (ökonomisch)

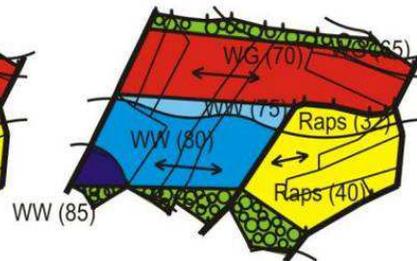
umweltorientiert (ökologisch)



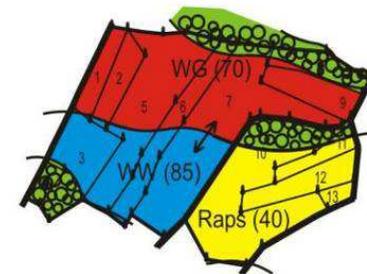
besitzorientiert



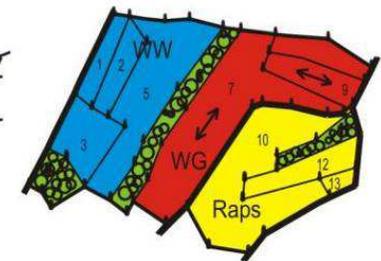
gemeinsames Ertragsziel



teilflächenorientiert

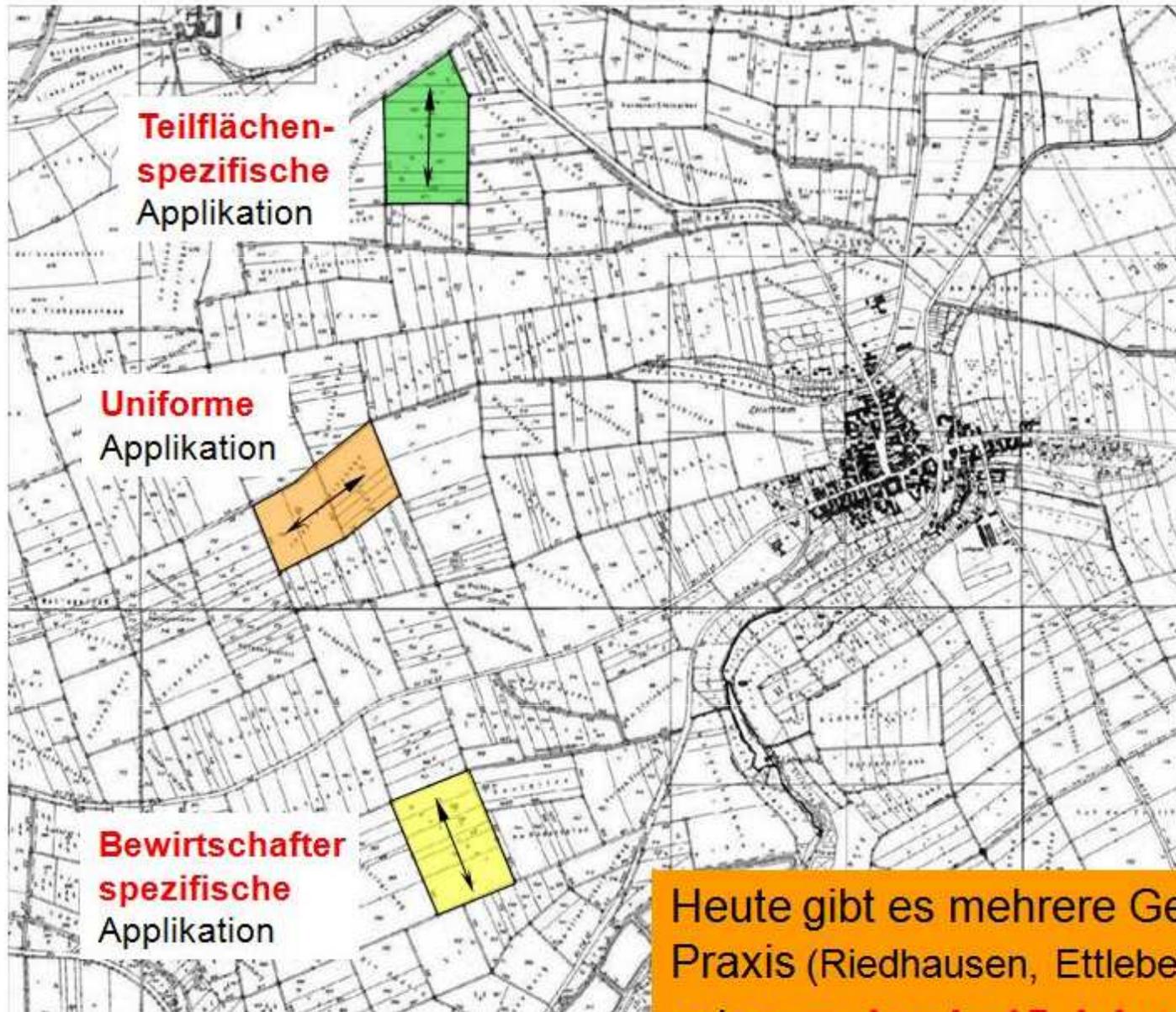


erosionsmindernd



Landschaftserhaltend

# Gewannebewirtschaftung Zeilitzheim im wiss. Versuch



**20** einzelne Schläge von **5** Landwirten wurden in **3 Gewanne integriert**

Zusammenlegungs-Faktor war **7:1**

Einsparung an Arbeitszeit etwa **35%**

Einsparung an variablen Maschinenkosten etwa **30%**

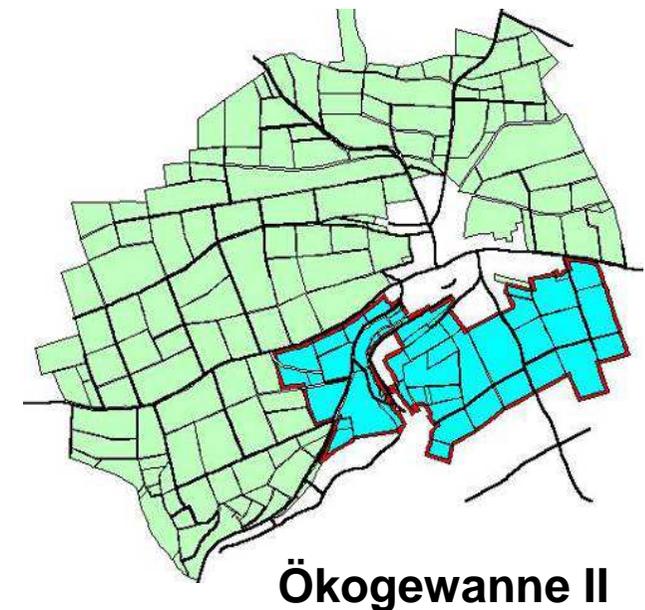
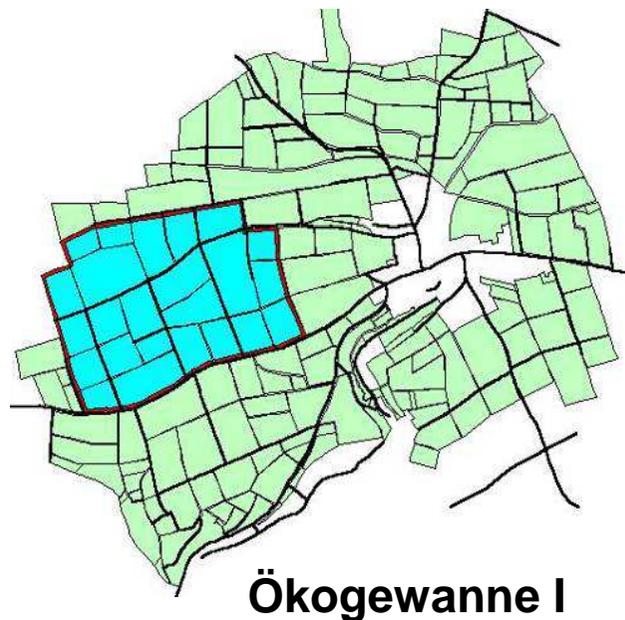
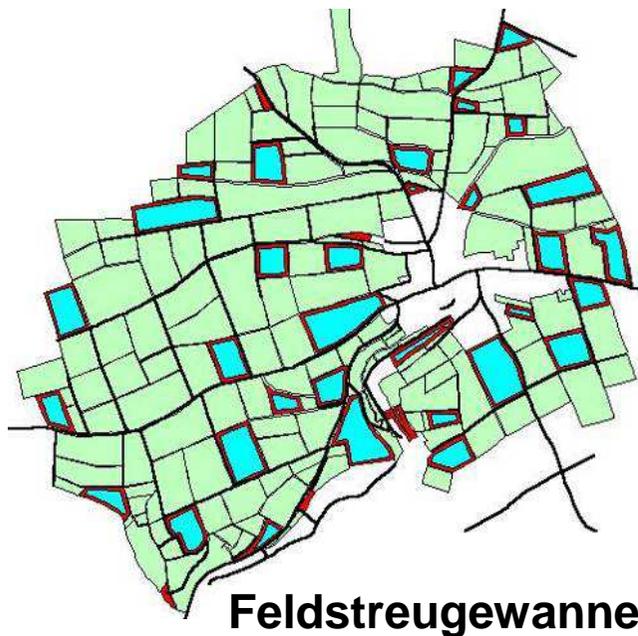
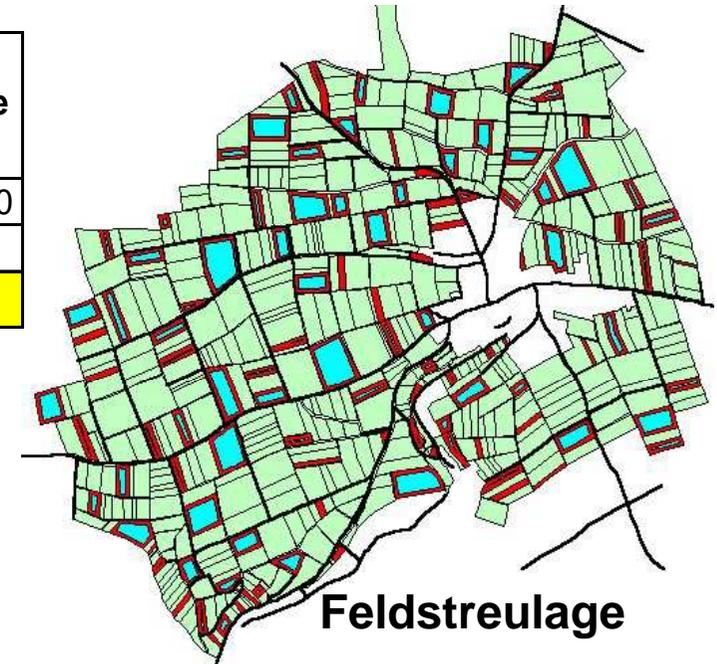
Ökonomischer Gewinn war etwa **315 €/ha**

Heute gibt es mehrere Gewannesysteme in der Praxis (Riedhausen, Etleben, Ulsenheim), **Riedhausen** schon **mehr als 15 Jahre!**

# Ökolandwirtschaft im Modell Gewannebewirtschaftung

	Feld- streu- lage	Feld- streu- gewanne	Öko- Gewanne I	Öko- Gewanne II	Gemeinde- gesamtfläche (660,15 ha)
Ökofläche (20%) [ha]	132,0	132,1	132,8	132,3	132,0
Grenzflächen [ha]	82,6	51,9	9,4	17,5	
<b>Grenzflächenverlust</b>	<b>63%</b>	<b>39%</b>	<b>7%</b>	<b>13%</b>	

Zeilitzheim mit 20% Öko-Flächenanteil und 20 m Winddrift bei Düngung und Spritzung in Nachbargrundstück (HUBER, 2002)



## ➤ **Begriffe (Klarstellung) und Präzision**

## ➤ **Precision Farming mehr als Teilschlagtechnik**

- Betriebsmanagement
- Bestandesmanagement
- **Maschinenmanagement**
- **Arbeitsmanagement**

## ➤ **Precision Farming auf neuen Wegen**

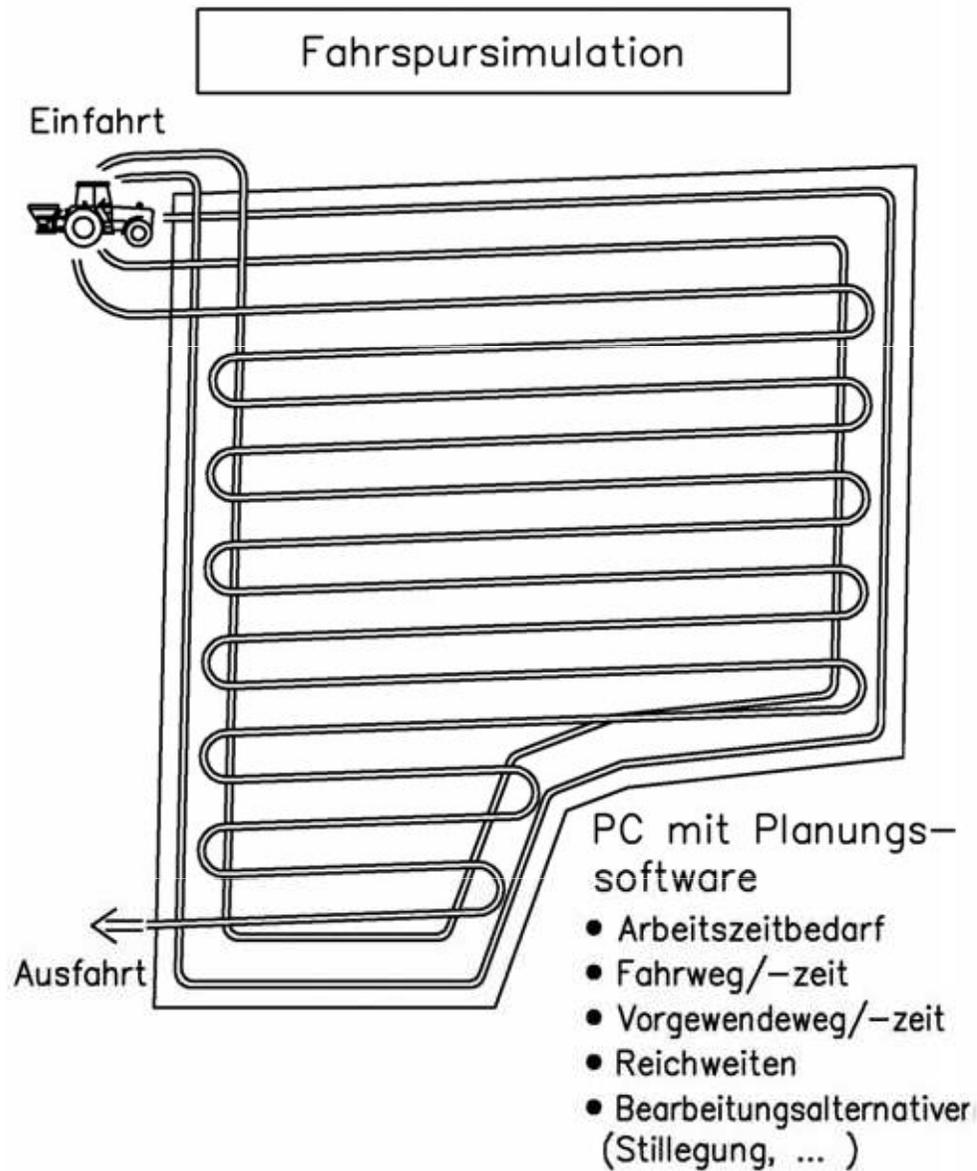
- Antriebstechnik im Umbruch
- Klein *contra/oder/und* groß
- Automatisierung morgen

## ➤ **Precision Farming und Ökolandbau**

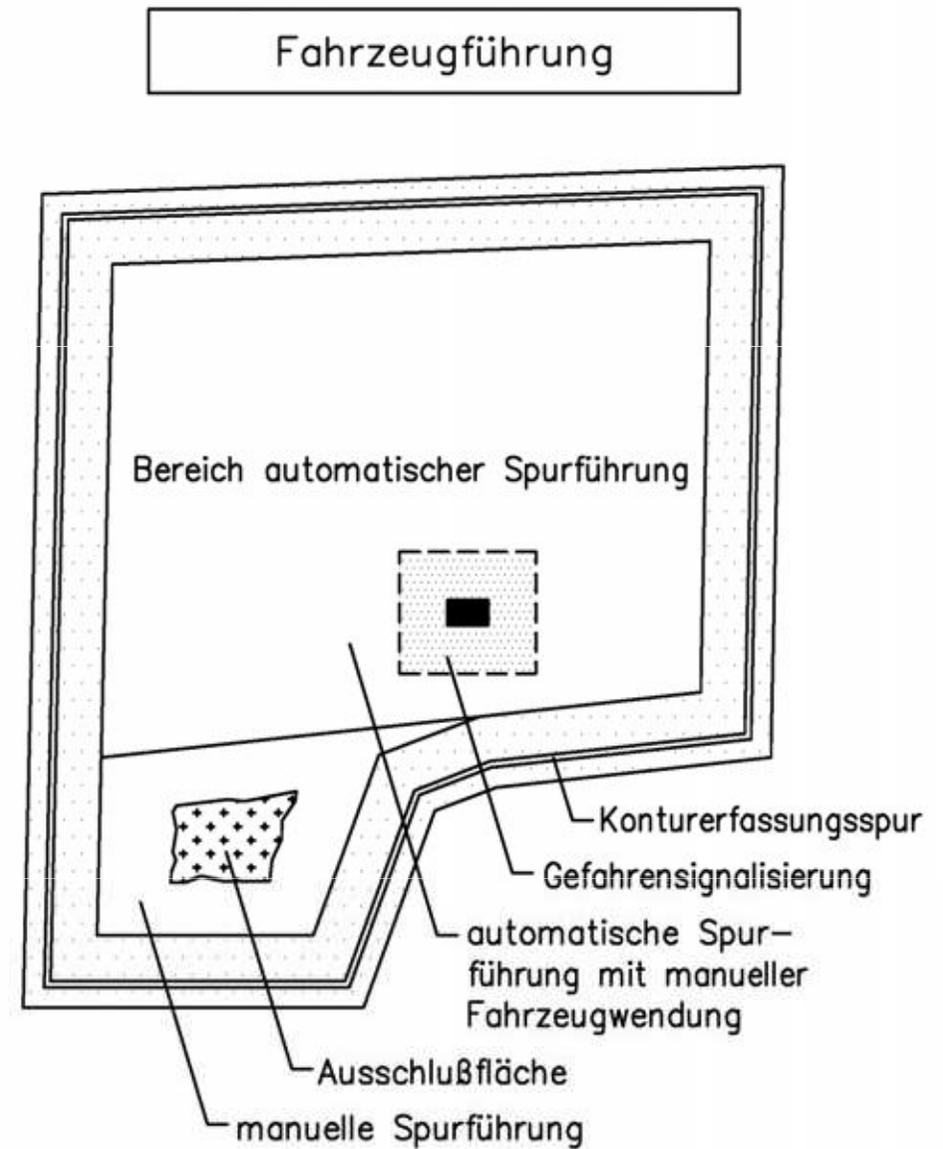
- Dokumentation = A und O
- Arrondierung garantiert Mindestabstände
- Spurführung mit anderen Augen gesehen
- Automatisierung ersetzt Handarbeit

## ➤ **Schlussfolgerungen**

# Arbeitsablaufplanung (Path planing)

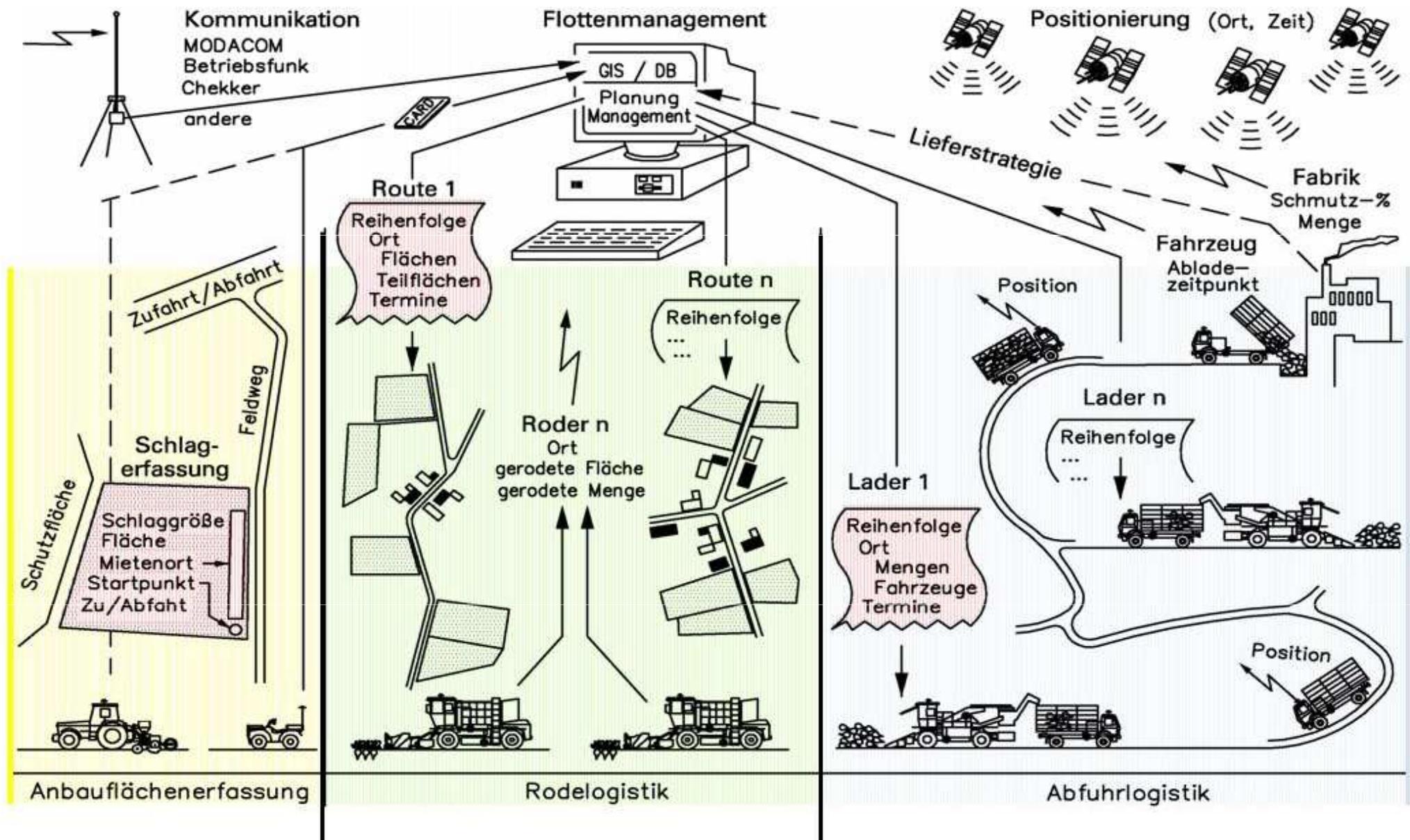


**Simulation reicht nicht aus,  
Optimierung unumgänglich!**

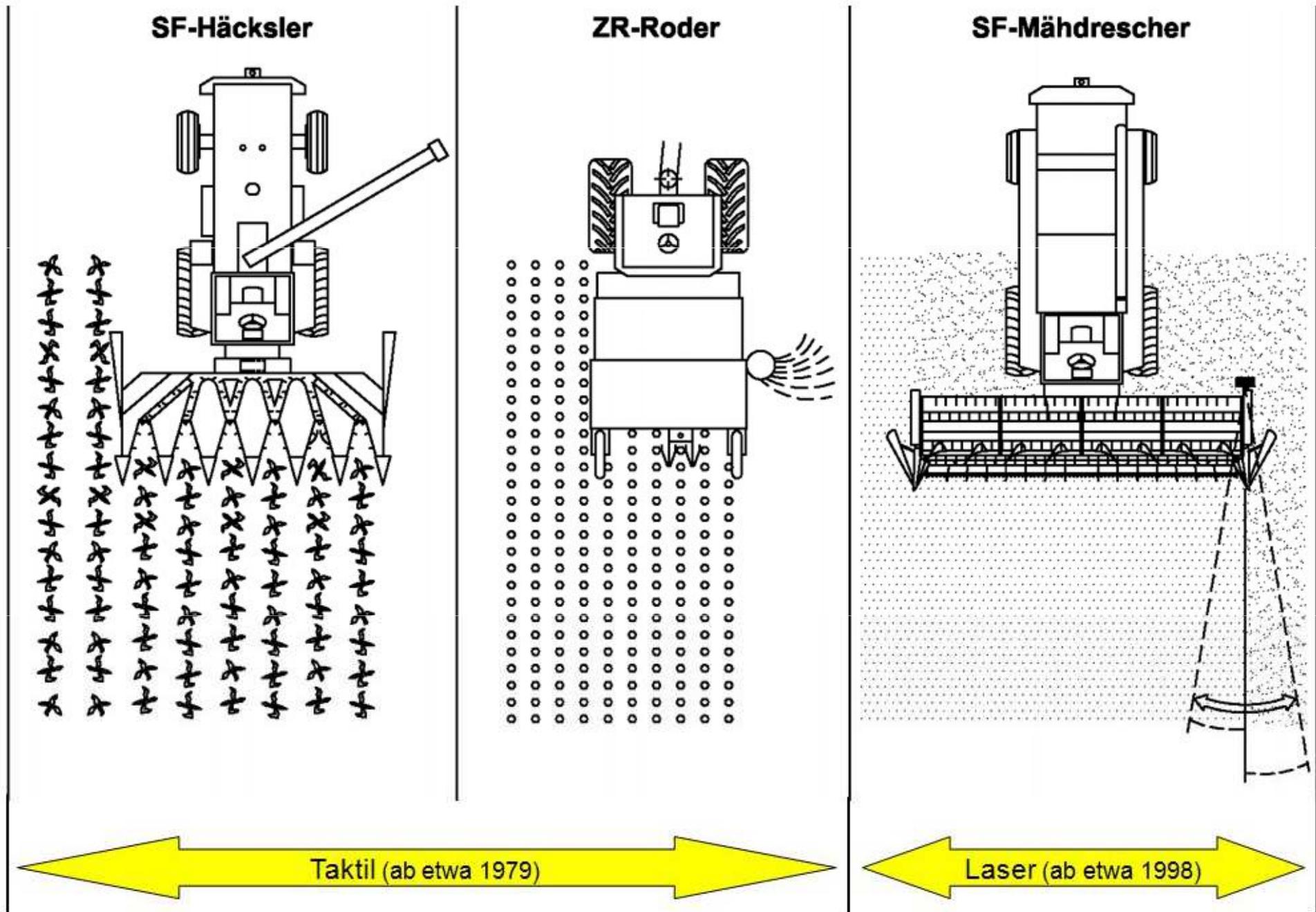


**Kartenhinterlegung erforderlich  
(Map-Matching)!**

# Routenplanung im Zuckerrübenanbau (Flottenmanagement)



# Spurführungssysteme mit Abtastung von Führungslinien



# GNSS Parallel-Tracking - 3 Systeme verfügbar

## Lenkhilfe



Gibt optisch die Abweichung einer vorgegebenen Abstandslinie an!

## Lenkassistent



Assistent übernimmt das Lenken bei Bedarf, kann auf wechselnden Geräten eingesetzt werden!

## Autotrack



Ist über Ventil in den Lenkkreis integriert und damit Bestandteil der Maschine!

**Sensorik: Optik, Laser, Ultraschall, GPS**

# Parallel-Tracking mit RTK-GNSS

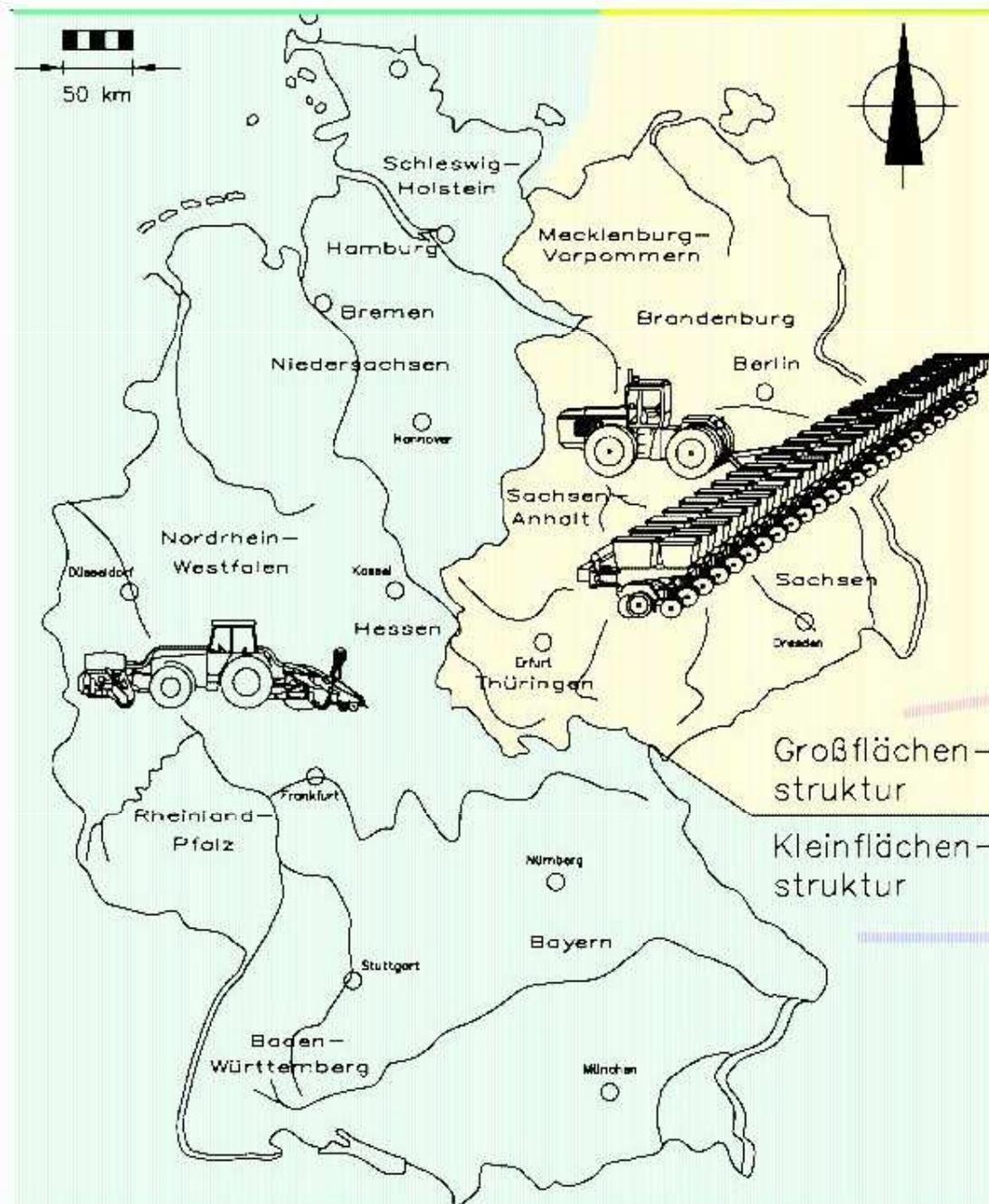


- Für alle Fruchtarten
- Spurversetztes Fahren mit verkürzten, weniger bodenbelastenden Wendungen
- Controlled Traffic
- Arbeit bei Staub, Nebel, Dämmerung (Nacht)
- Einsatz weniger geübter Fahrer, dadurch mehr Flexibilität in Arbeitsspitzen
- Mehr Zeit für Kontrolle und Überwachung der Geräte (höhere Arbeitsqualität)
- Arbeit weniger monoton
- Arbeit wird familienfreundlicher (keine Bindung an Tageszeit)

**Investition zahlt sich in kürzester  
Zeit zurück und bringt  
Arbeitskomfort**

- **Begriffe (Klarstellung) und Präzision**
- **Precision Farming mehr als Teilschlagtechnik**
  - Betriebsmanagement
  - Bestandesmanagement
  - Maschinenmanagement
  - Arbeitsmanagement
- **Precision Farming auf neuen Wegen**
  - Antriebstechnik im Umbruch
  - Klein *contra/oder/und* groß
  - Automatisierung morgen
- **Precision Farming und Ökolandbau**
  - Dokumentation = A und O
  - Arrondierung garantiert Mindestabstände
  - Spurführung mit anderen Augen gesehen
  - Automatisierung ersetzt Handarbeit
- **Schlussfolgerungen**

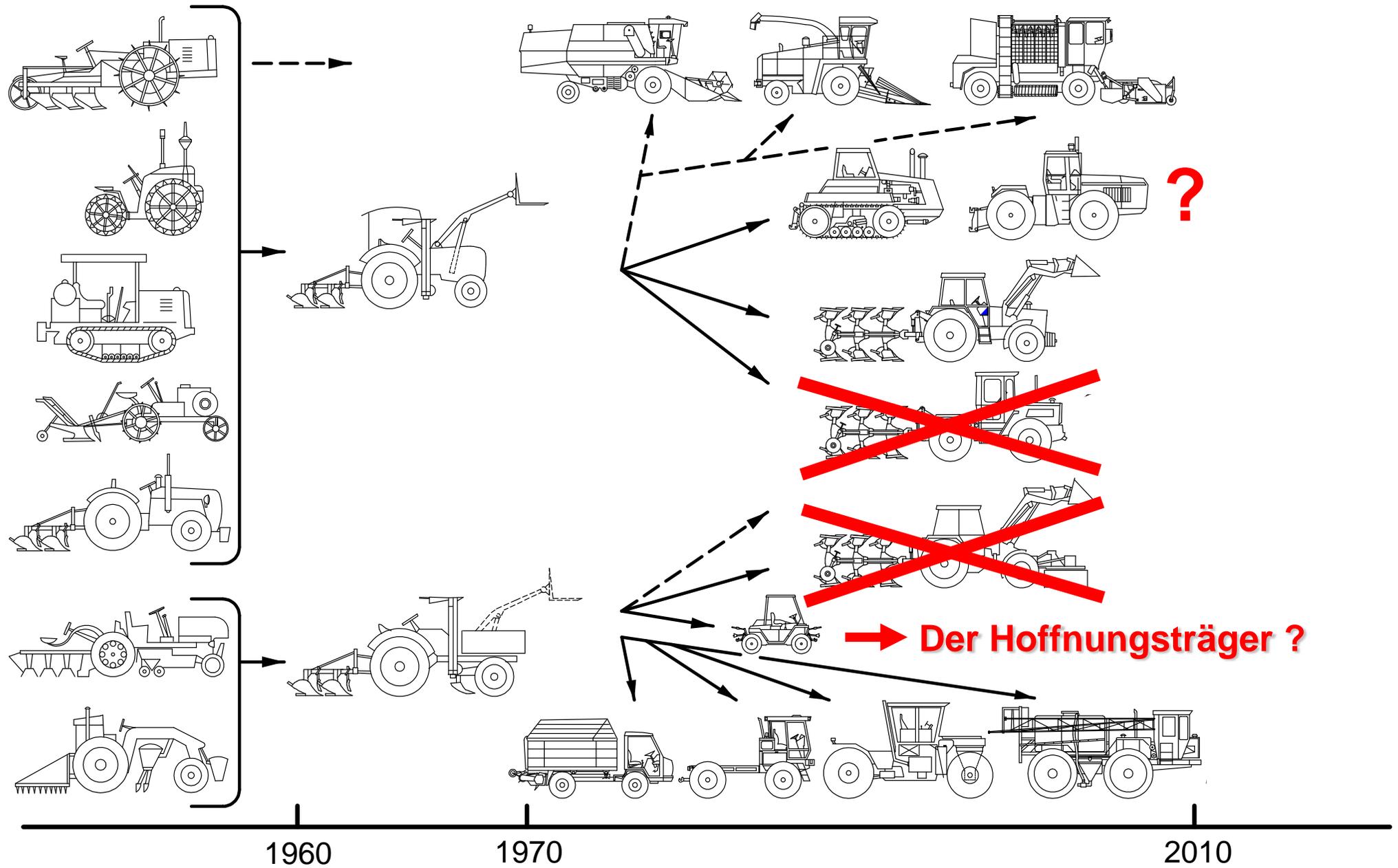
# Mechanisierung in **zwei technischen Linien** !



- **Gezogene Geräte**
- Technik geht in die Breite
- Weniger Kombinationen
- **preisgünstiger, ortsspezifische Anpassung schwierig !**

- **Angebaute Geräte**  
(Selbstfahreigenschaft)
- Technik geht in die Länge
- Fast immer Kombinationen
- **teurer, ortsspezifische Anpassung sehr gut möglich !**

# Selbstfahrende Landtechnik – gestern und heute



# Wohin geht die Reise - groß, größer und immer noch größer ?

**1978: Big Bud mit 900 PS !  
Der größte Schlepper der  
Welt wiegt 58,9 t**

**(dummer Riese ?)**

**Geht per Gesetz in Europa nicht !**



**2007**



**Und 2021 dann 10 Achsen ?  
oder geht es auch kleiner ?**



# Nicht ziehen, sondern antreiben !!!

1978: Big Bud mit **900 PS**  
! Der größte Schlepper der  
Welt wiegt **58,9 t**

2006: BigX 1000 von KRONE  
mit **1020 PS** ! Die stärkste  
Landmaschine der Welt  
wiegt **14,9 t** (ohne Vorsatz)

**Ein (intelligenter) Zwerg !!!**

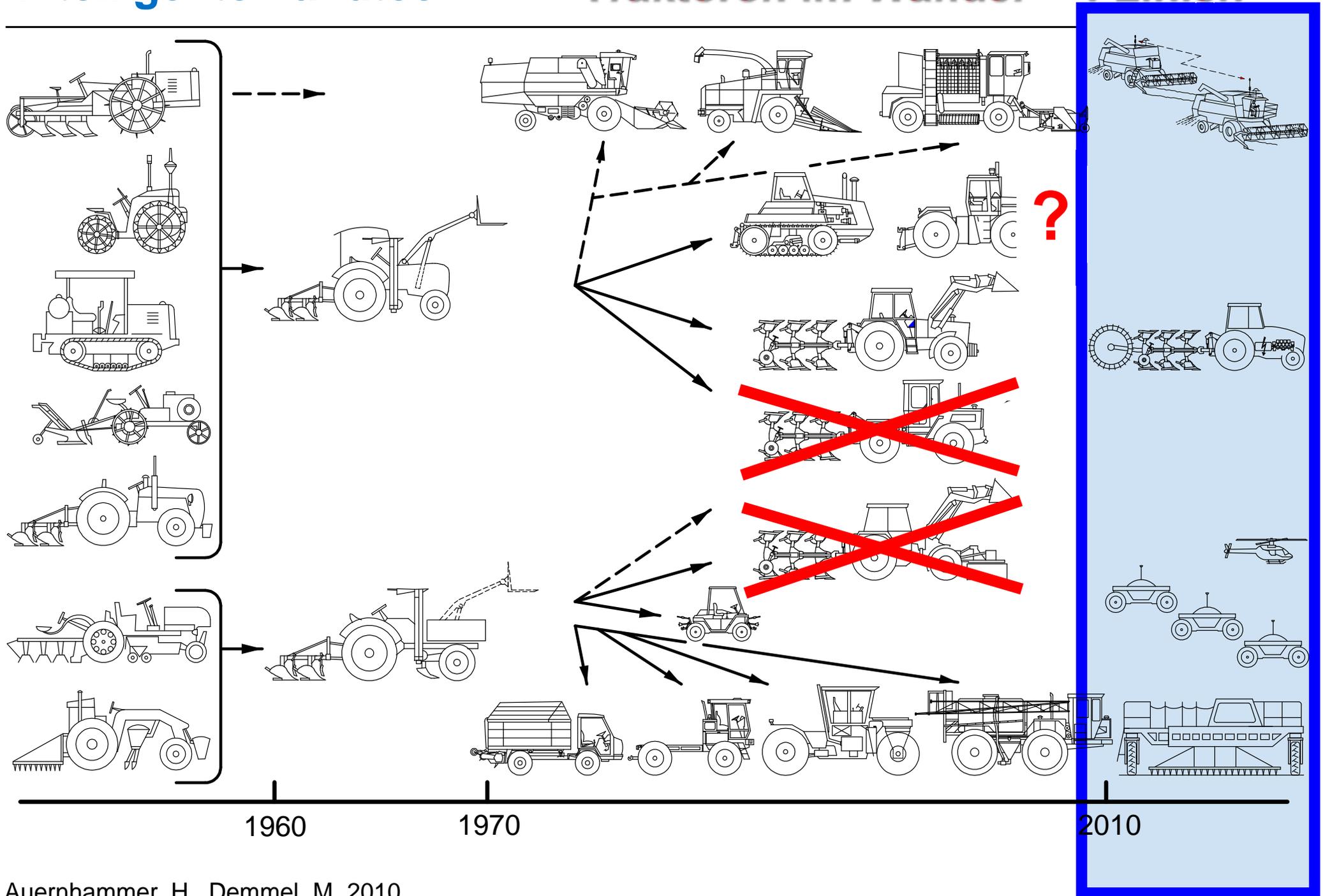


**Höhere  
Leistungs-  
dichte**

- **weniger Masse**
- weniger Bodenverdichtung
- weniger Treibstoffverbrauch
- geringerer Ressourcenverbrauch (Material, Energie, ... )

**→ Antreibende anstelle von ziehender Technik für morgen !**

# Intelligente Landtechnik – Traktoren im Wandel = 4 Linien



Auernhammer, H., Demmel, M. 2010

Source: Blackmore, S.: A specification for an autonomous mechanisation system. Guangzhou (China) 2008

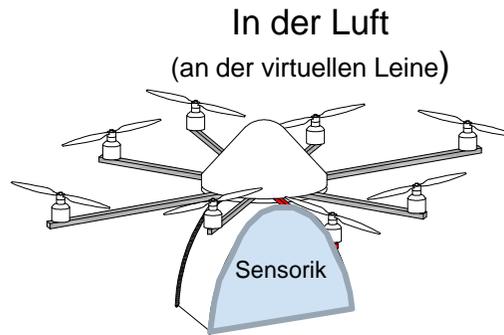
„So ... ???“



**Können wir damit 5 – 18 t/ha  
ernten?**  
**Oder was können wir mit dieser  
*Technologie eigentlich tun ?***



# Mini-Roboter – zwei Varianten für morgen und übermorgen?



## Die “intelligente” Plattform

- Größte Beweglichkeit
- Geringster Bodendruck
- Autark durch Solarzellen und GNSS

### Spezialisiert auf:

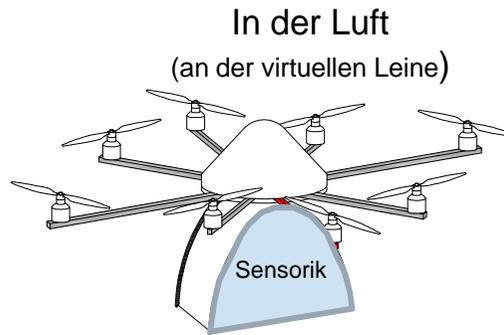
- Permanentes Monitoring (Überwachung)
- Teilschläge und einzelne Pflanzen durch kognitive Fähigkeiten
- Mechanische/physikalische Unkrautbekämpfung
- Wenn benötigt auch chemischen Pflanzenschutz

## Der kleine Dumme,

z.B.:

- Staubsauger
  - Rasenmäher
- Kann ruhig eine Stelle zwei- oder auch mehrmals bearbeiten. Wichtig ist nur, dass er alles in einer vertretbaren Zeitspanne bearbeitet und danach zur Versorgungsstation zurück kehrt !

# Mini-Roboter – zwei Varianten für morgen und übermorgen?



## Die „intelligente“ Plattform

- Größte Bewegung
- Geringster Boden
- Autark durch S

### Spezialisiert auf

- Permanentes
- Teilschläge und
- Fähigkeiten
- Mechanische/
- Wenn benötigt auch chemischen Pflanzenschutz

## Sinnvoll nur, wenn

- Eingeschränktes Land
- Ausreichend Zeit für Bearbeitung
- Spezifische Aufgaben
- Hochwertige Pflanzen
- ...

## Der kleine Dumme,

z.B.:

- Staubsauger
  - Rasenmäher
- Kann ruhig eine Stelle zwei- oder auch mehrmals bearbeiten. Wichtig ist nur, dass er alles in einer vertretbaren Zeitspanne bearbeitet und danach zur Versorgungsstation zurück kehrt !

# Alternative Antriebe im Vergleich (Beispiel Traktor)

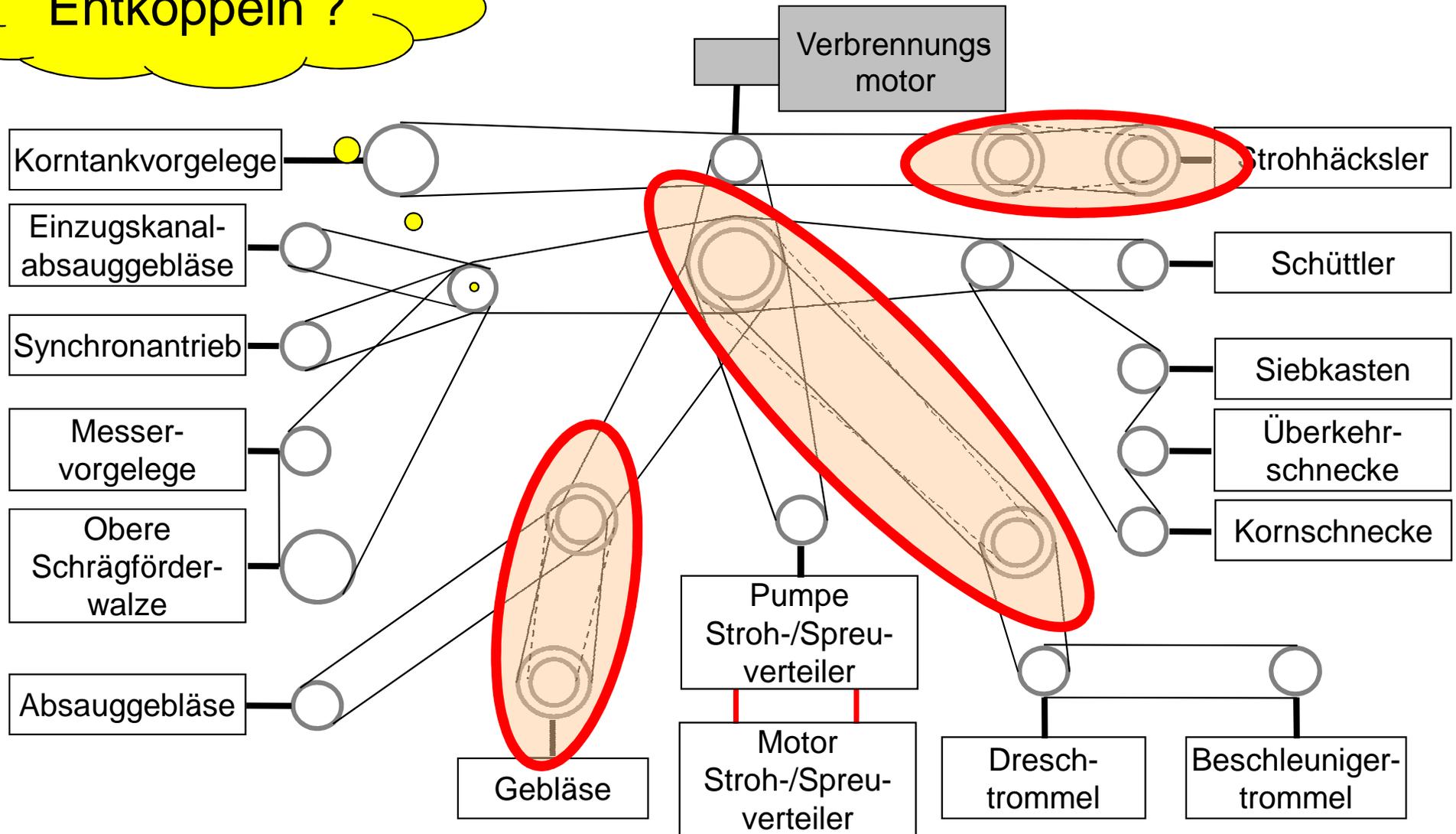
Bewertungskriterien	Elektrisch	Mechanisch	Hydraulisch
Leistungsgewicht	gut	gut	sehr gut
Leistungsdichte	gering	gut	sehr gut
Energieübertragung	sehr gut	gut	gut
Energiespeicherung	sehr gut	gut	gut
Steuer- und Regelbarkeit	sehr gut	gering	gut
Wirkungsgrad	sehr gut	gut	gering
Konstruktive Gestaltung	sehr gut	gut	sehr gut
Kosten	teilweise hoch	hoch	gering

Mobile Notstromversorgung	sehr gut **	Nicht möglich	Nicht möglich
---------------------------	-------------	---------------	---------------

\*\* Der Mähdrescher würde über mehr als 9 Monate verfügbar sein

# Antriebsstruktur am Mähdrescher heute (Gallmeier, 2007)

Entkoppeln ?



# Beispiel: Elektrische Zapfwelle 1956/1957 von FAHR

**Mechanische Verbindung  
(Zapfwelle) entfällt**

**Einfachere Konstruktion der  
Geräte, weil Antrieb direkt an der  
Stelle des Bedarfs**

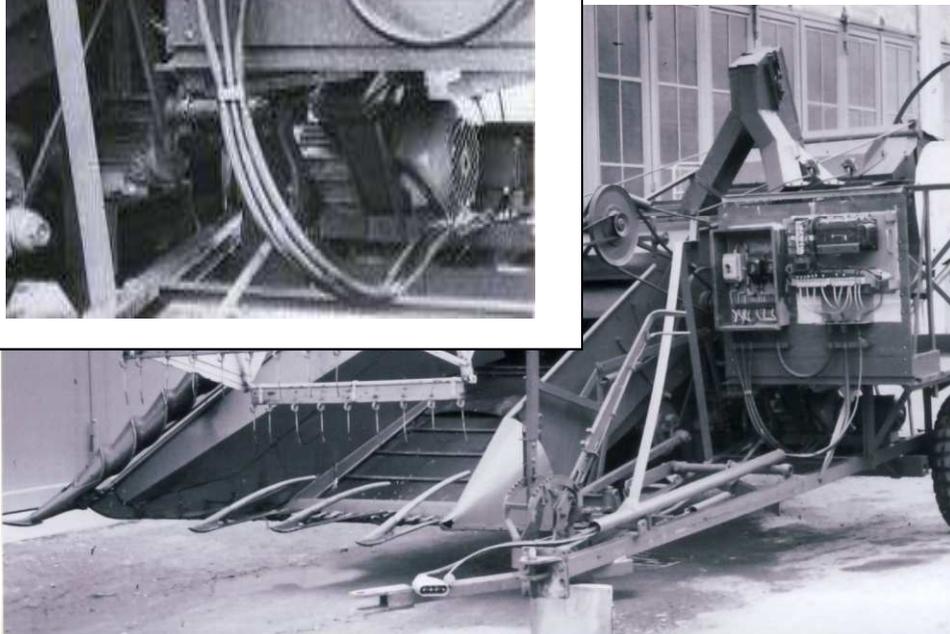
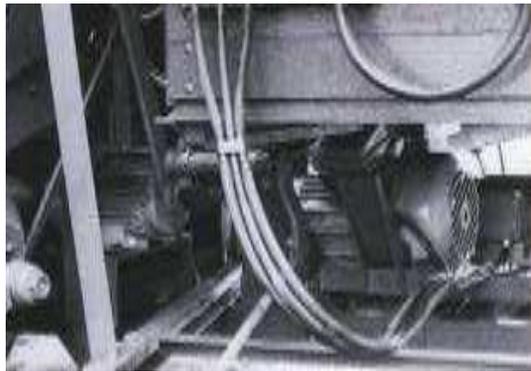
**Bedarfsgerechte Motoren im Gerät**

**Hohe Momente im Anlauf**



**18 kW**

Geschätzte Maße l\*b 1000 \* 400 mm  
oder 200 bis 250 kg = **12 kgkW**



**Versuchseinstellung nach Ernte 1957 weil:**

1. Keine fahrunabhängige Zapfwelle,
2. Vorderachse durch Generatorgewicht zu stark entlastet
3. Gezogene Mährescher „Auslaufmodell“

Bilder: FAHR-Schlepperpost 03/2009, S. 11-13

Zweimotoren-Maschine bietet **ideale Plattform** für modulares Forschungskonzept



## Hybrid

Generelles elektrisches Konzept

Vorsatz und Einzug

*Keine mechanische Leistungsverzweigung im Vorsatz*

*Stufenloser Antrieb beim Einzug ohne Zusatzgetriebe*

Diss. GALLMEIER, 2009



## Hybrid

Optimierung des elektrischen Konzepts

Fahrantrieb

*Antriebsschlupf-Regelung ASR mit Erweiterung „Elektronisches Stabilitäts Programm“ ESP*

*(Rekuperation ?)*

Diss. HECKMANN, 2012 ?



## Hybrid

Antriebsintegration in Bauteil

Häckseltrommel

*Drehzahlentkoppelung zum Dieselmotor und „Messer-Schleif Management“ (Rekuperation ?)*

Diss. NN, 2015



## Brennstoffzelle

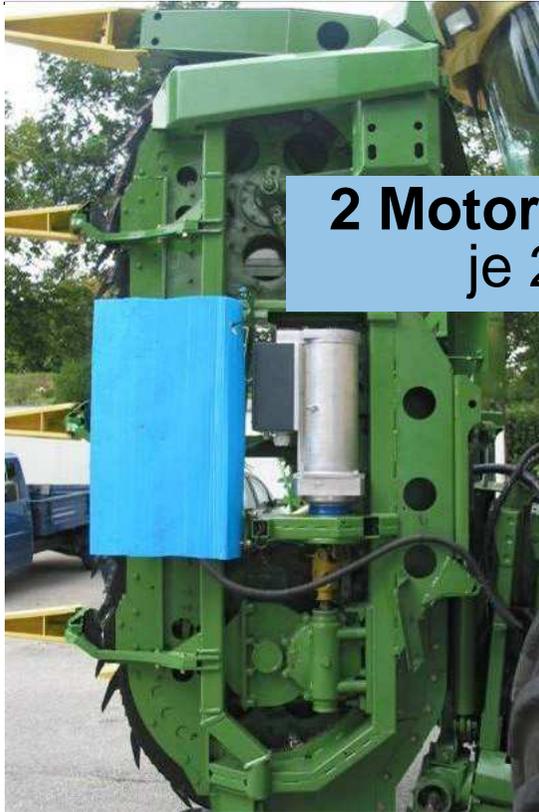
Generelles elektrisches Konzept

Leistungs-BUS

*Systemvereinfachung mit höchster Energieeffizienz*

Diss. NN, 2018

# Diesel-elektrischer Antrieb im Feldhäcksler



**2 Motoren Vorsatz,  
je 20 kW**



**Generator 100 kW  
200 kg = **2 kg/kW****



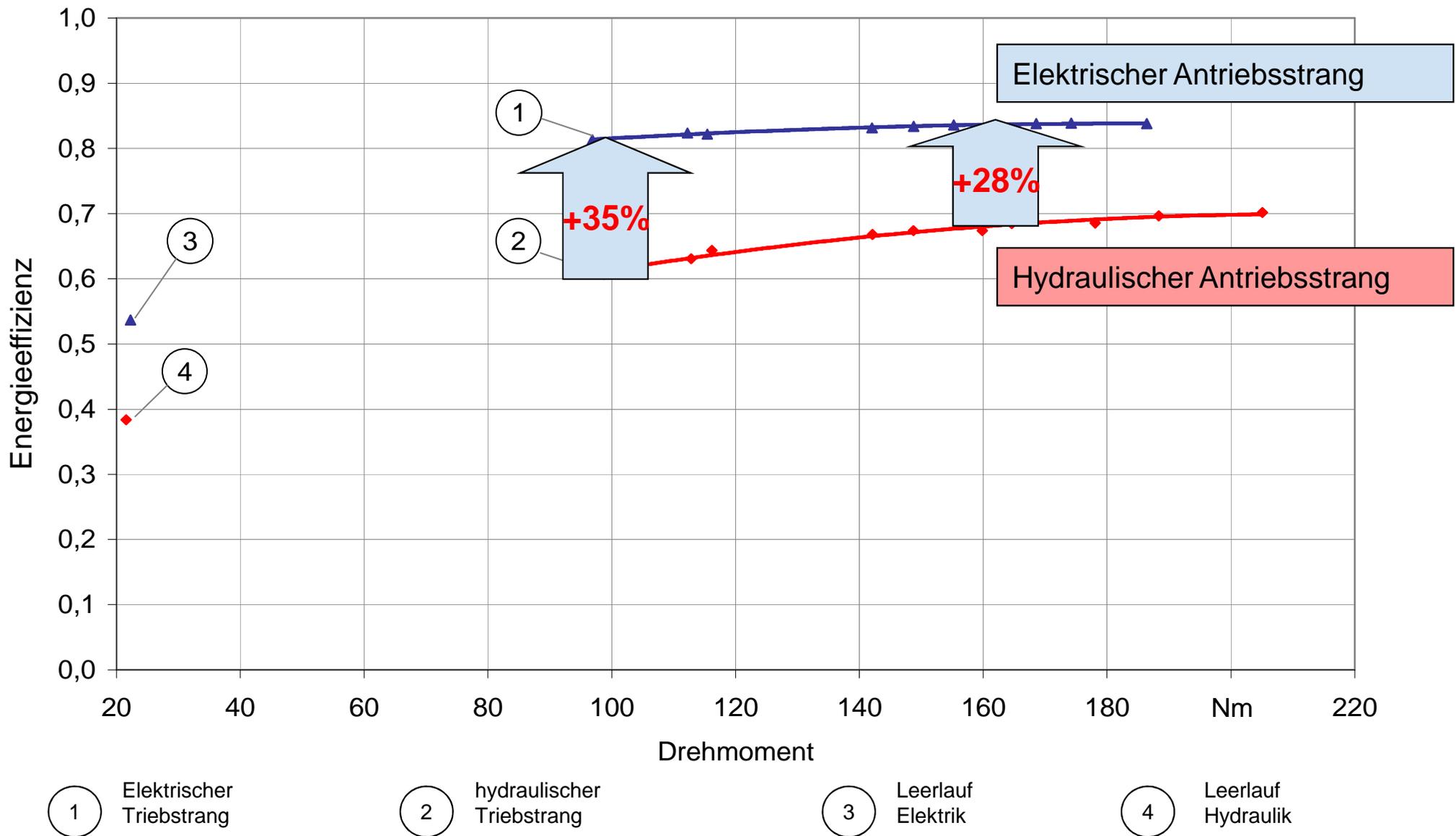
**Motor Einzug  
47 kW**

# Versuchsträger Big X als Hybrid mit easyCollect –

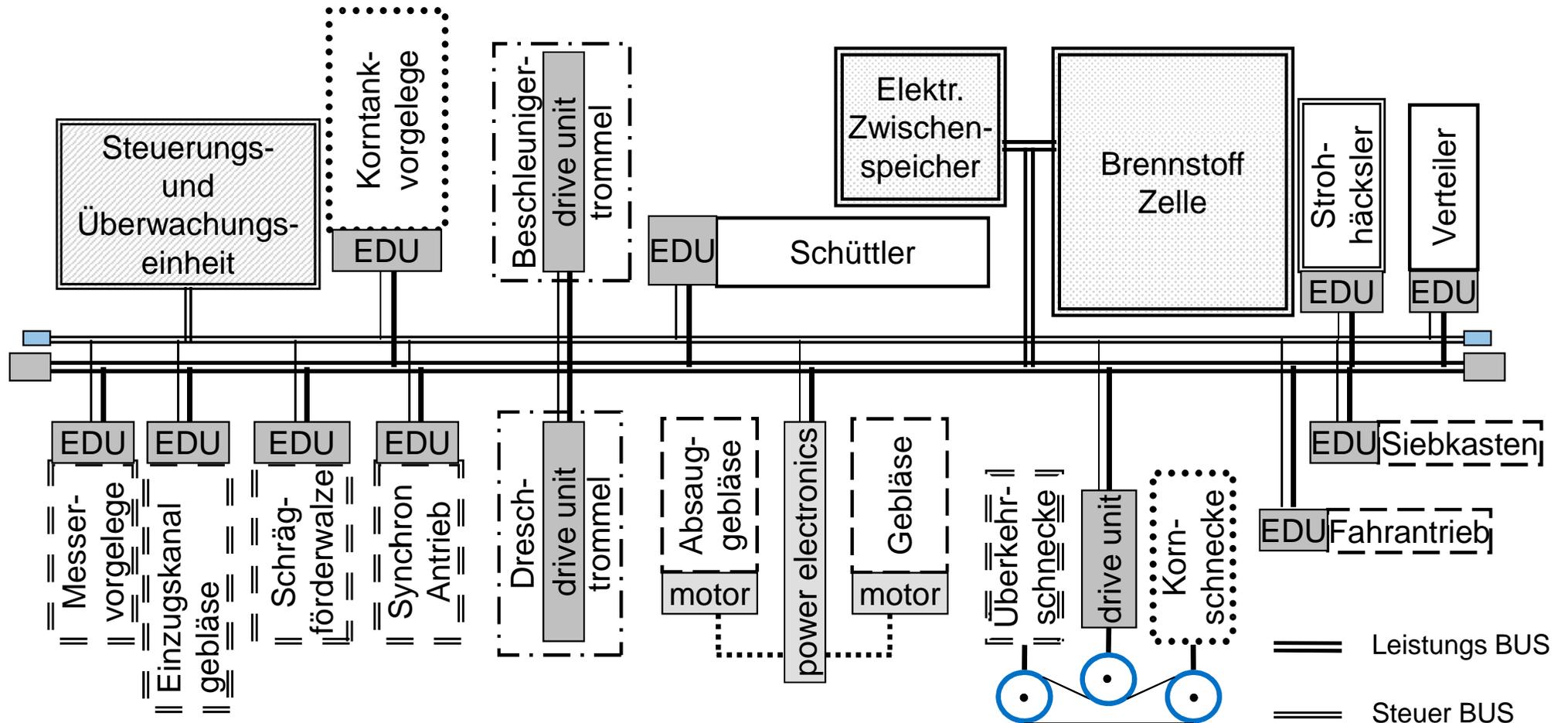
**mehr als 400 ha im Feldtest ohne Störung!**



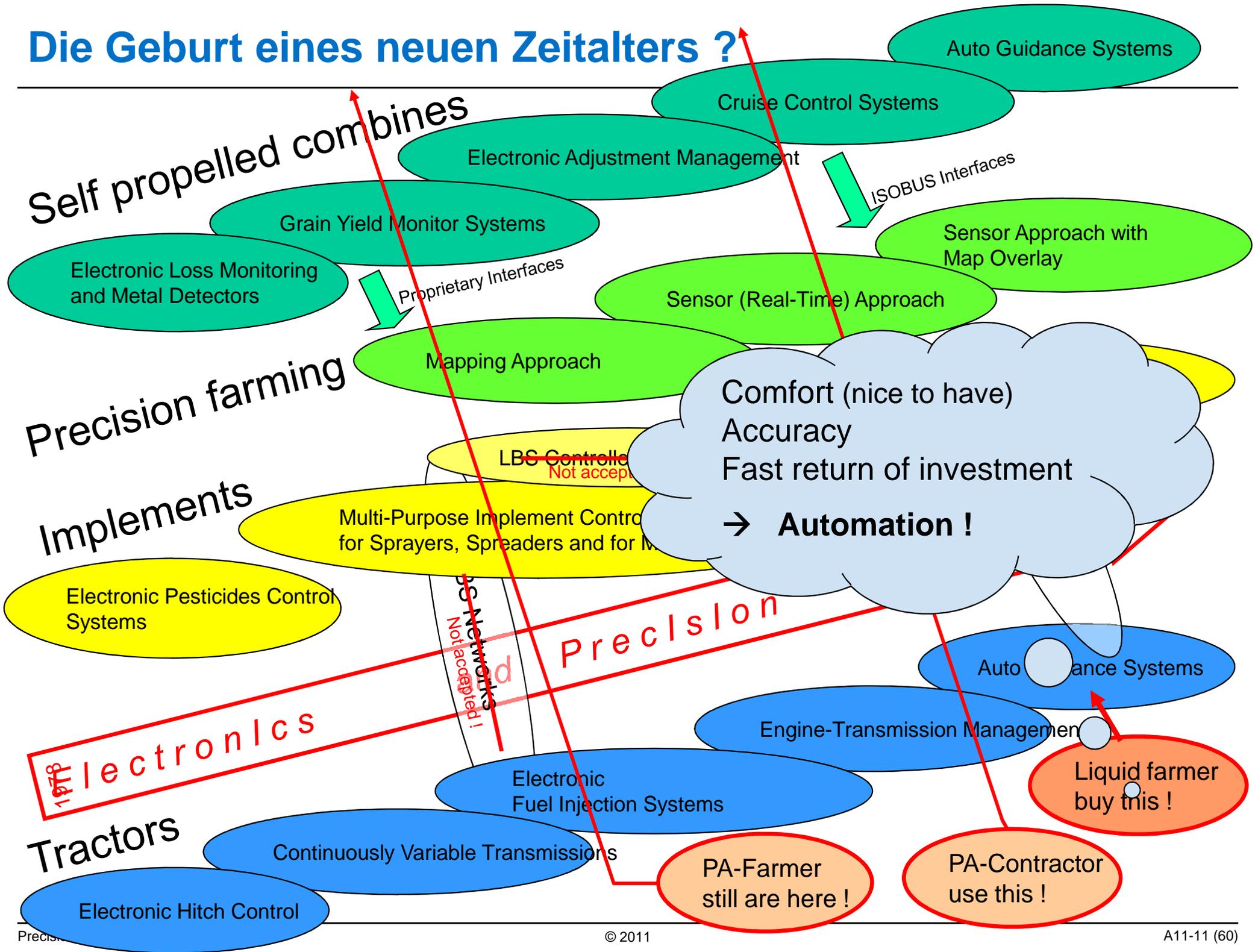
# Energieeffizienz im typischen Zyklus im Vergleich



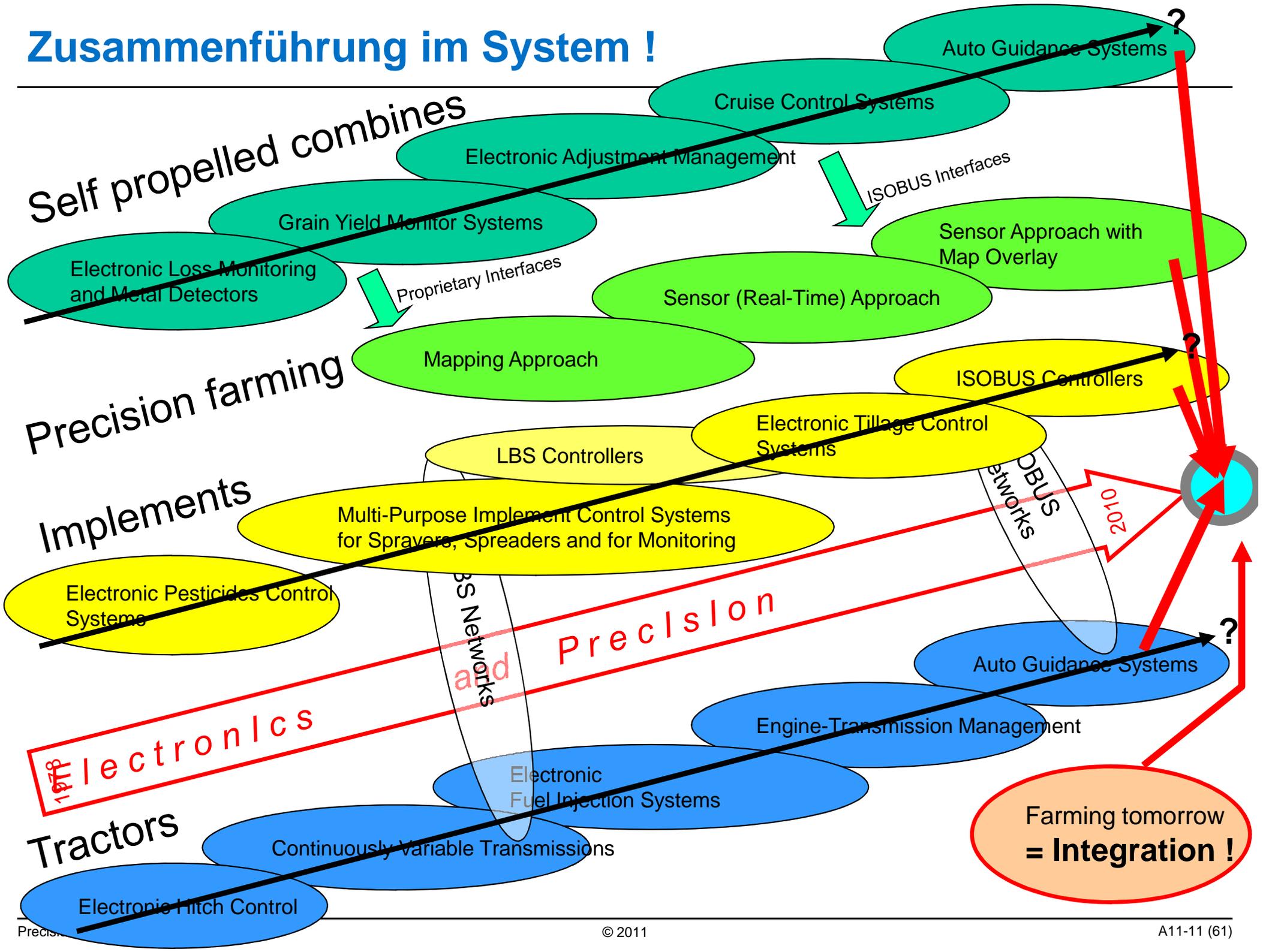
# Der Antriebsstrang morgen



# Die Geburt eines neuen Zeitalters ?



# Zusammenführung im System !



## Robotik im Ackerbau (wann?)

### Mittlere Robotik 2015 \*

Arbeiten als teil- oder vollständig autonome **Maschinen-Systeme** in Anpassung an die geforderte Leistung.

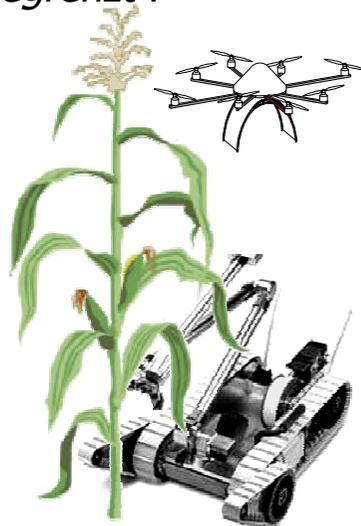
*Technik verfügbar, erste Lösungen als Leader-Follower Systeme in der Forschung !*



### Mini – Robotik 2015

Arbeiten **um die Pflanzen** von der Saat bis zur Ernte.

*Erste Lösungen existieren. Die Handhabung von großen Massen ist begrenzt !*



### Micro – Robotik 2020

Arbeiten **an den Pflanzen** für verbessertes Wachstum und für Gesundheitsvorsorge.

*Erste Ideen und Lösungsansätze verfügbar !*



### Nano – Robotik 2035

Arbeiten **in den Pflanzen** zur Gesundheitsfürsorge.  
*Vision für Übermorgen !*

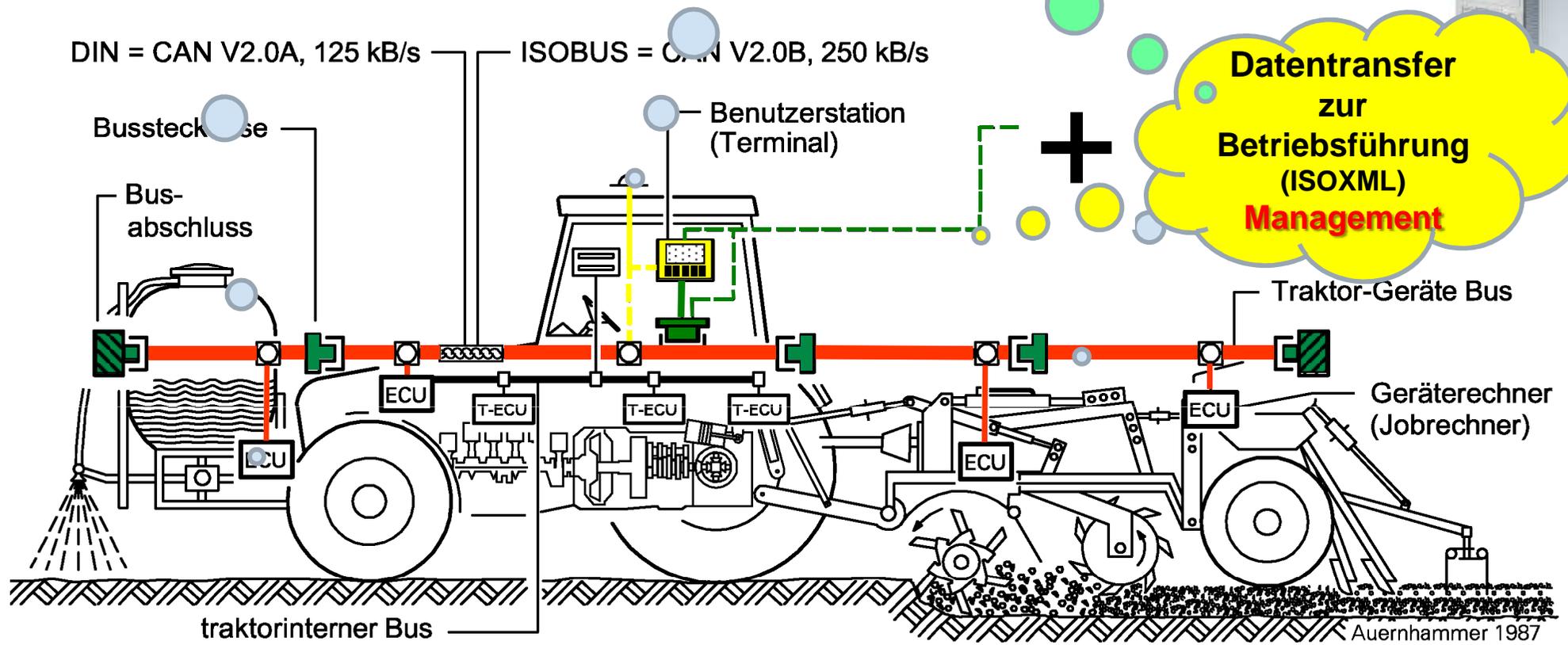


\*

Auf ersten Betrieben im Einsatz

- **Begriffe (Klarstellung) und Präzision**
- **Precision Farming mehr als Teilschlagtechnik**
  - Betriebsmanagement
  - Bestandesmanagement
  - Maschinenmanagement
  - Arbeitsmanagement
- **Precision Farming auf neuen Wegen**
  - Antriebstechnik im Umbruch
  - Klein *contra/oder/und* groß
  - Automatisierung morgen
- **Precision Farming und Ökolandbau**
  - Dokumentation = A und O
  - Arrondierung garantiert Mindestabstände
  - Spurführung mit anderen Augen gesehen
  - Automatisierung ersetzt Handarbeit
- **Schlussfolgerungen**

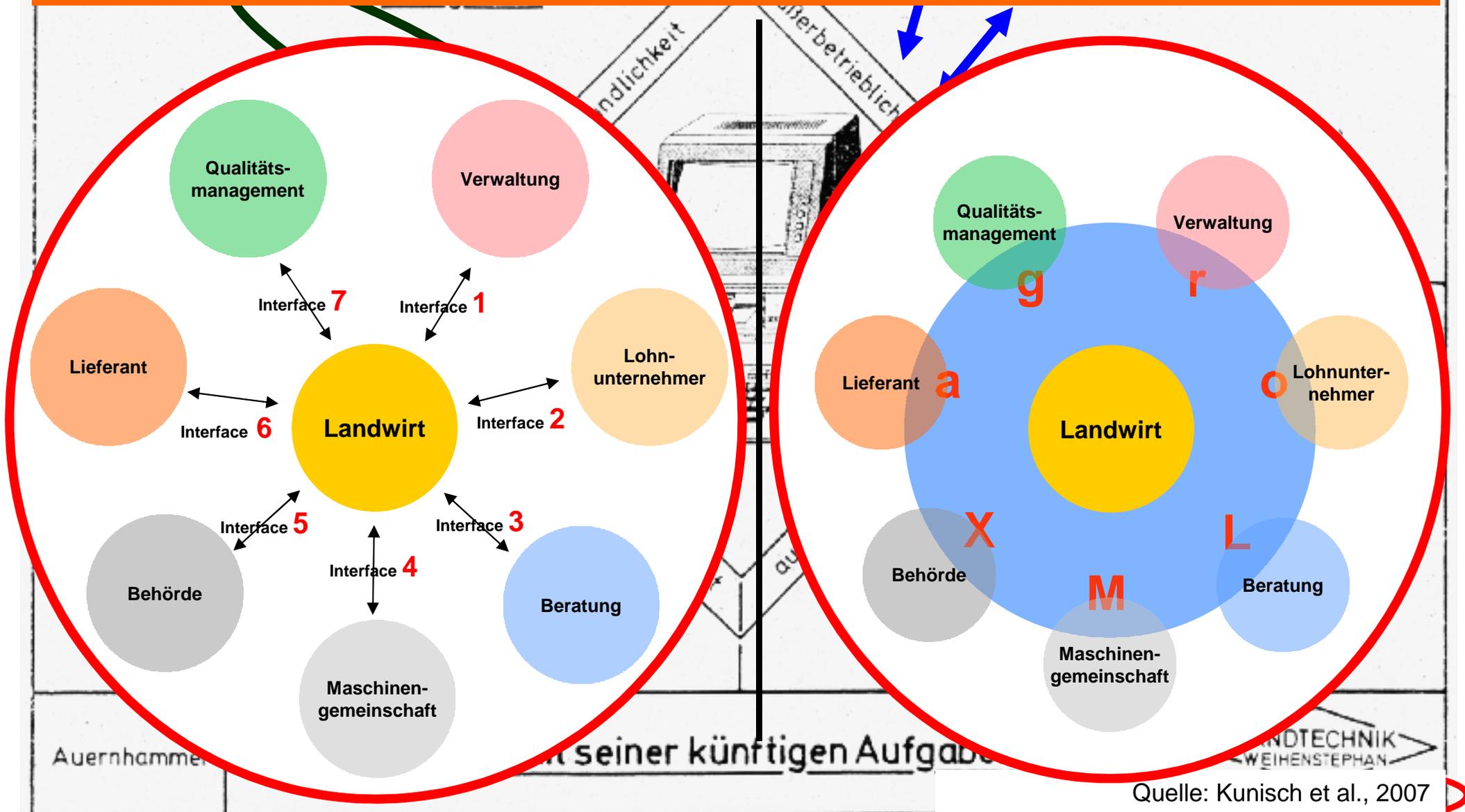
# Betriebliche Dokumentation gesichert (ISOBUS und GNSS)



T-ECU Traktorinterner Jobrechner

# Datenaustausch ohne (links) und mit (rechts) agroXML

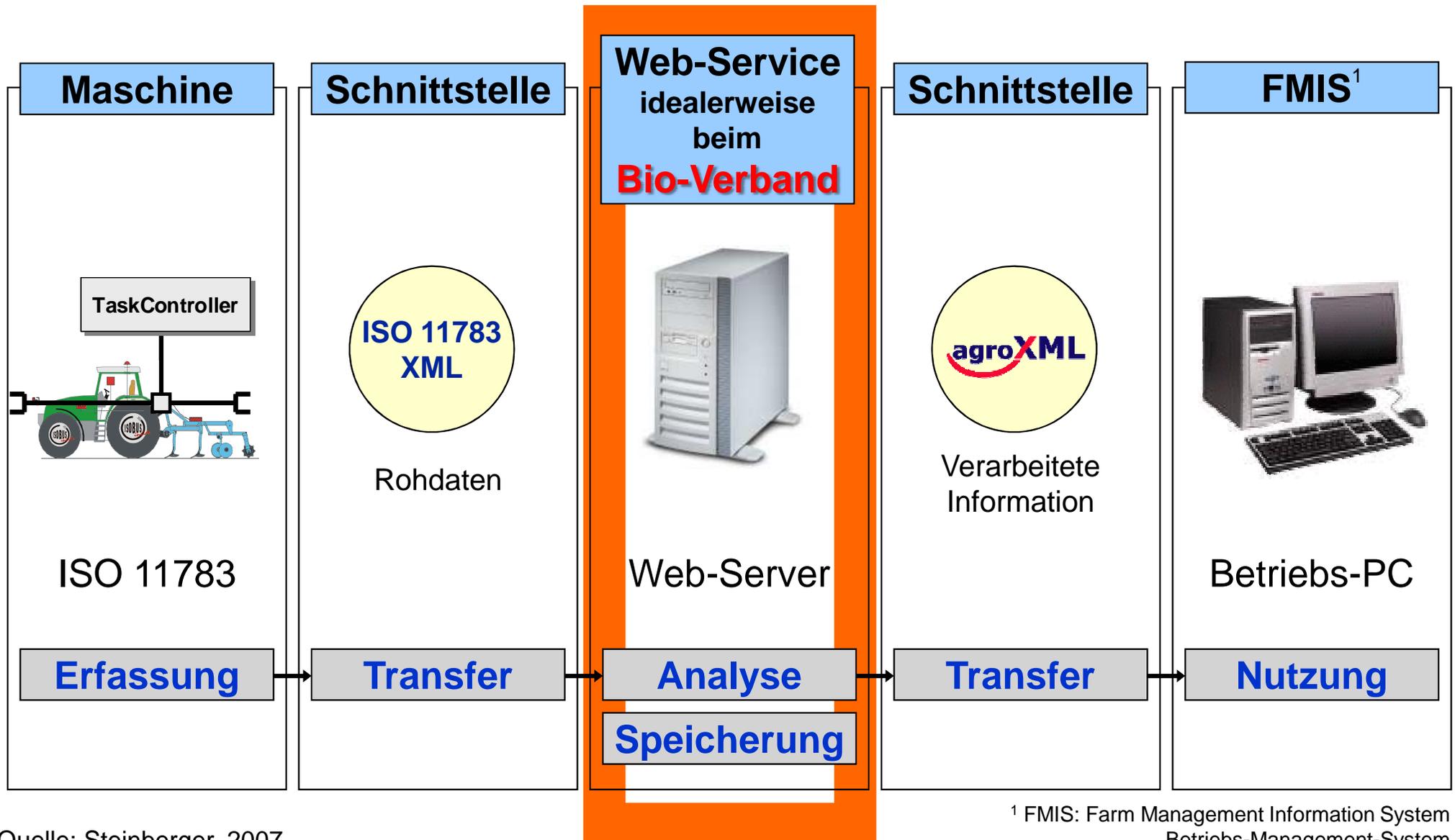
Aufgrund der vielen Beteiligten ist ein Standard (der kleinste gemeinsame Nenner) sehr schwierig zu erstellen und umzusetzen!



# Web-basierter landwirtschaftlicher Datenservice

Nur noch zwei Partner, deshalb einfacher zu realisieren !

Softwareaktualisierung außerhalb der Aufgaben/Verantwortung des Landwirts !



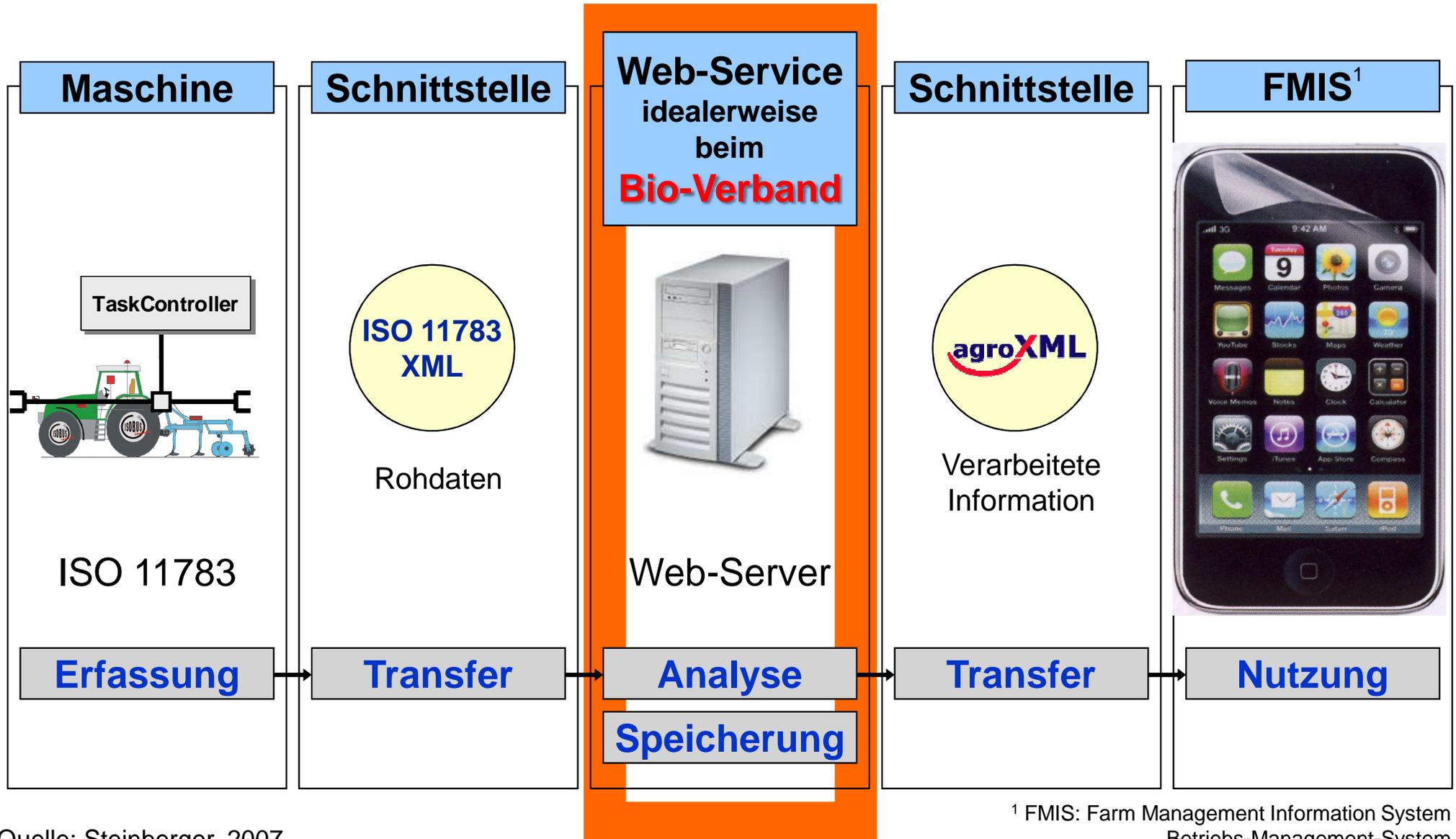
Quelle: Steinberger, 2007

<sup>1</sup> FMIS: Farm Management Information System  
Betriebs-Management-System

# Landwirtschaftlicher Datenservice im „Cloud Computing“

## mit User-Terminal von morgen

„Cloud-Computing“ führt zurück zu einem „virtuellen Großrechner“ !



Quelle: Steinberger, 2007

<sup>1</sup> FMIS: Farm Management Information System  
Betriebs-Management-System

# Gewannebewirtschaftung morgen

“Spezialisierte Gewannestrukturen”  
in der Gemarkung Zeilitzheim  
- Modellüberlegungen -

Weizen-Zuckerrübengewanne

Getreide -  
Futterbaugewanne

Weinberg

Zeilitzheim

“Ökogewanne”

Wald

Grünland

Jeder Landwirt ist auch  
„Ökobauer“ und kann  
dynamisch wachsen  
oder weichen !

Durch eine Zusammenarbeit **Direktionen für ländliche Entwicklung, Ökoverbände und Wissenschaft** könnte „**Wegweisendes**“ erarbeitet, getestet und umgesetzt werden !

# Präzision beim Säen um 1930

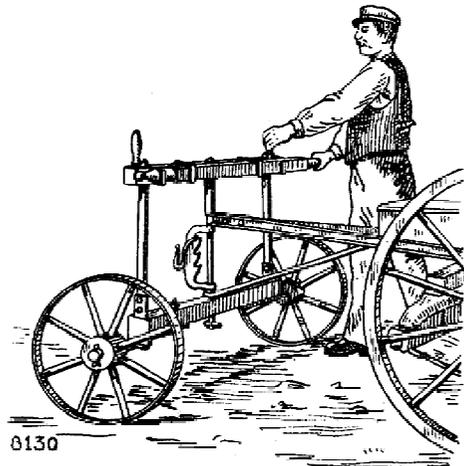


Abb. 156. Schiebe-Bordersteuer.

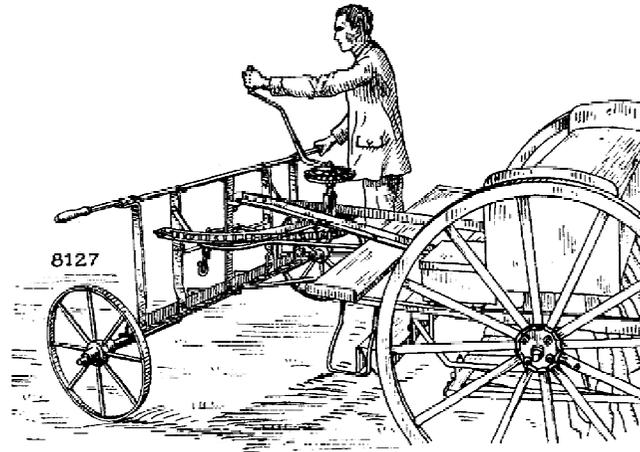


Abb. 157. Ketten-Bordersteuer.

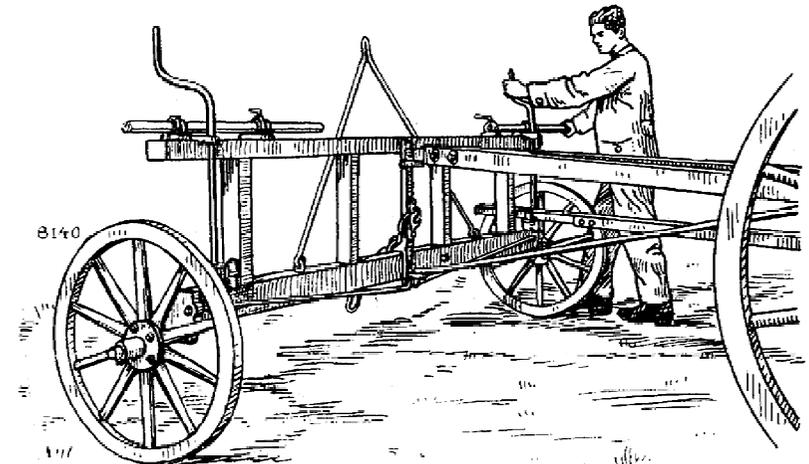


Abb. 158. Zahnstangen-Bordersteuer.

Quelle: Kühne, G. und Meyer, E.: Leitfaden der Landmaschinenkunde 1930, S. 61

## Anforderungen:

- **Spur muss in Spur** gelegt werden, zulässiger Fehler  $\leq \frac{1}{2}$  Radbreite  $\rightarrow \leq 3$  cm
- Spur muss **absolut gerade** sein (man muss durchschießen können)
- bei Zuckerrüben muss über die Spuren eine anschließende **Blindhacke** möglich sein

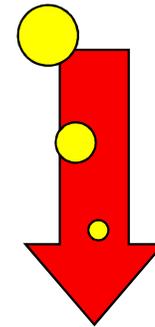
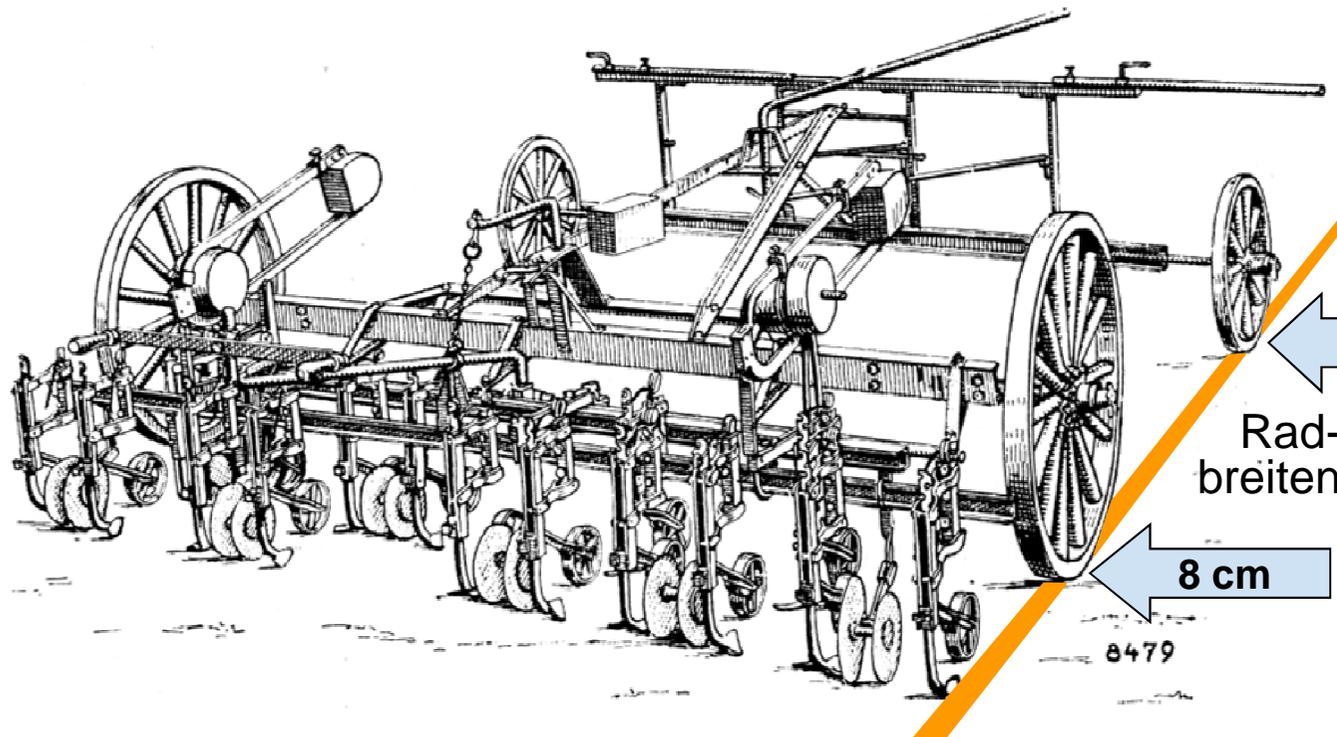
# Blindhacke in Zuckerrüben – mein Lehrbetrieb 1956

Pferdegespann (belgisches Kaltblut) auf 25 ha-Betrieb

Lanz Bulldog, 25 PS mit  
2-schar Anhängepflug  
Bindemäher

Zuckerrübenanbau  
Reihensaat  
**Blindhacke**

Mein erster Kontakt mit  
**Präzisions-  
Landwirtschaft**



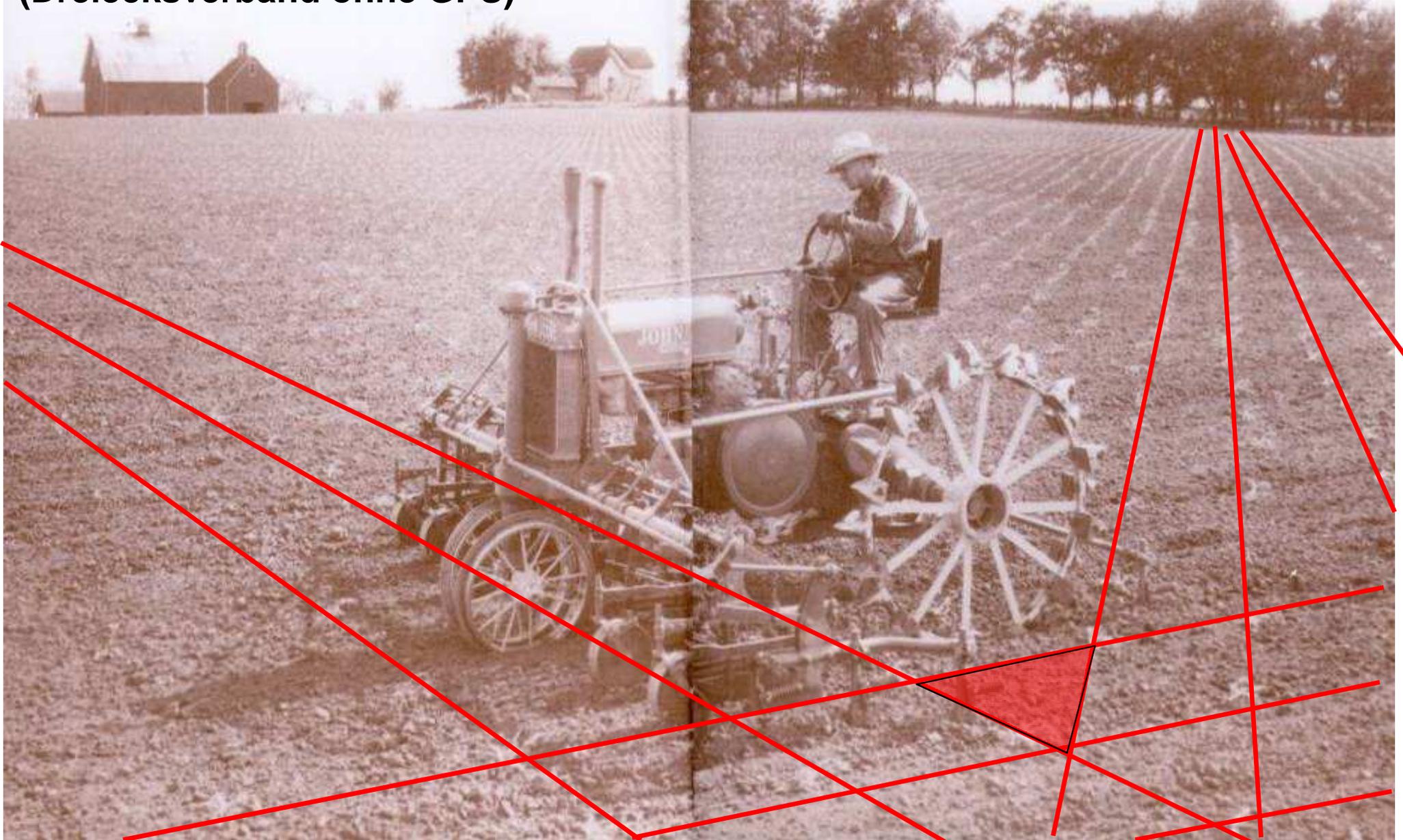
Zul. Lenkfehler  
**± 2 cm**

Jeder Fehler wird  
bestraft !

- Zerstört alle Reihen in der Maschinenarbeitsbreite
- Sichtbar (für alle, also die ganze Gemeinde!)

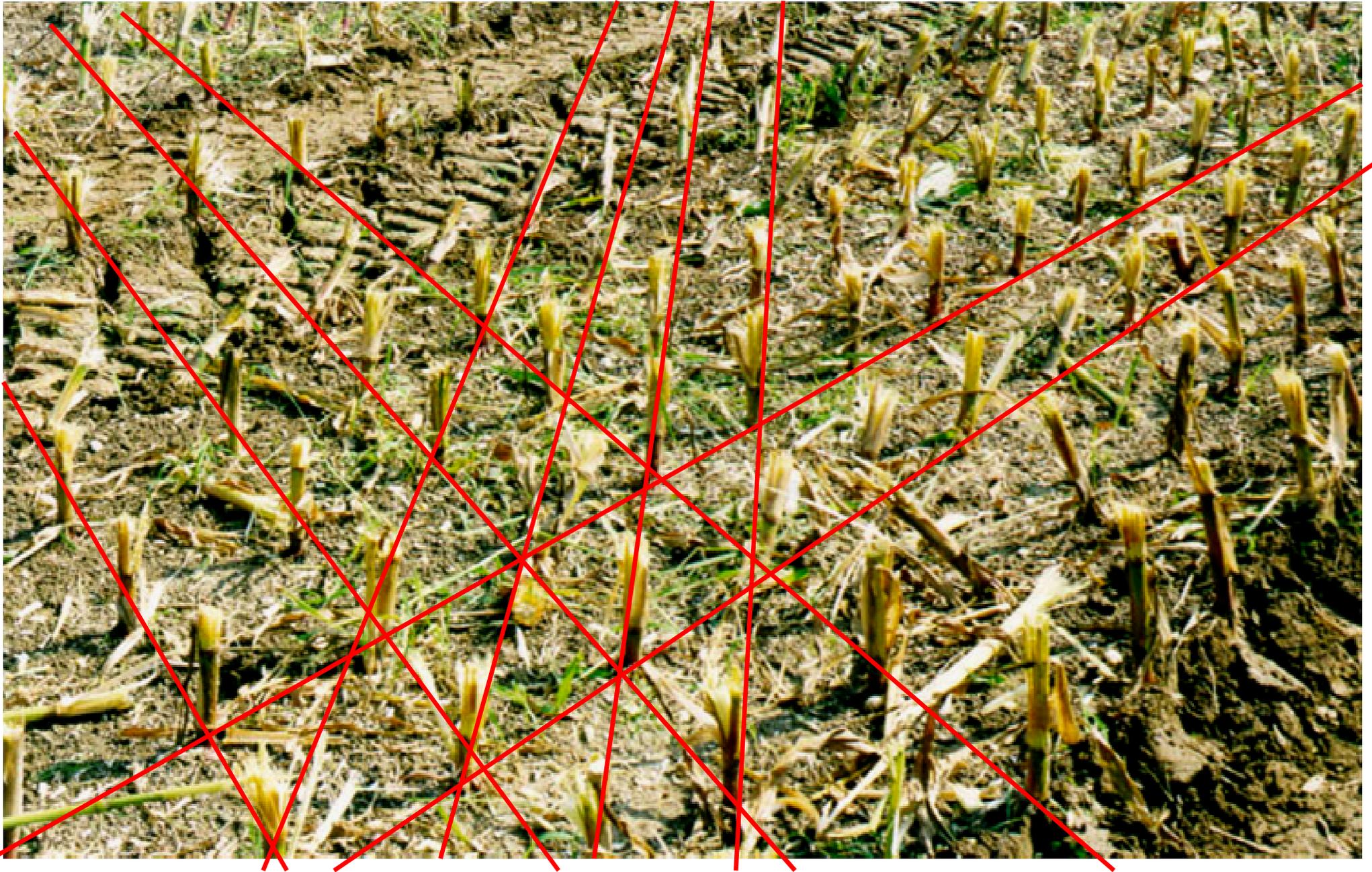
# Präzision beim Hacken um 1950 in den USA

(Dreiecksverband ohne GPS)



Quelle: MacMillan, Don; Morland, Andrew; Leffingwell, Randy: DAS GROSSE BUCH DER John Deere Traktoren. Übersetzung aus dem Englischen: Janice Weiershäuser. München 2000, 255 S. (Buchumschlag)

# Maisanbau im Dreiecksverband 2000



# Maisanbau im Rechteckverband 2006 (3-Blatt-Stadium, 23.06.2006)



**Maschinelle Hacke**  
(6-Blatt-Stadium, 03.07.2006)

Rothmund, 2006

# Rechteckverband 2006 – nahezu flächendeckende

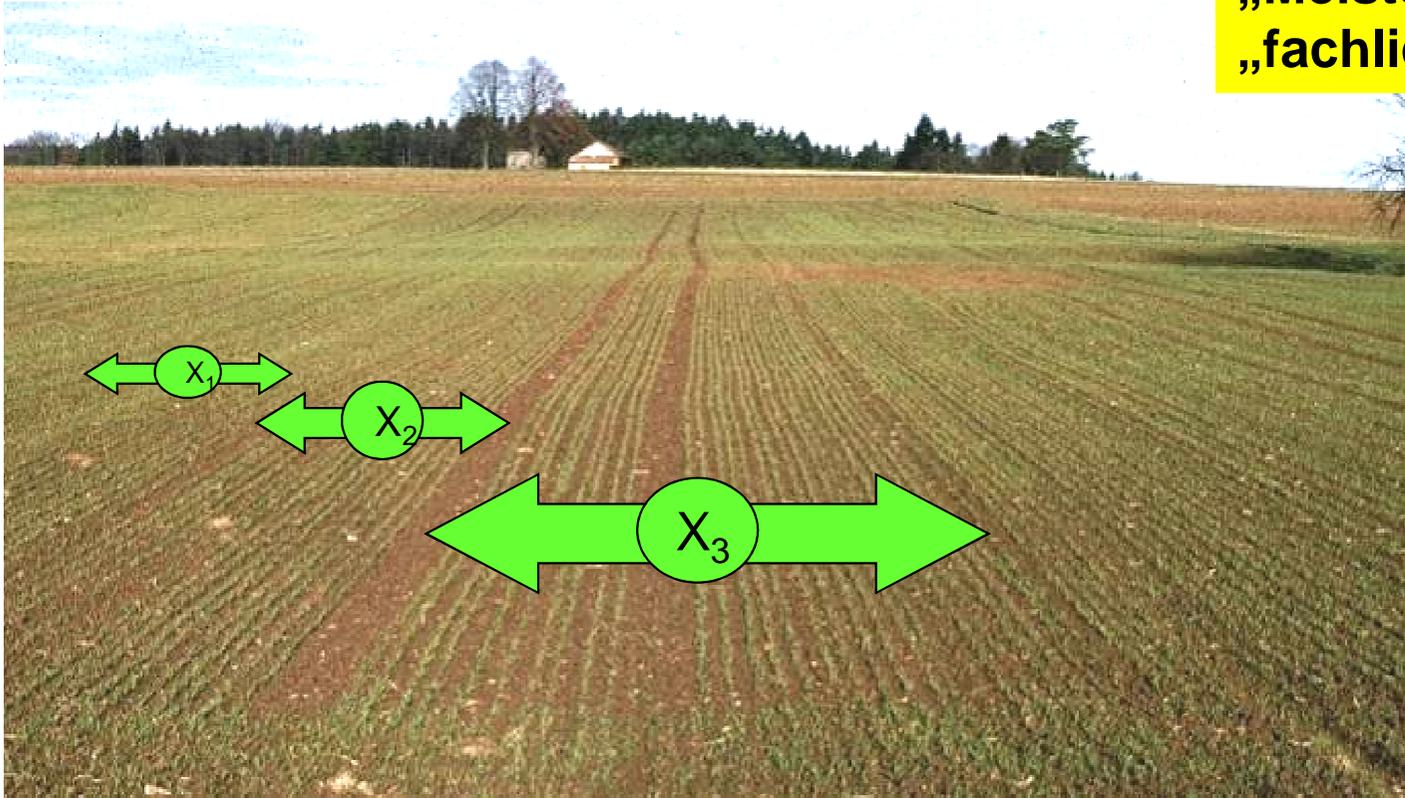
## Hackarbeit (6-Blatt-Stadium, 03.07.2006)



Rothmund, 2006

# Fahrgassen – der erste (mechanische) Schritt in den 70ern

Nach der Saat



Eine europäische „Meisterleistung“ für die gute „fachliche Praxis“

Vor der Ernte

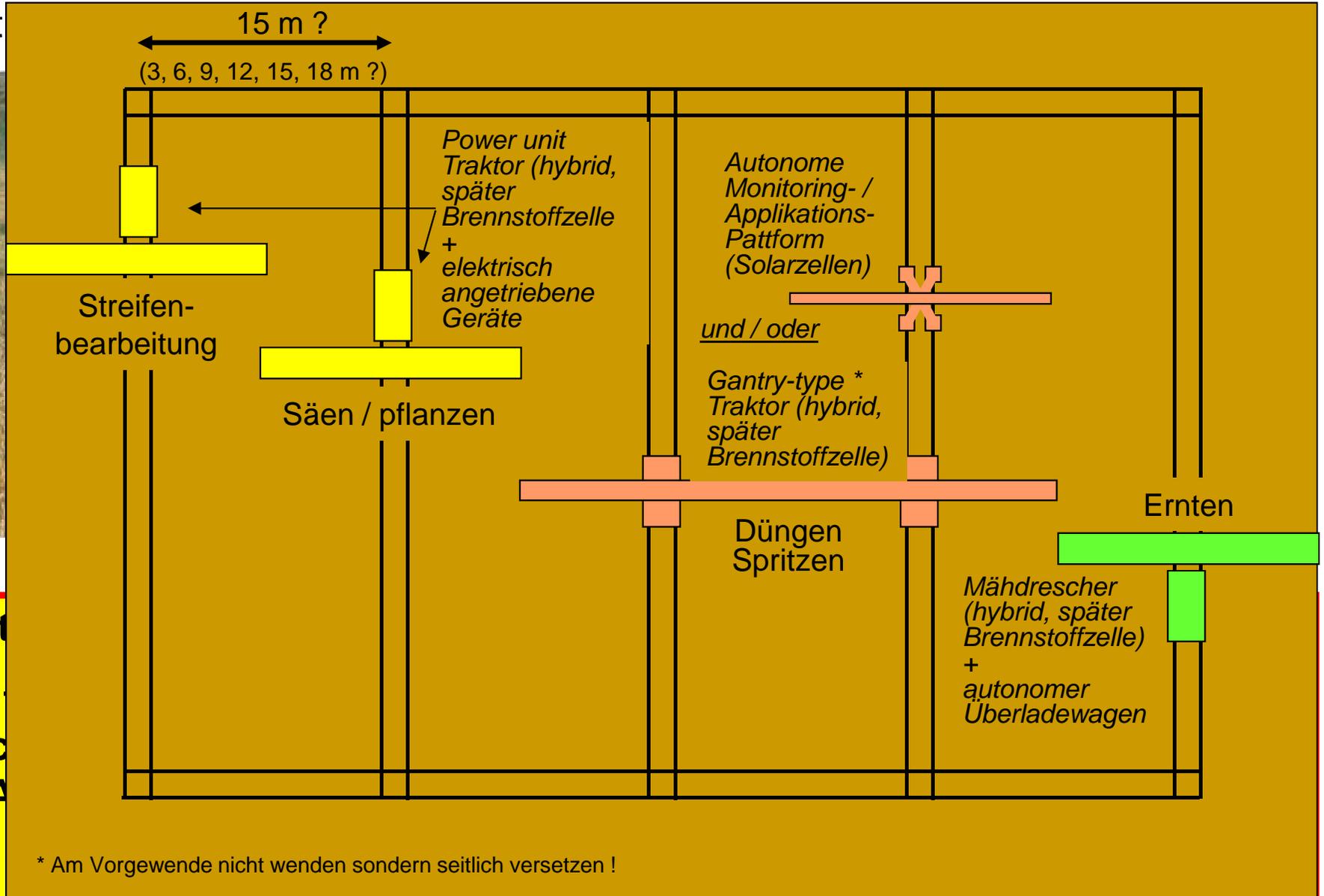


X-Präzision ist hoch wenn exakt gedrillt !

**Aber:** Fahrgassen bisher ausschließlich auf Applikationsgeräte mit großer Arbeitsbreite ausgelegt und damit nur für „Pflegetmaßnahmen“ nutzbar !

# Fahrspuren → Controlled Traffic im 3. Jahrtausend

Bewirtschaftung



- Landwirt
- Genutzt zusätzlich mit der A
- Weniger
- Keine signifikante Ertragsreduzierung

# Fahrspuren auch im Grünland ? → Sogar noch einfacher !

Bewirtschaftung heute

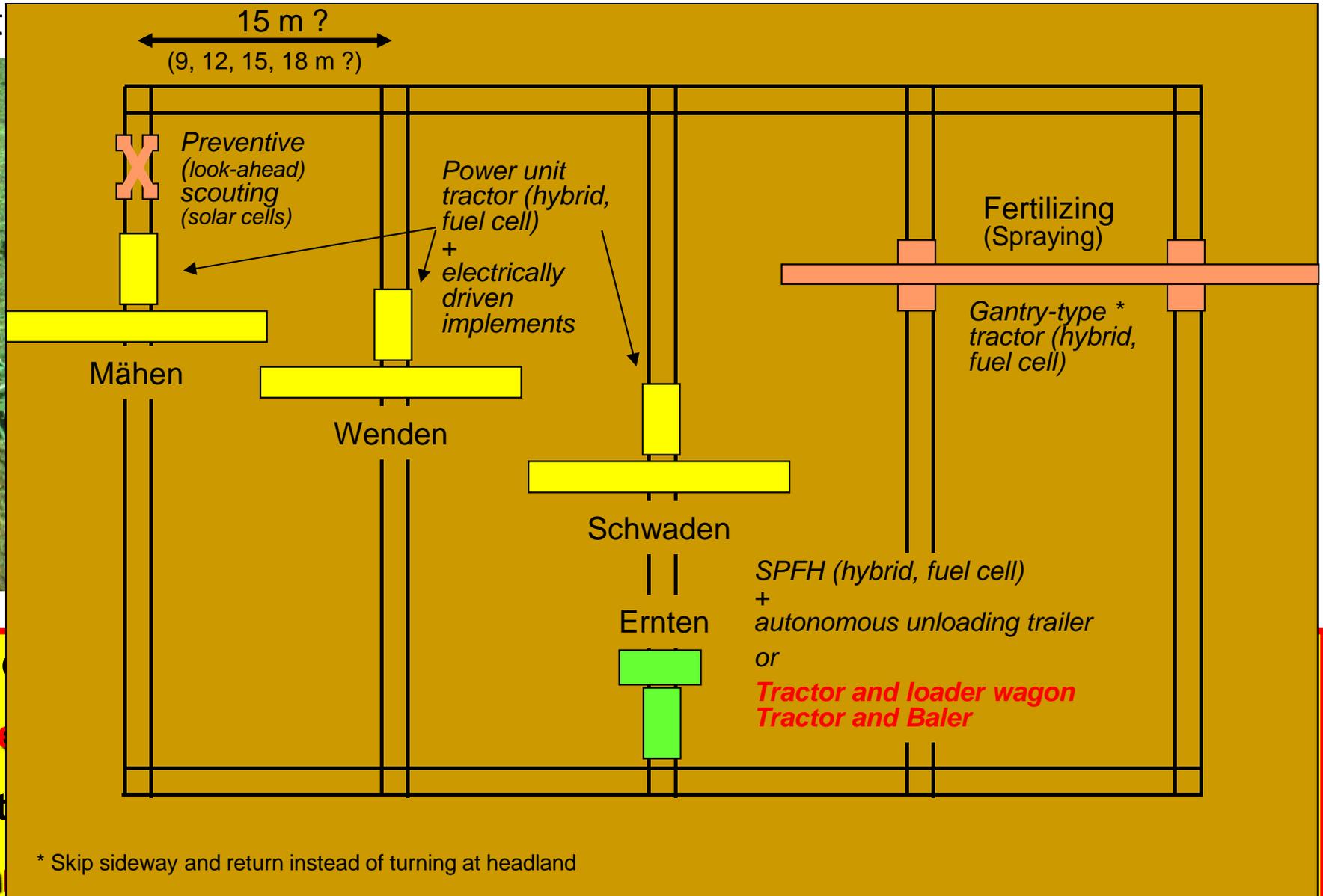


**Mähetechnik und  
Werbetechnik mit  
zunehmender  
Arbeitsbreite  
(bis 15 m)**

- Bei Bodenwerbung bis **40 % Verluste**
- **Bodenverdichtung im Grünland** nicht (direkt) erkennbar
- Applikationsfehler **weniger große Beeinträchtigungen**
- **Überfahren des Gutes** wird (immer) noch akzeptiert
- Auch die „**rustikale Kreiseltechnik**“ immer noch akzeptiert

# Fahrspuren auch im Grünland ? → Sogar noch einfacher !

Bewirtschaftung

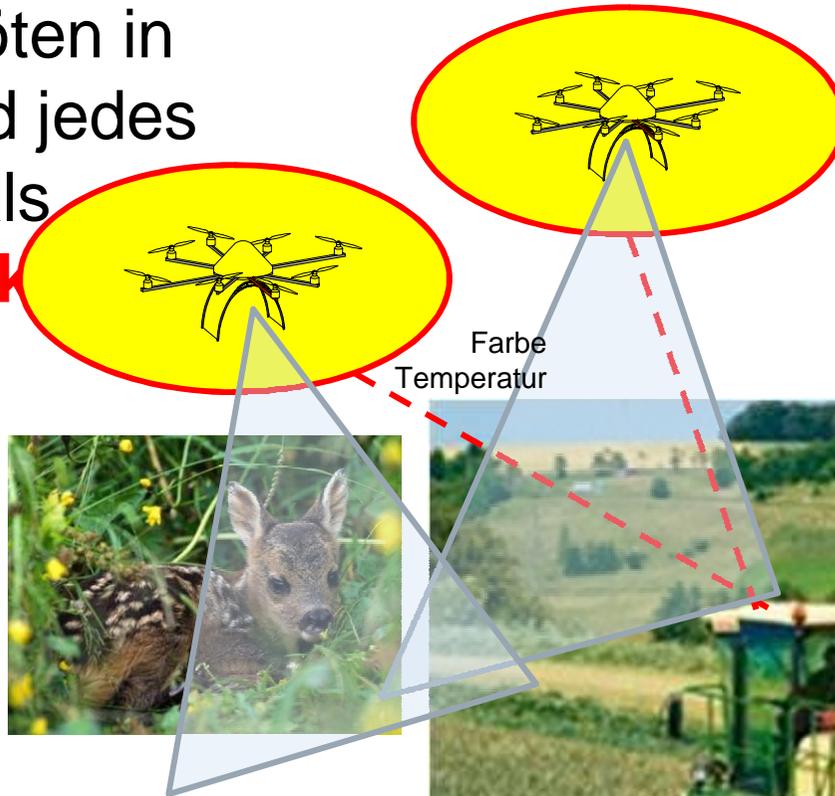


- Bei Boden
- Bodenve
- Applikat
- Überfah

■ Auch die „rustikale Kreiseltechnik“ immer noch akzeptiert

# Großgeräte mit autonomen Satelliten – die Herausforderung

Alle **Mähwerke** (am Traktor angebaut und selbstfahrend) töten in Deutschland jedes Jahr mehr als **90.000 Rehk** (Duckreflex)



Autonome Satelliten mit angepassten Sensoren an der “*virtuellen Leine*” erkennen und **informieren den Fahrer** oder **führen das Schneidwerk** (mit Schutzeinrichtung) **darüber** oder **stoppen das Mähfahrzeug !**

Heute 520 PS  
Arbeitsbreite 13,2 m  
und bis zu 14 km/h



# Schlussfolgerungen

---

Landtechnik ist intelligent geworden und wird noch mehr Elektronik (Intelligenz) erhalten – **dem technischen Trend folgen/vorauslaufen!**

Mit dieser Technik kann der Landwirt heute und morgen noch effizienter, umweltschonender und „komfortabler“ produzieren – **seinen gesellschaftlichen Verpflichtungen nachkommen!**

Generell besteht kein Unterschied für die Nutzung im konventionellen Landbau und im Biolandbau – **für letzteren sind sogar die neuen Möglichkeiten größer und effizienter als für ersteren!**

Allerdings erfordert die Landtechnik von morgen auch eine „Betriebsführung von morgen“ mit völlig neuen/alten Aufgaben – **und vielen neuen Möglichkeiten!**

Die dafür erforderlichen Standards, Methoden und Hilfsmittel sind derzeit erst ansatzweise verfügbar – **Wissenschaft, Landtechnik und Beratung stehen vor der nächsten Herausforderung!**