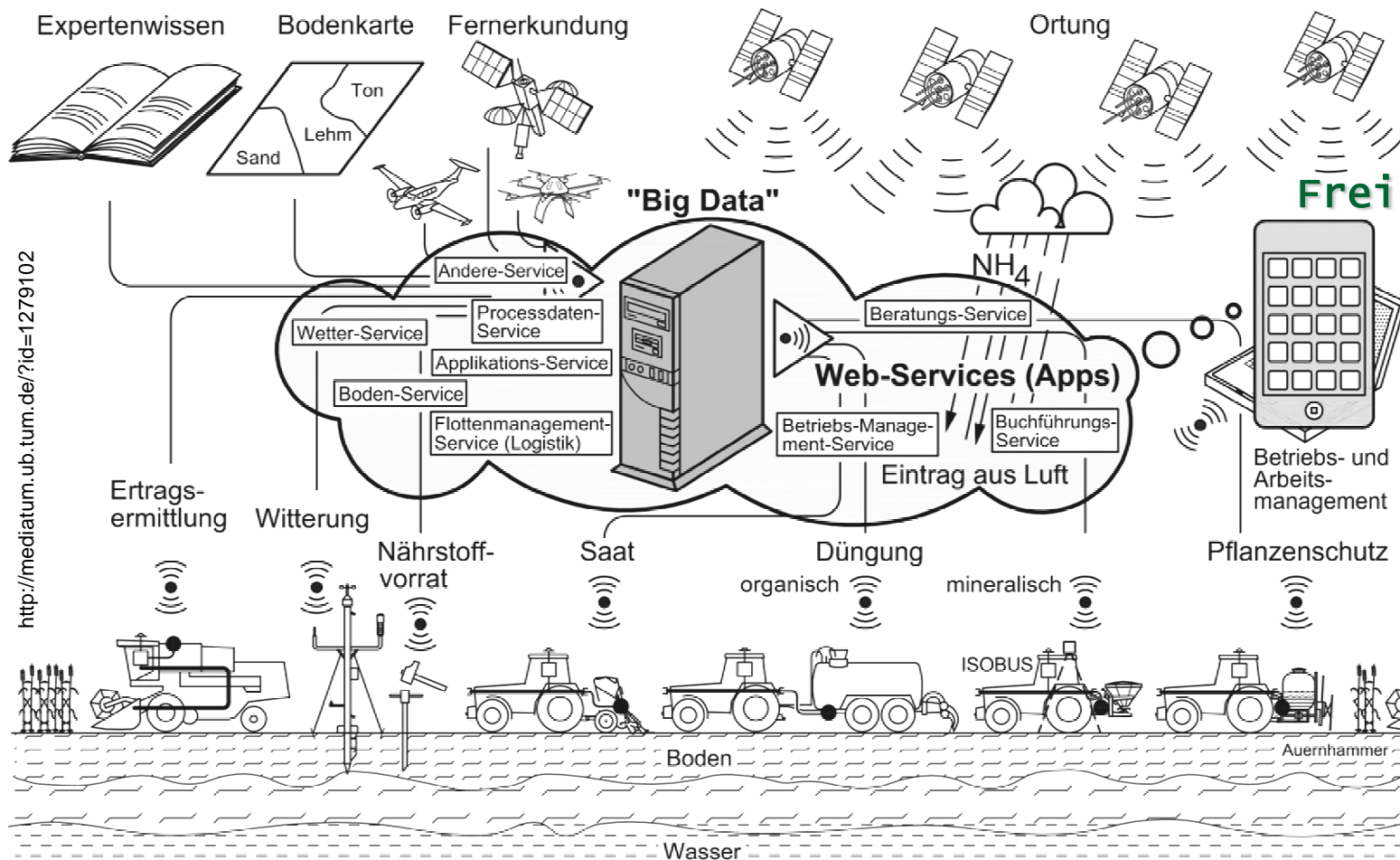


Precision Farming zwischen Realität und systemtechnischen Möglichkeiten



Hermann
 Auernhammer
 Freising-Weißenstephan

<http://mediatum.ub.tum.de/?id=1279102>

Das berechnete Tier
 22./23. April 2016
 Bochum

Agenda

- **Wer die Vergangenheit nicht kennt ... ***
- **Precision Farming**
 - **Bestandsmanagement**
 - **Maschinenmanagement**
 - **Arbeitsmanagement**
 - **Betriebsmanagement**
- **Smart Farming?**
- **Schlussfolgerungen**

* ... ist dazu verdammt sie zu wiederholen (Santayana, 1905)

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. ...“

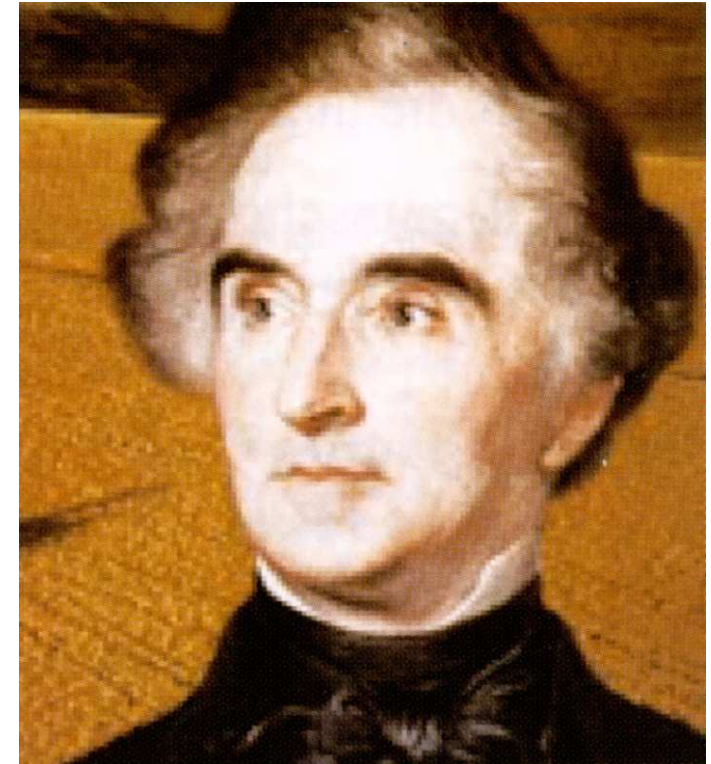
Source: Möser, J.: Nützliche Beilage zum Osnabrücker Intelligenzblatt. Osnabrück, 26. Mai 1770

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 165 Jahren –
obwohl hier „nur“ das Feld und nicht der Teilschlag oder
sogar die Einzelpflanze angesprochen wird !**

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

Spur in Spur – Höchste Präzision schon 1930

→ Spur in Spur mit Fehler $\leq 3 \text{ cm} \leq \frac{1}{2}$ Radbreite

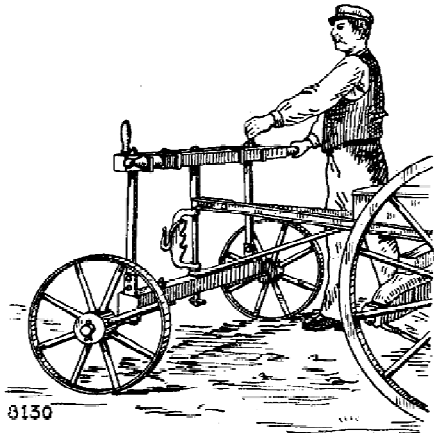


Abb. 156. Schiebe-Vordersteuer.

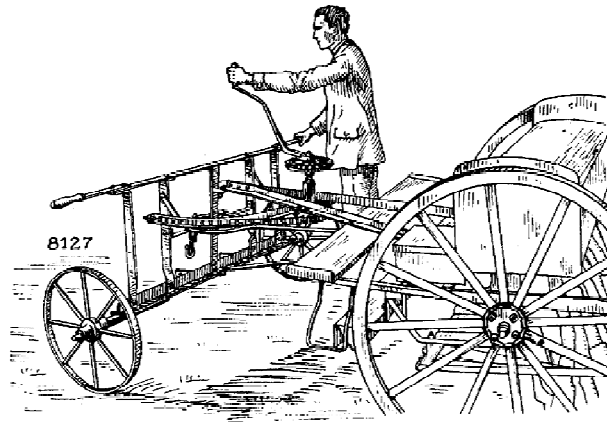


Abb. 157. Ketten-Vordersteuer.

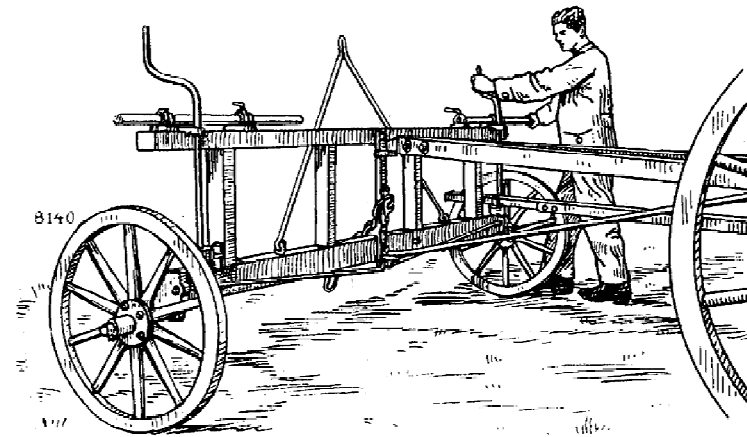
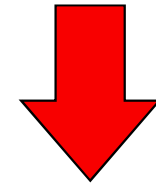
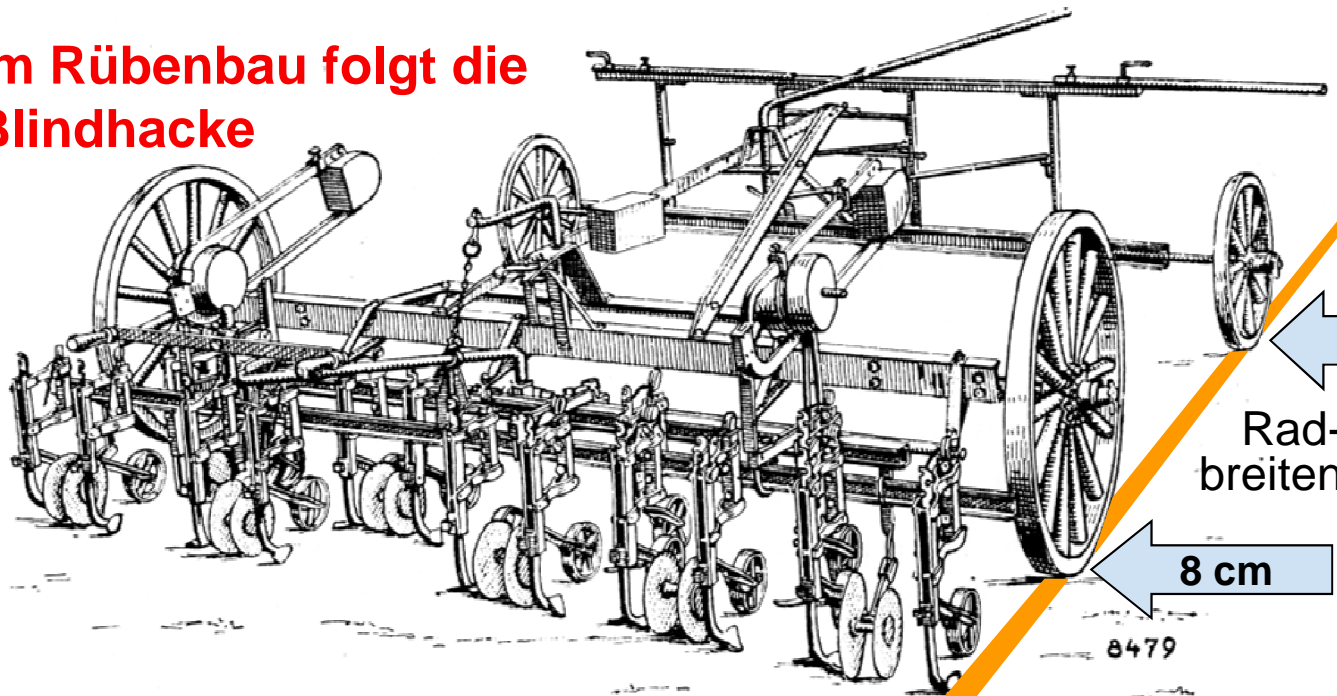


Abb. 158. Zahnstangen-Vordersteuer.

Im Rübenbau folgt die Blindhacke



Zul. Lenkfehler

$\pm 2 \text{ cm}$

6 cm

Radbreiten

8 cm

Jeder Fehler wird bestraft !

- Sichtbar (für alle)
- Zerstört alle Reihen in der Maschinenarbeitsbreite

Agenda

➤ *Wer die Vergangenheit nicht kennt ...*

➤ ***Precision Farming***

➤ *Bestandsmanagement*

➤ *Maschinenmanagement*

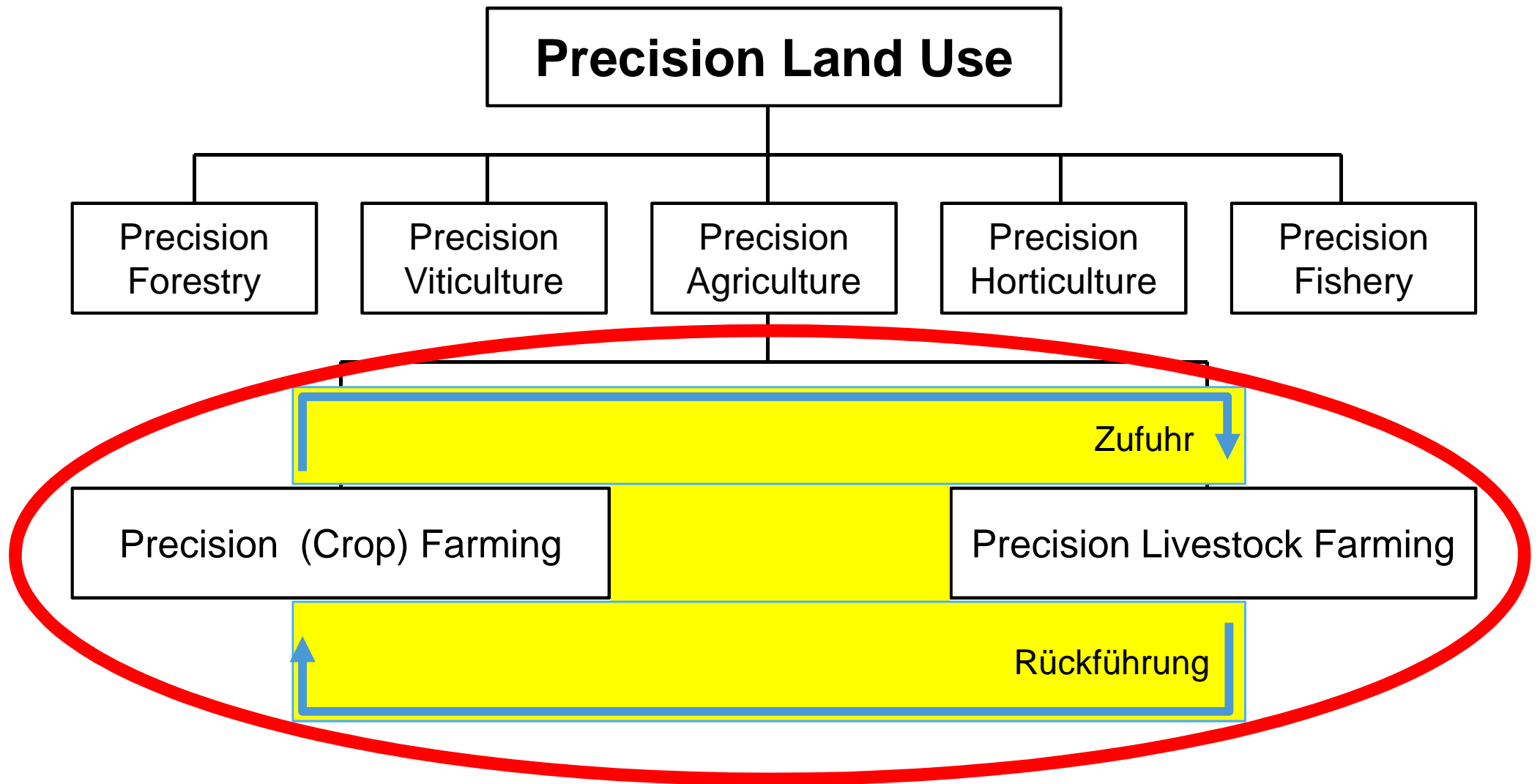
➤ *Arbeitsmanagement*

➤ *Betriebsmanagement*

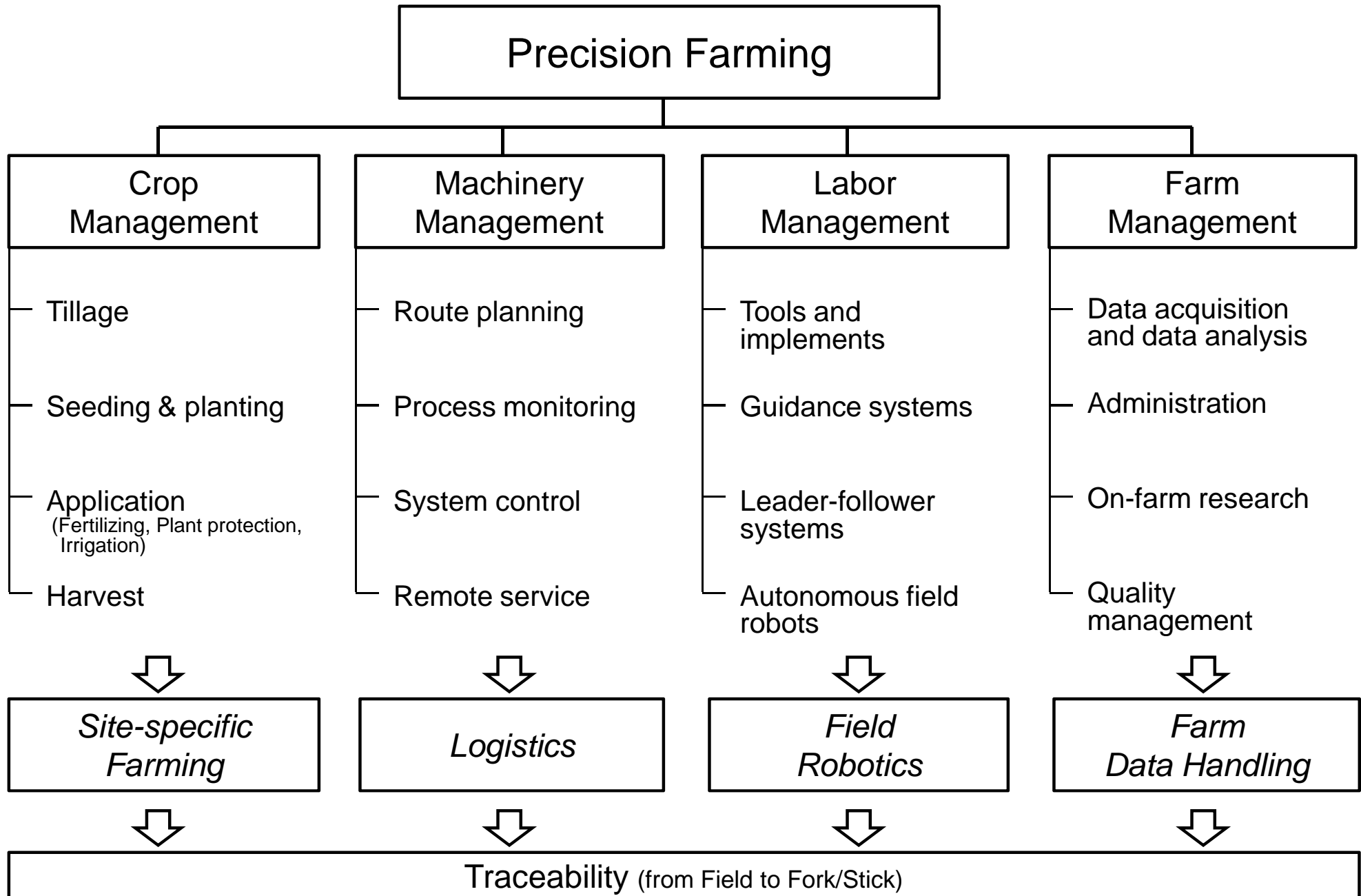
➤ *Smart Farming?*

➤ *Schlussfolgerungen*

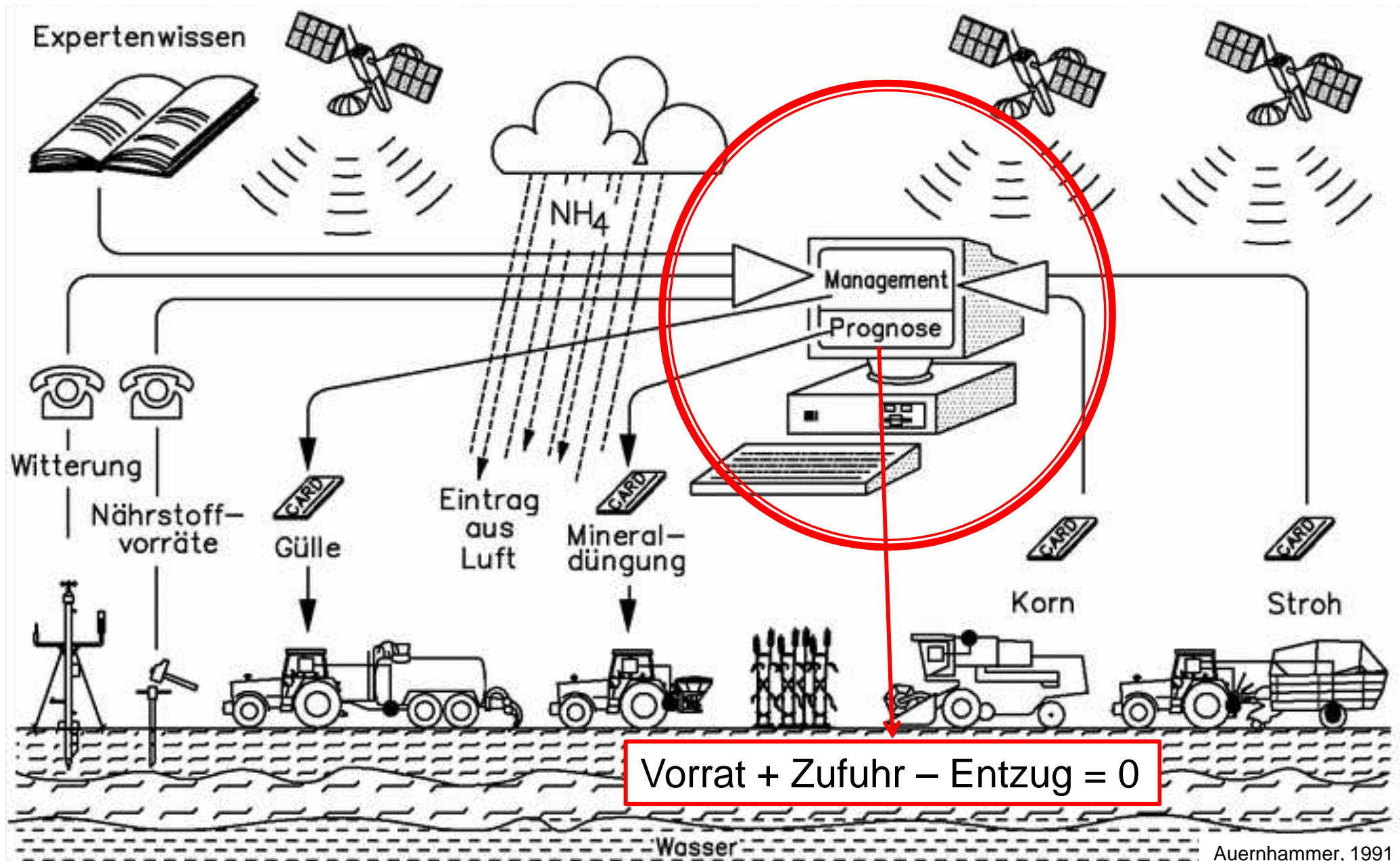
Von „Präziser Landnutzung“ zu „Precision Farming (PF)“!



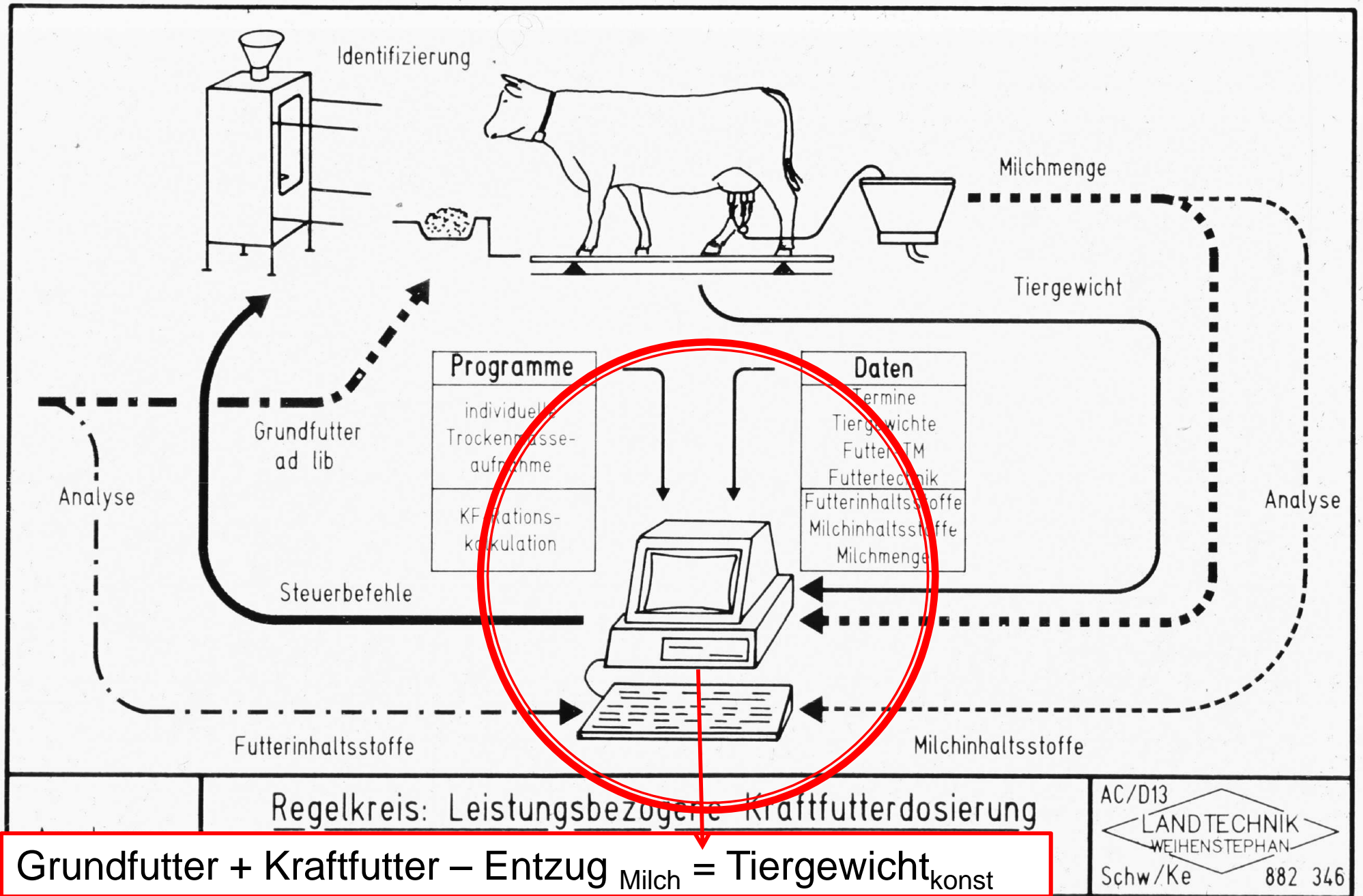
„Precision Farming“ mehr als „Teilschlagtechnik“



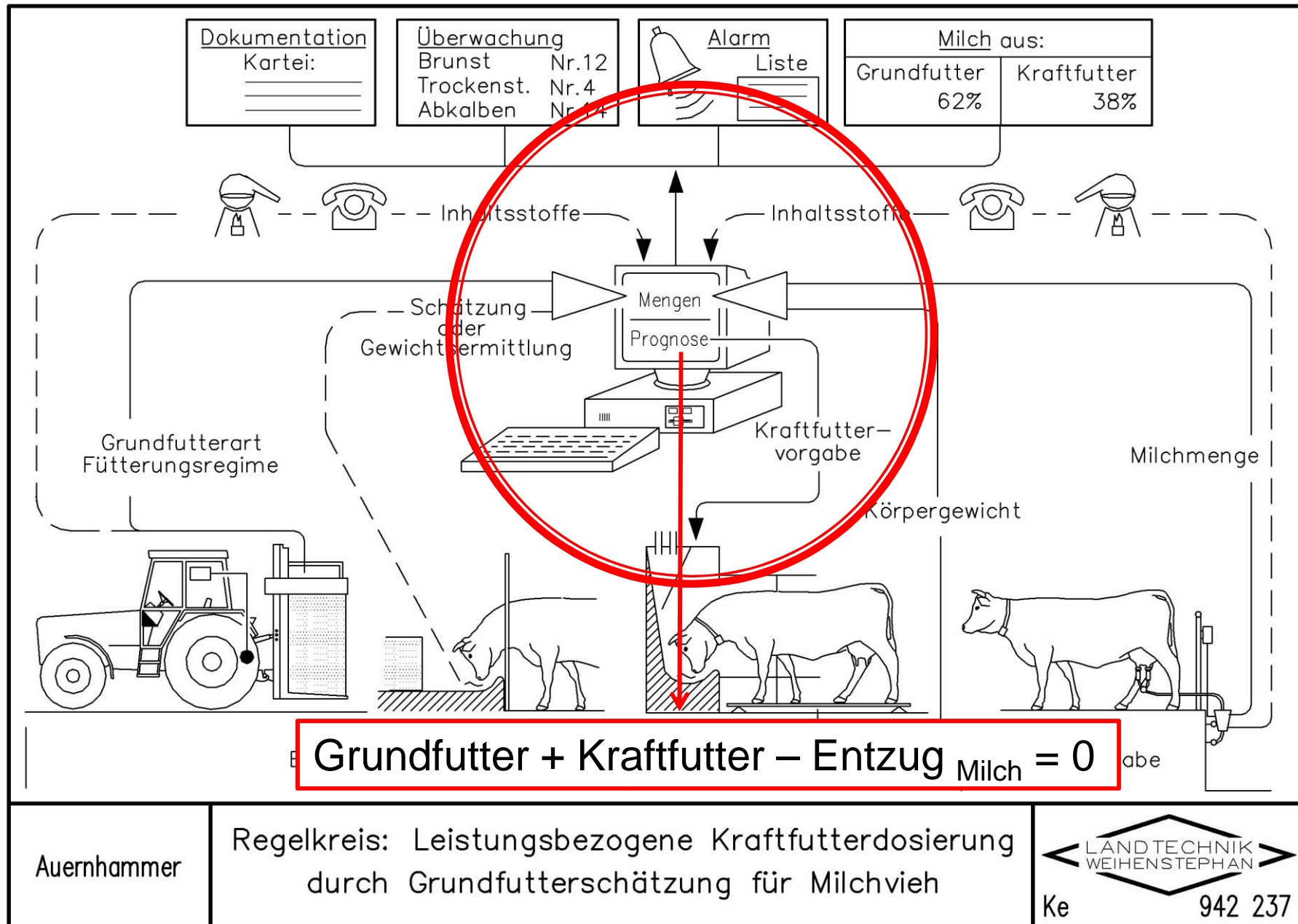
„Precision Farming“ ist „Information(smanagement)“



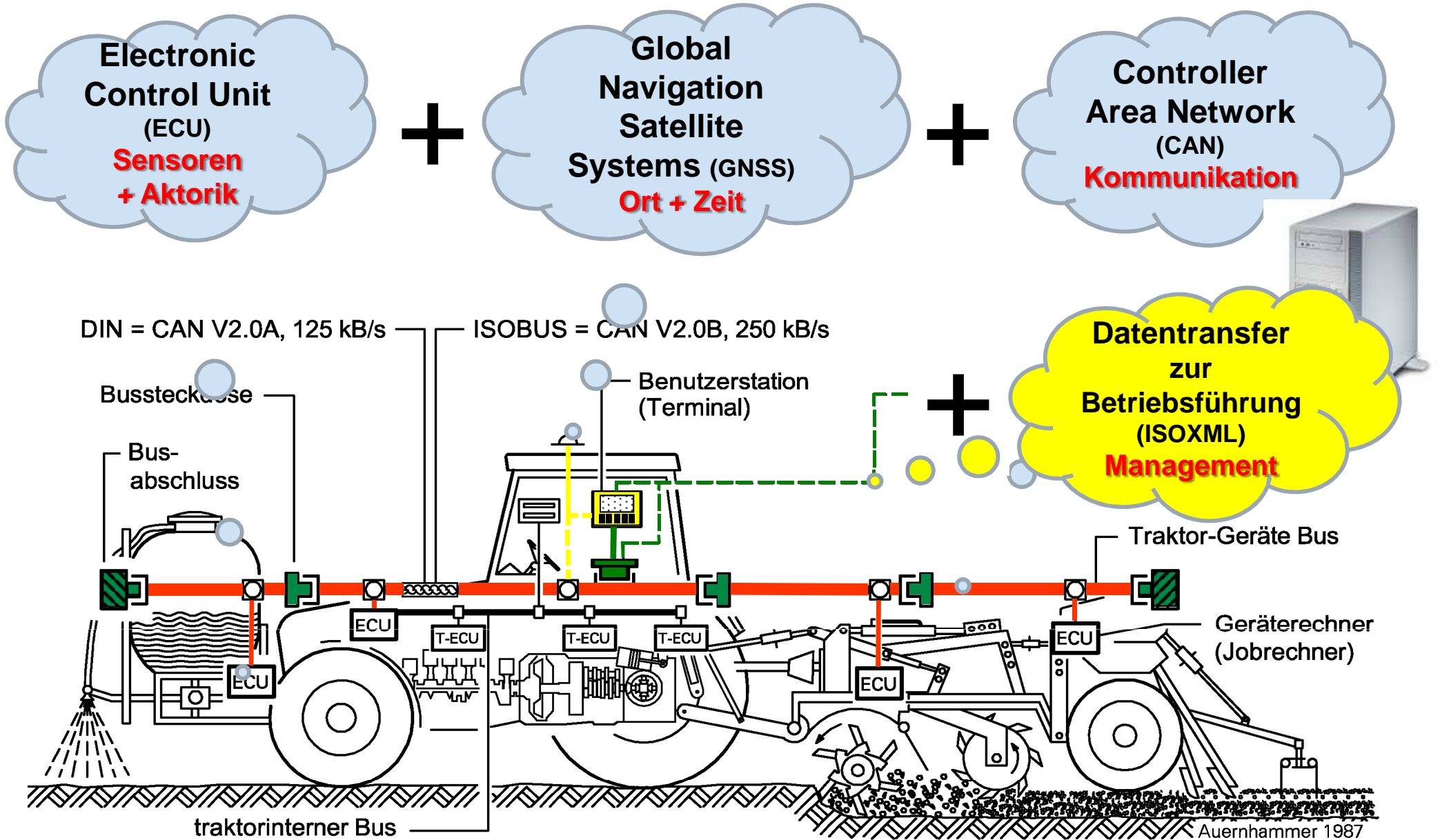
„Precision Farming“ ist „Information (smanagement)“



„Precision Farming“ ist „Information (smanagement)“



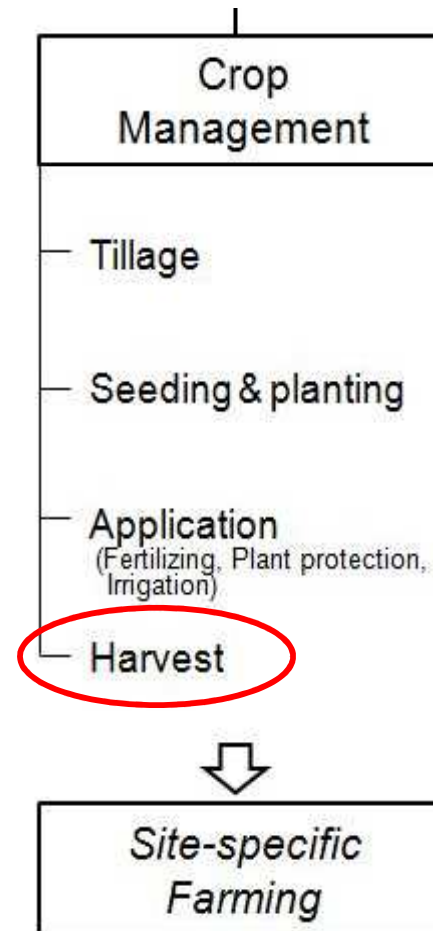
PF kann „Standards“ (Intelligente Technik) nutzen



T-ECU Traktorinterner Jobrechner

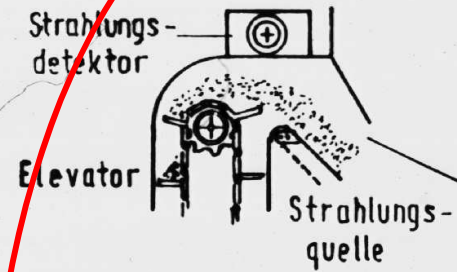
Agenda

- *Wer die Vergangenheit nicht kennt ...*
- *Precision Farming*
 - **Bestandsmanagement**
 - *Maschinenmanagement*
 - *Arbeitsmanagement*
 - *Betriebsmanagement*
- *Smart Farming?*
- *Schlussfolgerungen*

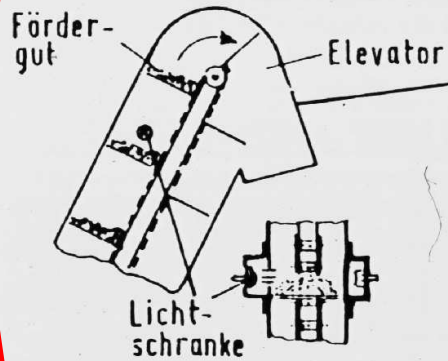


PF – so begann es

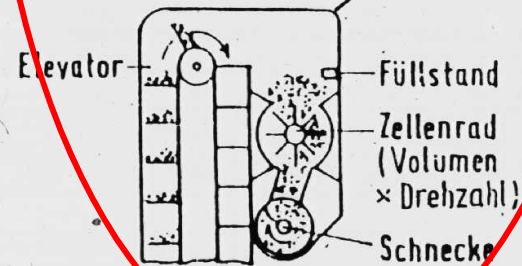
partielle Ertragsermittlung



Mit GPS „lokale Ertragsermittlung“ und „Ertragskartierung“ möglich!

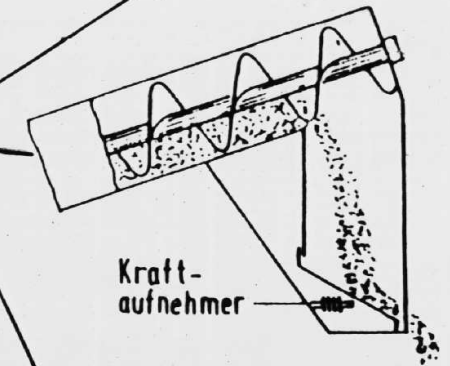


nach DIEKHANS

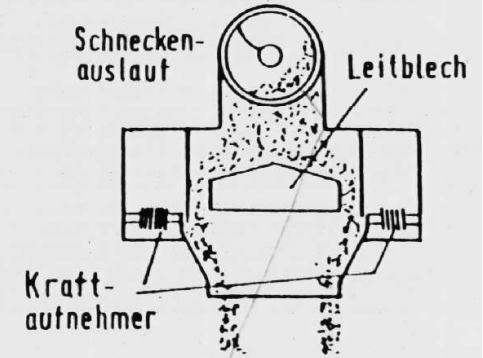


nach SÖRLIN

summarische Ertragsermittlung



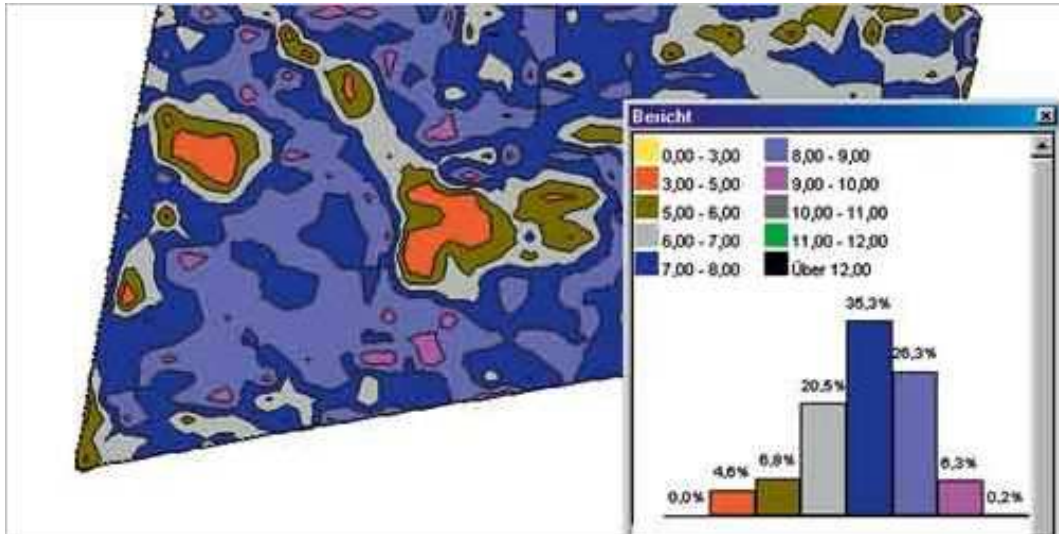
zwei Kraftaufnehmer



nach HOOPER und AMPLER

<http://mediatum.ub.tum.de/?id=24133> und .../?id=1294151

Ertragskarten – was wir heute bekommen!



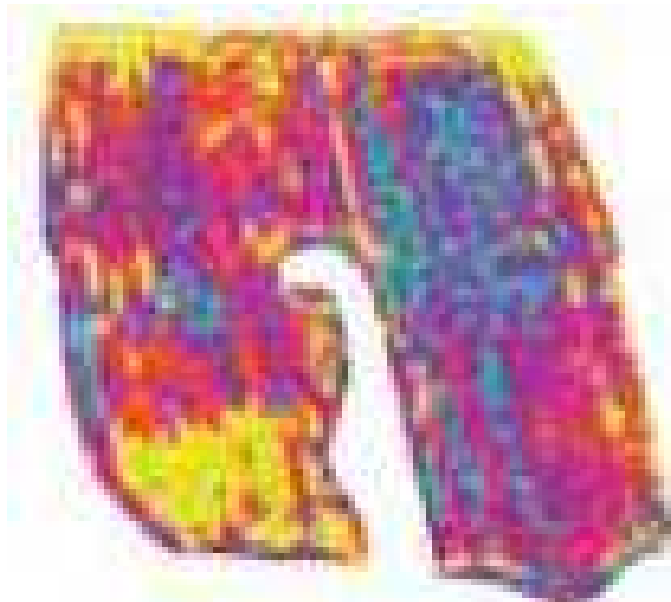
<http://www.claas.com/countries/generator/cl-pw/de/products/agrarmanagement/ertrag>

Download 7.7.2009

Farbige Bilder !

Warum (so frage ich mich):

- Ertragsklassen in 1 t/ha ?
- Farbe „schwarz“ ist „Trauer“ ?
- Hat jeder Hersteller eigene Farbschemata?



http://www.deere.de/de_DE/products_ag/ams1/ertragskartierung.html

Download 7.7. 2009

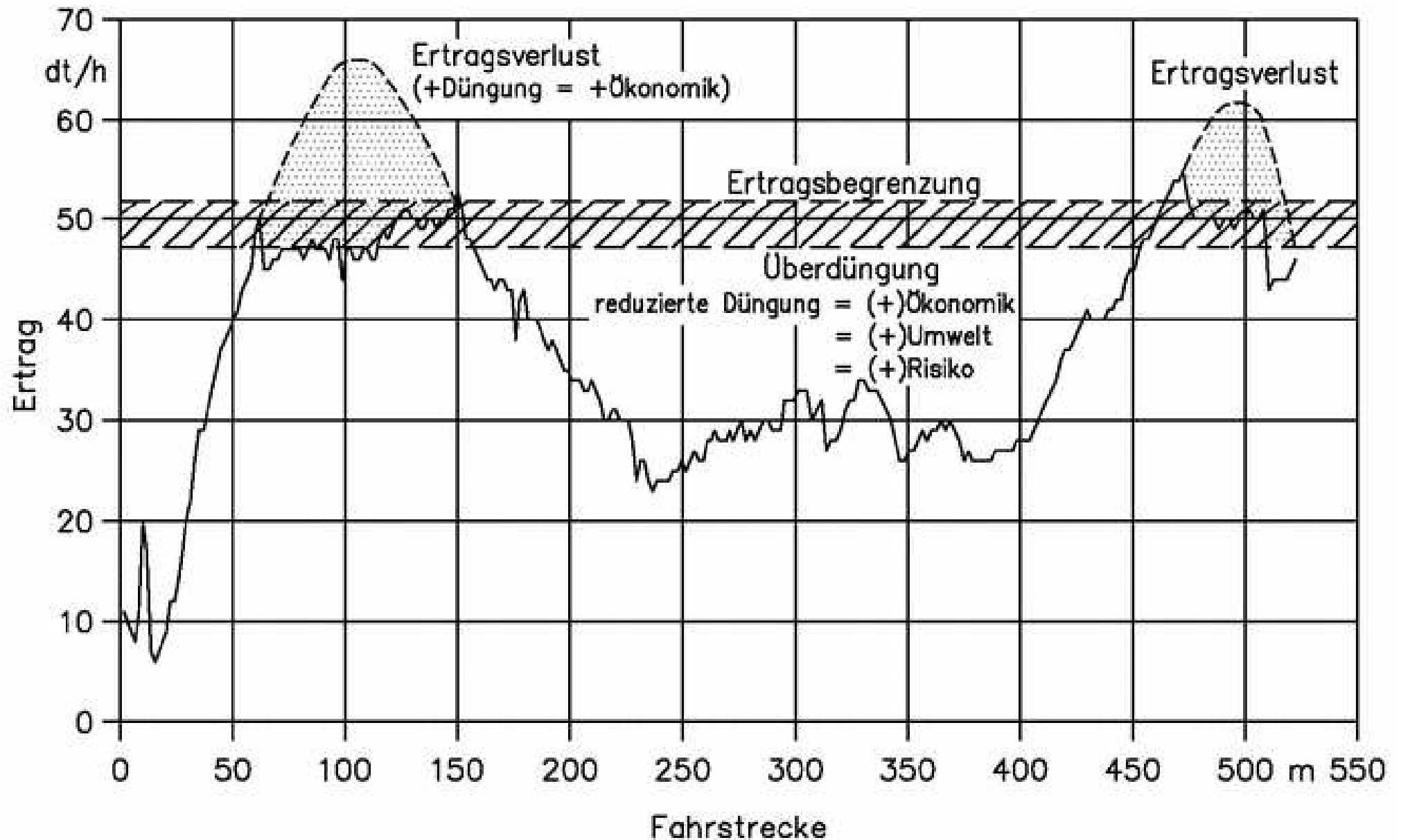
Was tun, wenn der Landwirt:

- Auf dem gleichen Feld Erntemaschinen unterschiedlicher Hersteller einsetzt ?
- Erntemaschinen unterschiedlicher Hersteller über die Jahre einsetzt ?
- Eine Fruchtfolge fährt, für welche Ertragsermittlungssysteme nur teilweise verfügbar sind?

Zielgerichtete Datenanalyse!

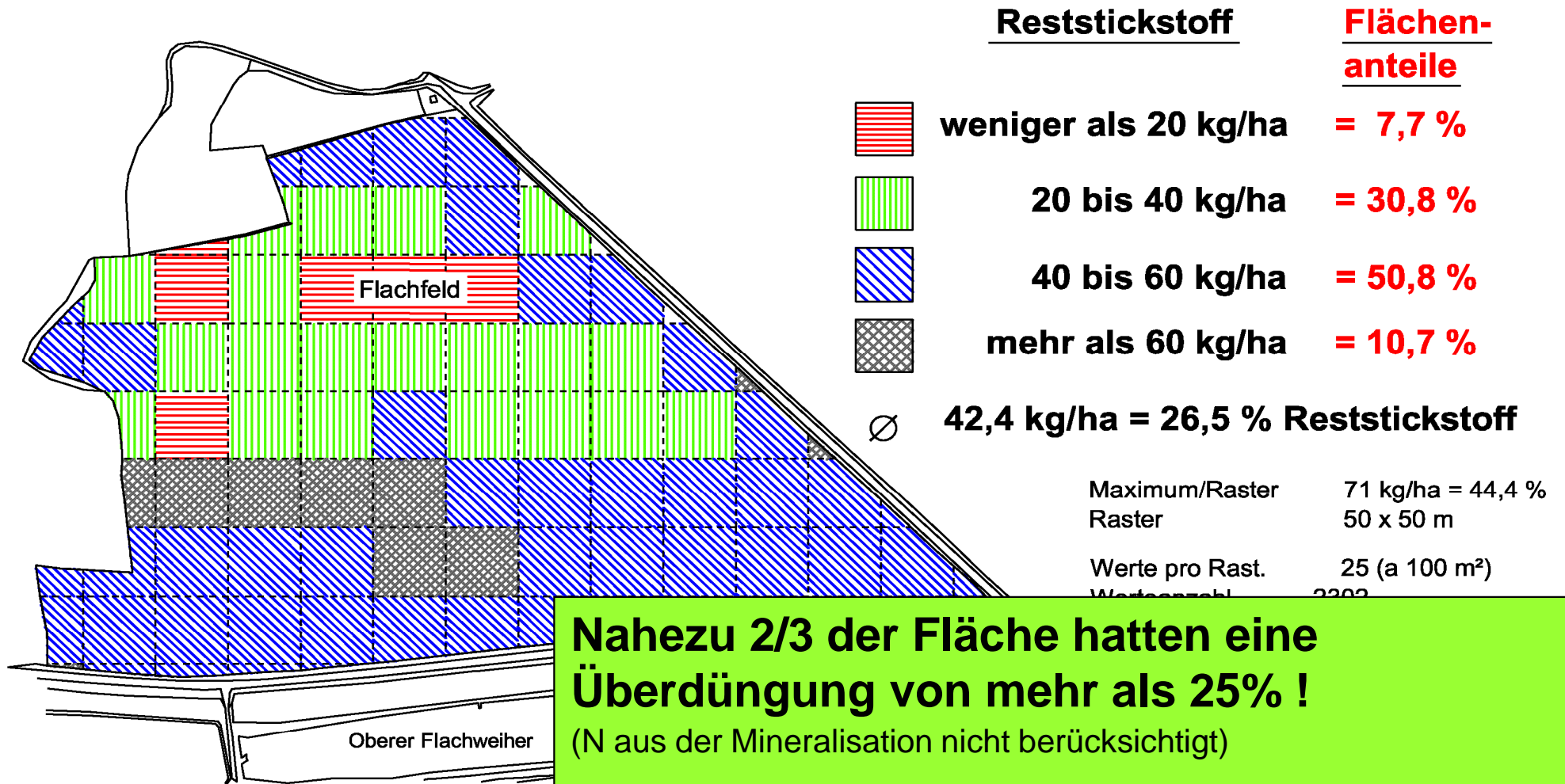
PF – Ertragspotential eruieren!

Ertragsmessung entlang einer Druschfahrt „Flachfeld 1991“



PF – Nährstoffbilanz erstellen (Kalkulierter Reststickstoff „Flachfeld 1991“)

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



Maidl, Demmel, Auernhammer, 1993

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

(N aus der Mineralisation nicht berücksichtigt)

Was ist zu tun?

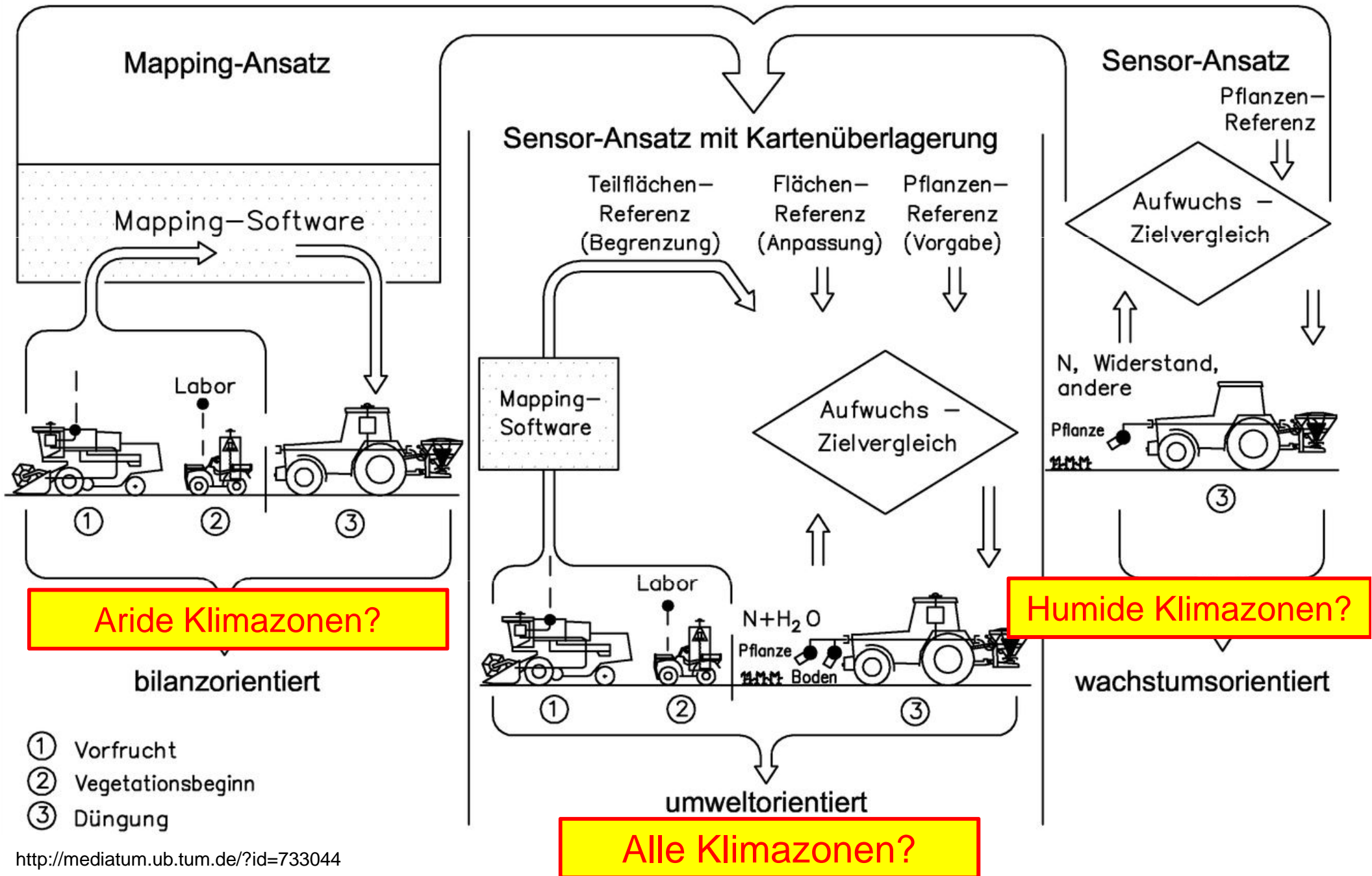
→ weniger Stickstoff

→ **Ertragsverzicht !**

→ teilflächenspezifische Applikation

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

PF - Düngungsstrategien nach Teilflächen wählen



<http://mediatum.ub.tum.de/?id=733044>

PF – Teilschlagtechnik “mineralische Düngung”

Technik

Nutzung

Wertung (allgemein)



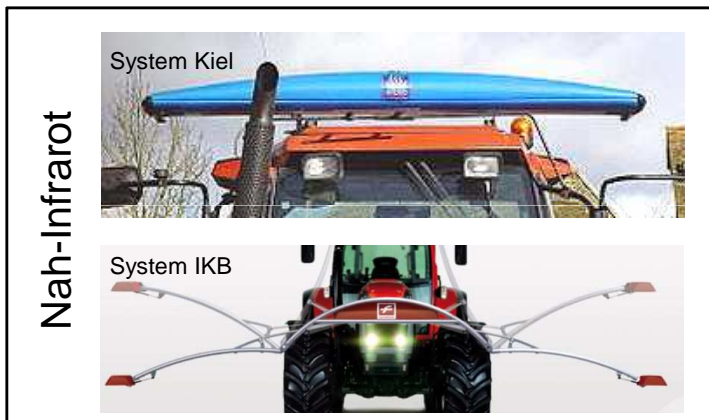
Standard
Mehr als 100.000
Geräte in Europa
Im Einsatz

- Sensortechnik folgt der manuellen Regelung
- Reaktion auf Variabilität (*Aufdüngung*)
- Sensorbasierte Systeme erreichen auch bei wenig qualifizierten Bedienpersonen gleichbleibende Qualität



< 100
Messfläche zu
gering

- Teure Sensortechnik
- Standardisierte Integration nicht umgesetzt
- Mit üblicherweise eingesetzten Wurfstreuern Teilbreitenapplikation eingeschränkt (*unmöglich*)
- Verfügbare Regelalgorithmen auf wenige Feldfrüchte beschränkt (*W-Weizen, W-Gerste, Kartoffel, (Mais)*)



> 20.000
Zunehmendes
Interesse,
verbesserte
Regelalgorithmen

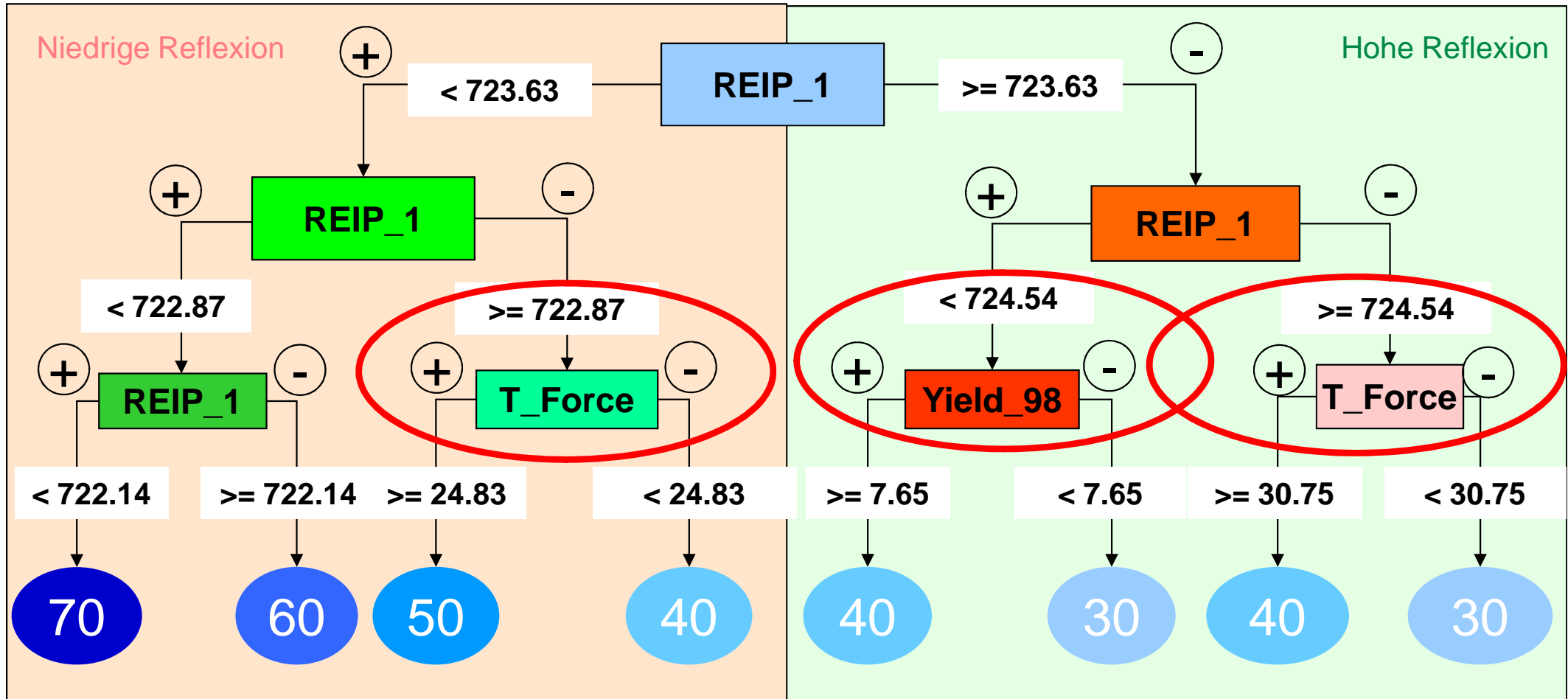
- Overlay-Daten nicht/nur teilweise integriert (*Vorfrüchte, Boden, Wetter, zurückliegende Maßnahmen, ...*)



< 10
Zu teuer

Entscheidungsbaum für teilflächenspezifische N-Düngung

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



Benötigte N-Düngung [kg/ha]

+ Zunehmende N-Menge

- Abnehmende N-Menge

○ Historische Daten

Vergleichende Versuchsergebnisse W-Weizen (MAIDL 2006)

Ertagspotential	Einheitlich	Mapping	Online	Online+Map
N-Düngung insgesamt (kg/ha)				
hoch	180	200	163	175
mittel	180	180	193	180
niedrig	180	160	204	146
gesamtes Feld	180	180	187	167
Korn - Stickstoffbilanz (kg N/ha)				
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
N-kostenfreier Ertrag (€/ha)				
hoch	984	947	995	1014
mittel	780	780	822	935
niedrig	745	706	799	889
gesamtes Feld	849	804	902	944

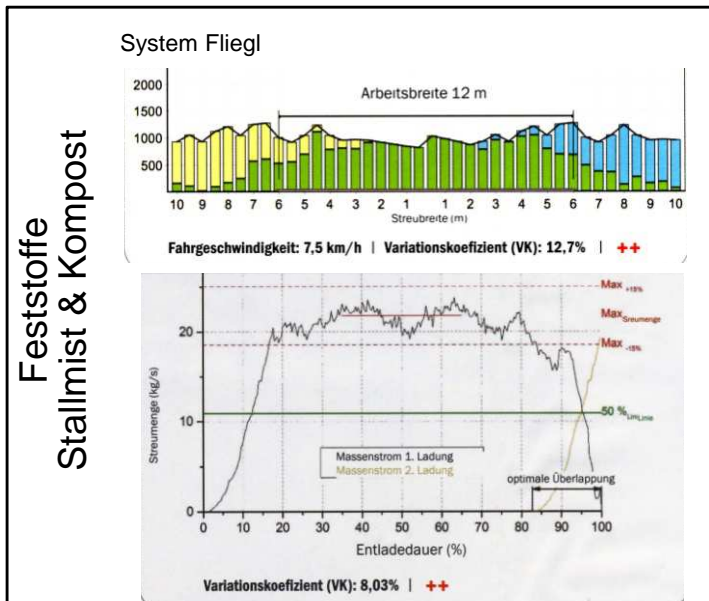
Bei diesem Ansatz ist eine ausgeglichene N-Bilanz möglich

PF – Teilschlagtechnik “organische Düngung”

Technik

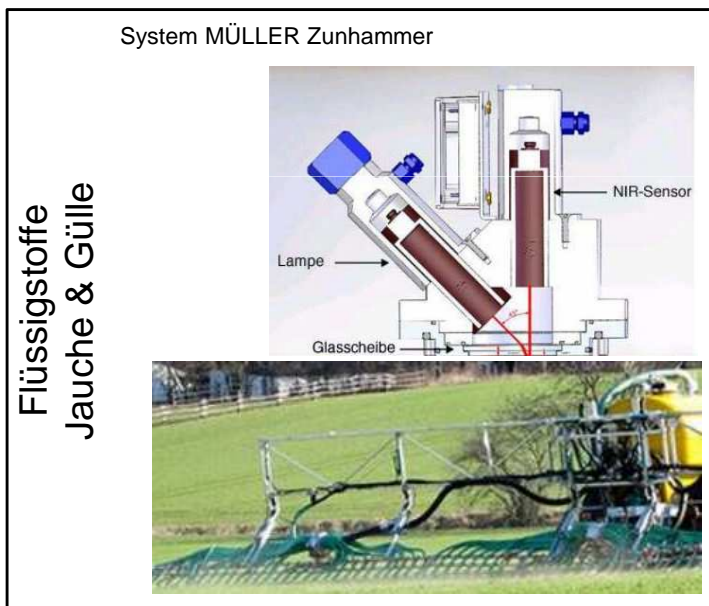
Nutzung

Wertung (allgemein)



Feldtest
Abschiebewagen
mit „Streuwalzen-
Andruckregelung“,
10 t/ha

- Industrie arbeitet an „Verbesserungen“
- Größere Potentiale in flüssigen organischen Exkrementen
- Leistungsfähigere Techniken (überbetrieblicher Einsatz) ermöglichen umweltfreundlicheres Zubehör

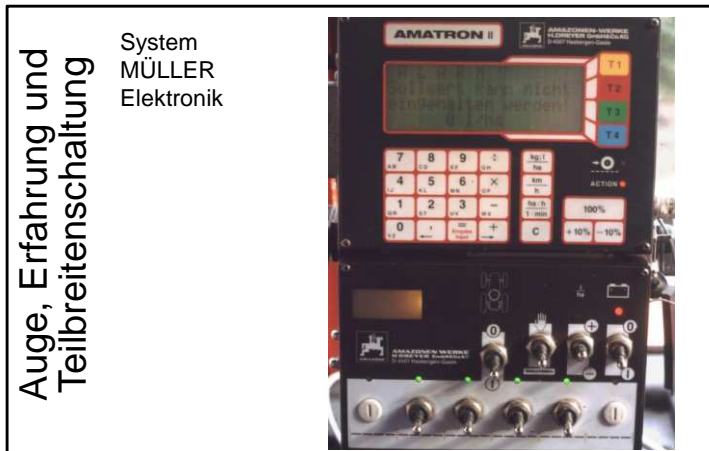


„Zubehör“
Nährstoffanalyse
bei Befüllung mit
Nah-Infrarotsensor,
Teilbreitenschaltung

- Organische Feststoffe nur mit hoher Variabilität zu verteilen (Zentrale Dosierstelle, Dichte, Konsistenz, Nährstoffe, ...)
- Flüssige Exkremamente mit hohem Wasseranteil (Nährstoffdichte, Transportaufkommen, Bodendruck, Verteilung, ...)
- Schnellwirkende N-Komponenten erfordern “gezieltes Ausbring-Timing” (Menge, Anteil, Dosierung, ...)

PF – Teilschlagtechnik “chemischer Pflanzenschutz I”

Technik



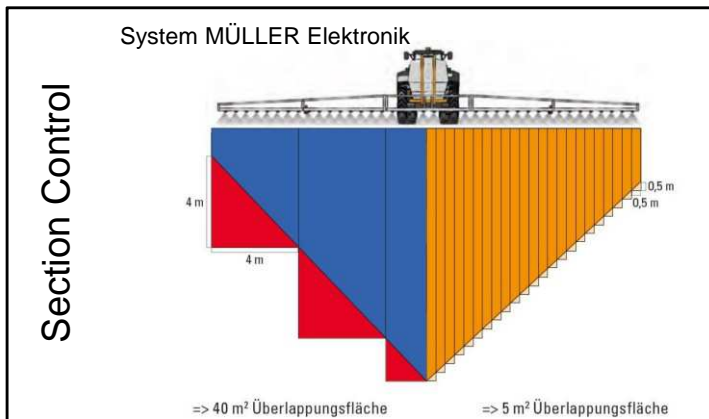
Nutzung

Standard

Mehr als 100.000 Geräte in Europa im Einsatz für Düngung und Pflanzenschutz

Wertung (allgemein)

- Teilbreitenschaltung vermeidet „Doppelapplikationen“
- Reaktion auf Variabilität noch bescheiden
- GPS auch bei wenig qualifizierten Bedienpersonen gleichbleibende Qualität



> 1.000 Feldkarte und GPS zunehmend verfügbar

- „Online-Systemansatz“ auf reine Bestandsparameter beschränkt (*Bestandsdichte, Bestandshöhe, ...*)
- Intensiv-Monitoring aufwendig (*Manuell, Feldroboter, Drohnen, Luftbild, ...*)
- Erkennung und Differenzierung “Unkräuter” noch nicht gelöst
- Erkennung und Differenzierung “Pilzbefall” noch nicht gelöst
- Erkennung und Differenzierung “Insektenbefall” noch nicht gelöst



> 100 Mittelanpassung nach Bestandsdichte

PF – Teilschlagtechnik “chemischer Pflanzenschutz II”

Technik

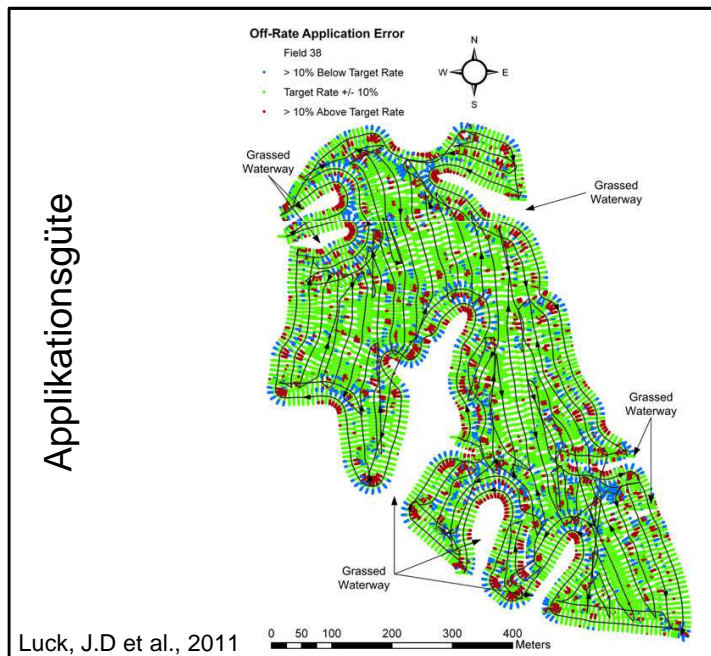


Nutzung

Arbeitsbreite
*NIR-Sensoren am
Spritgestänge in
den Teilbreiten-
Segmenten*

Wertung (allgemein)

- Teilbreitenschaltung vermeidet „Doppelapplikationen“
- Reaktion auf Variabilität wird verbessert
- In linearen Feldstrukturen verbesserte Applikationsgüte

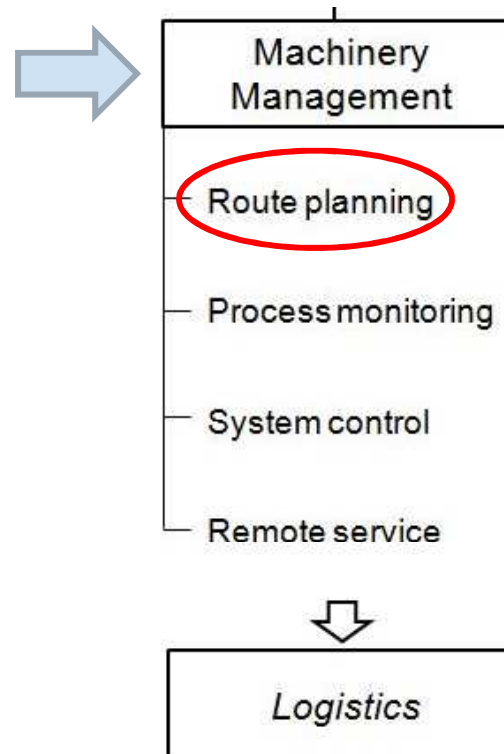


Feldform
*Dosierqualität bei
großen
Arbeitsbreiten und
nicht-linearen
Feldformen*

- „Spritzgestängeschwingungen,, führen zu Fehlapplikationen
- Lokale Reaktion“ bei hoher Arbeitsgeschwindigkeit limitiert
- In „Nicht-linearen Feldformen“ exakte Dosierung ohne zuverlässige Rutenplanung und/oder „Look-ahead Spurfinder“ unmöglich

Agenda

- **Wer die Vergangenheit nicht kennt ...**
- **Precision Farming**
 - **Bestandsmanagement**
 - **Maschinenmanagement**
 - **Arbeitsmanagement**
 - **Betriebsmanagement**
- **Smart Farming?**
- **Schlussfolgerungen**

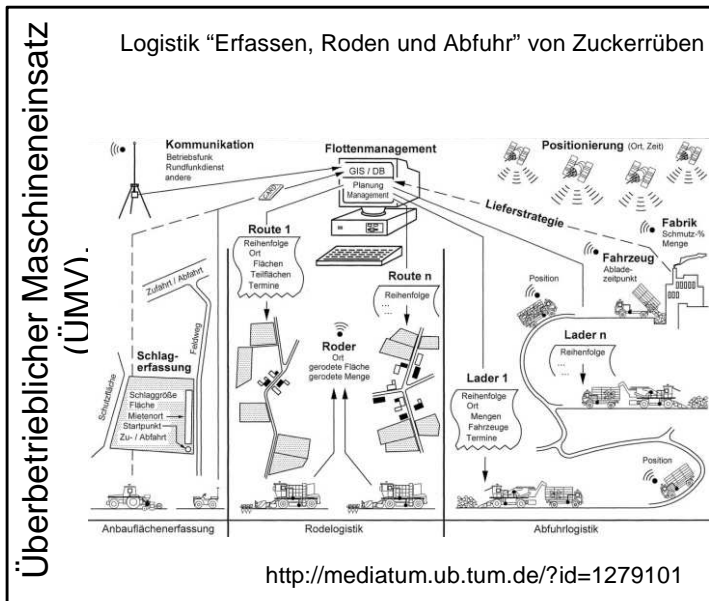


PF – Route Planning (Logistik)

Technik

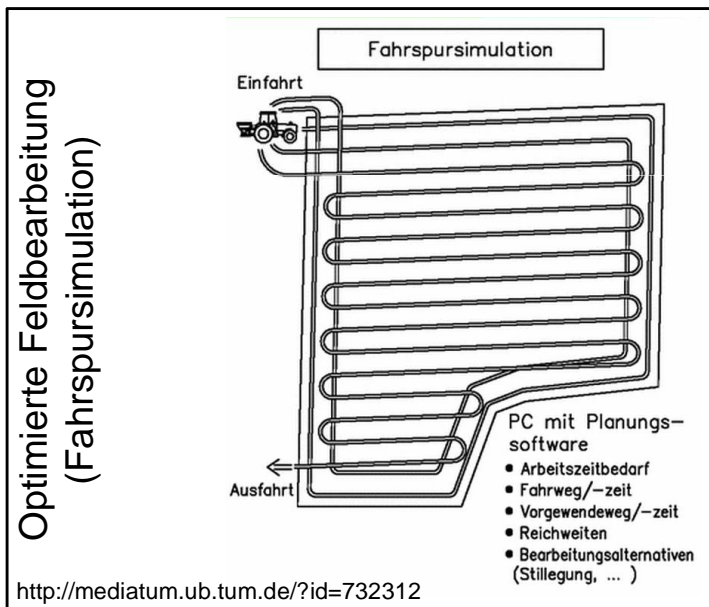
Nutzung

Wertung (allgemein)



Standard
 Zentrale Erfassung
 beim Abnehmer,
 Planung und
 Steuerung interner
 und externer
 (Partner) Abläufe

- Abnehmer bestimmt über „Abnahmebedingungen“ den Ablauf
- Kostensenkung über Anlagenauslastung und Qualitätsmanagement
- Trend zu größeren Produktionseinheiten erkennbar

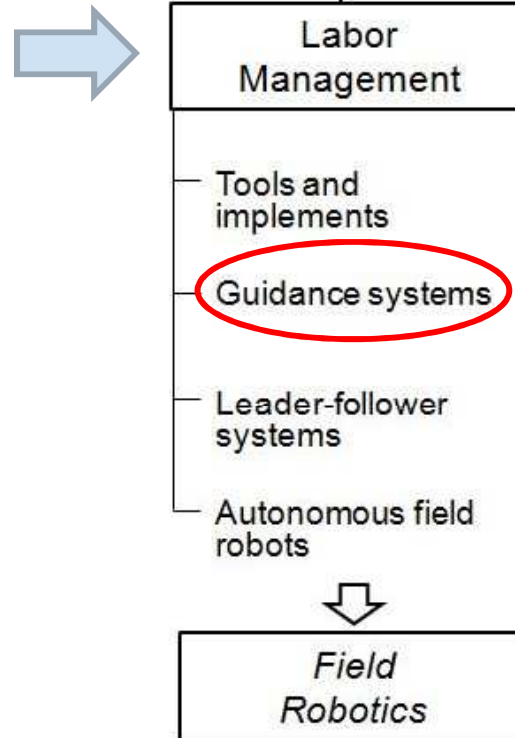


„Wissenschaft“
 Für „Schlagebene“
 im Gesamtsystem
 „Pflanzenproduktion

- Produzent (*Lieferant*) immer in der schwächeren Position
- Umweltaspekte und Umwelleistungen zu wenig berücksichtigt
- Bindung an einheitliche Maschinenkomplexeinheiten (Arbeitsbreite, Spurweite, Reifenwahl, Schlageinheit und Schlaggröße, ...)

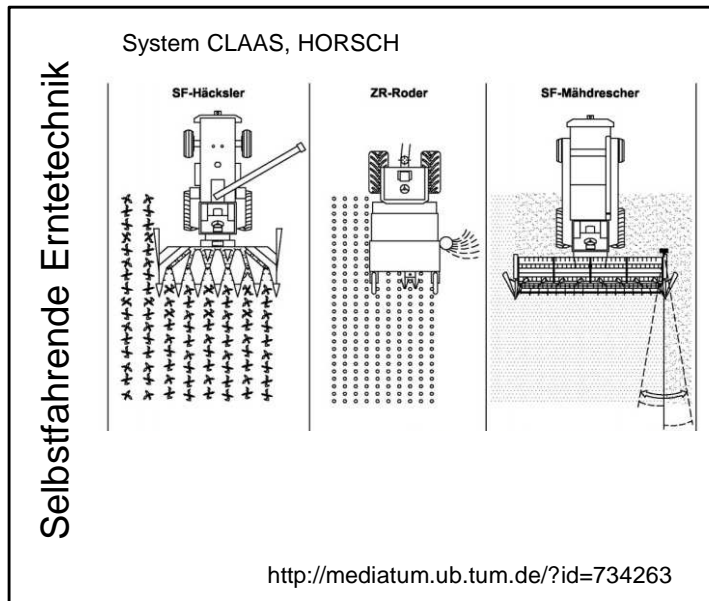
Agenda

- **Wer die Vergangenheit nicht kennt ...**
- **Precision Farming**
 - **Bestandsmanagement**
 - **Maschinenmanagement**
 - **Arbeitsmanagement**
 - **Betriebsmanagement**
- **Smart Farming?**
- **Schlussfolgerungen**



PF – Spurführung in „Selbstfahrenden Arbeitsmaschinen“

Technik

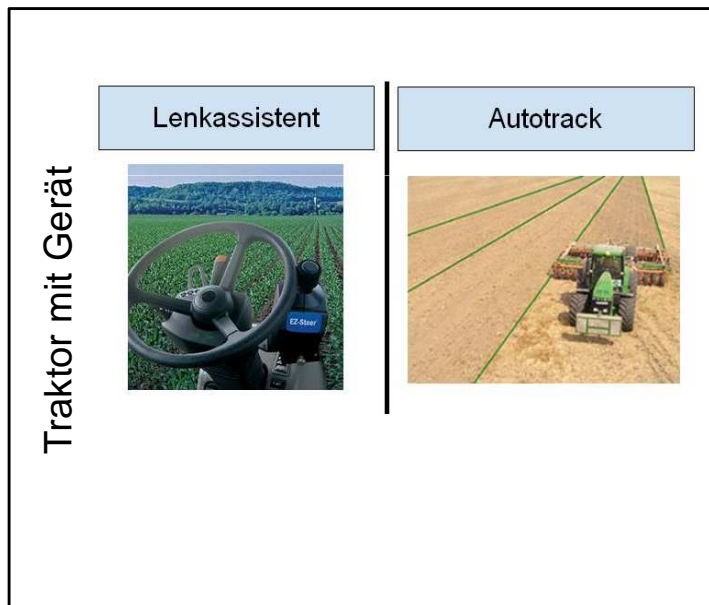


Nutzung

Standard
In „großen“
Erntemaschinen
seit 1986

Wertung (allgemein)

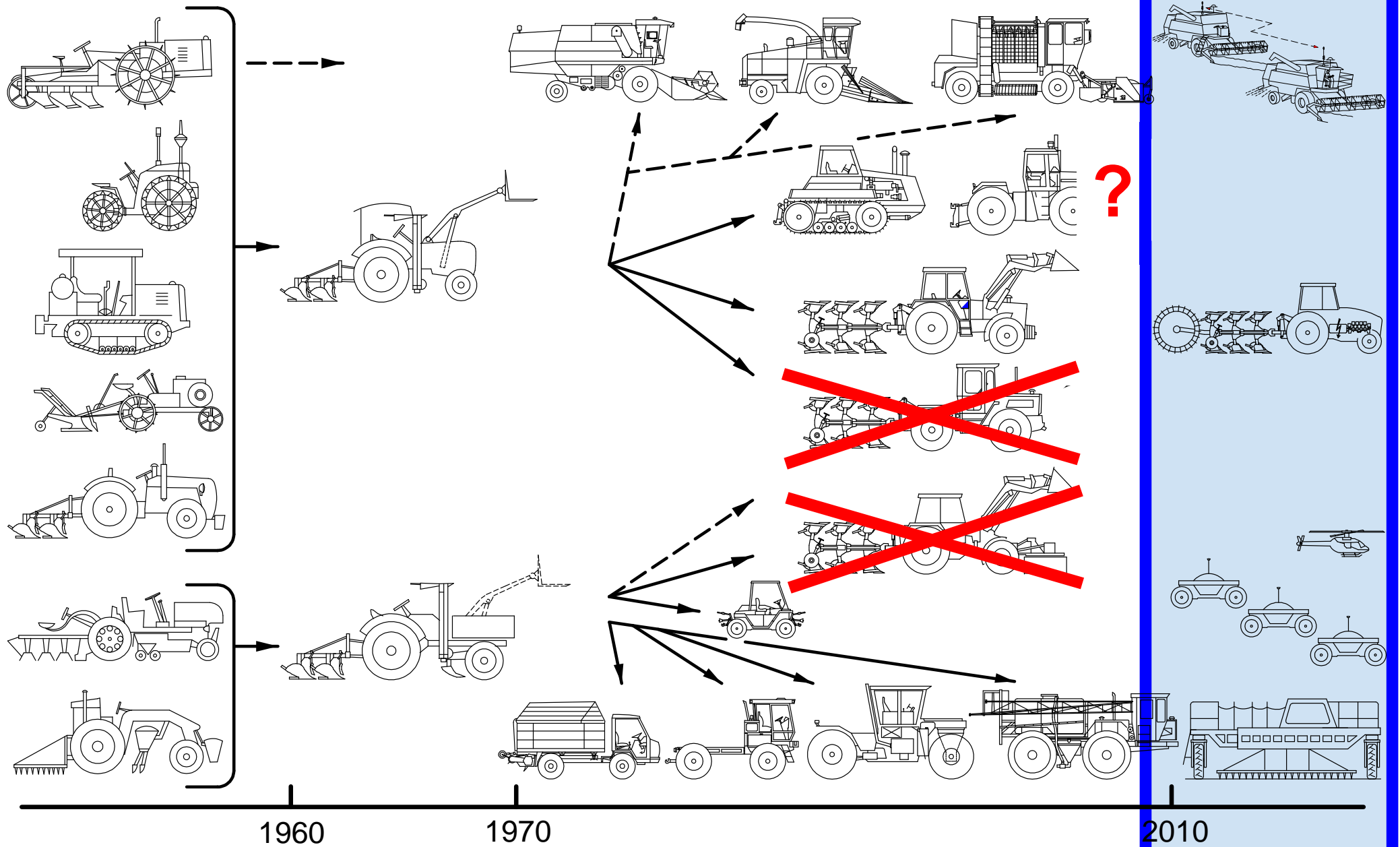
- Zeit- und Kraftstoffeinsparungen
- Mehr Flexibilität durch Einsatz weniger geübter Fahrer in Arbeitsspitzen
- Mehr Zeit für Kontrolle und Überwachung der Geräte (*höhere Arbeitsqualität*)



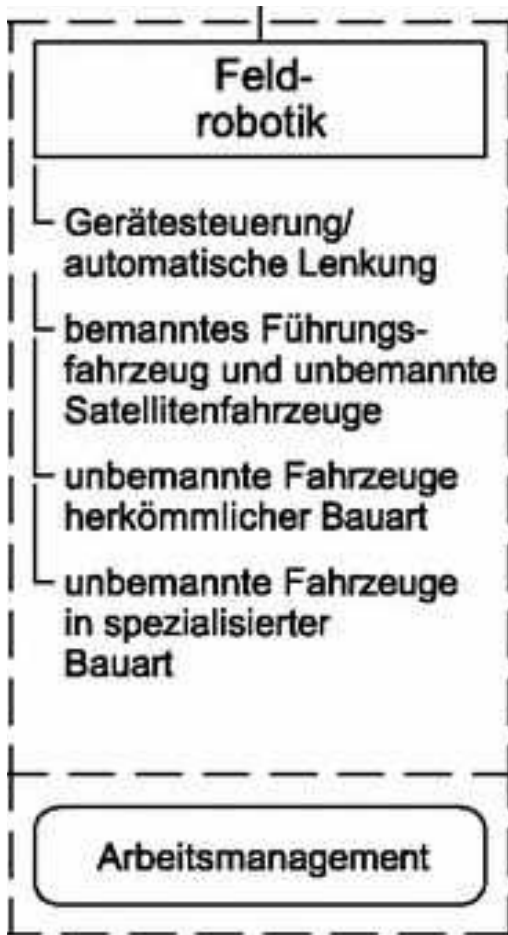
Standard
Bei Traktoren mit
höherer
Motorleistung

- Bei Traktor-Gerätekombinationen Geräteführung in hängigem Gelände
- Aufwendige RTK-Technologie für Traktor-Gerätekombinationen
- Verfügbarkeit neuer Feldbearbeitungsmethoden

Intelligente Landtechnik – Traktoren im Wandel = 4 Linien



Precision Farming „Feldrobotik“



gelöst

Spurführung in selbstfahrenden Erntemaschinen und „Auto Guidance“ in Traktor-Gerätekombinationen sind weltweit erfolgreichste Teilsysteme im Precision Farming

Vorgewendemanagement verfügbar

Leader-Follower Systeme vorgestellt

Weltweit unendlich viele kleine autonome Feldroboter in Entwicklung und Test

Drohnen für erste Anwendungen im Test

offen

Sicherheitsproblematik autonomer und Leader-Follower Systeme

Mehrleistung autonomer Systeme ungeklärt (Beispiel: Studie MIT „Pflückroboter für Obst“)

Zielgerichtete Nutzung kleiner autonomer Feldroboter wissenschaftlich ungeklärt

Feldsensorik und/oder Feldaktorik kleiner autonomer unzureichend

„Praxisnahe Pilotvorhaben“ zur Nutzung kleiner autonomer Feldroboter nicht in Sicht

„Gerät steuert Traktor“ nicht standardisiert!

*) Erste Darstellung 4.12.2001, Auernhammer

Robotik im Ackerbau (wann ?)

Mittlere Robotik 2015 *

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

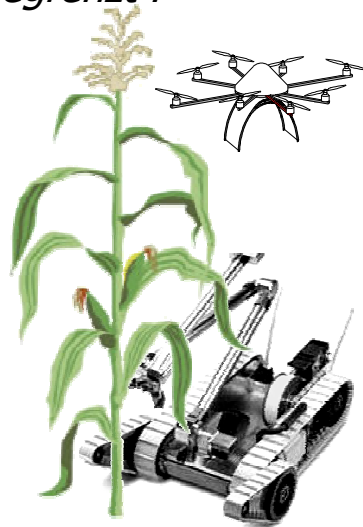
Technik verfügbar, erste Lösungen als Leader-Follower Systeme in der Forschung !



Mini – Robotik 2015

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

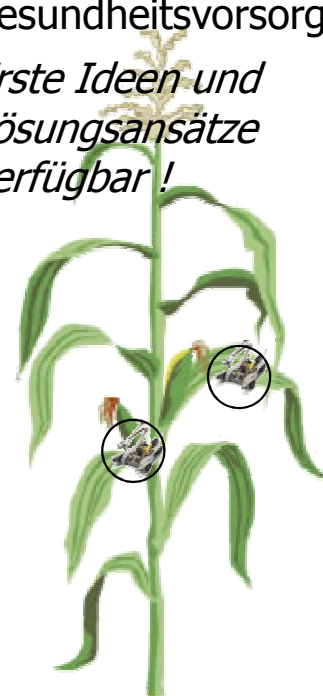
Erste Lösungen existieren. Die Handhabung von großen Massen ist begrenzt !



Micro – Robotik 2020

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

Erste Ideen und Lösungsansätze verfügbar !



Nano – Robotik 2035

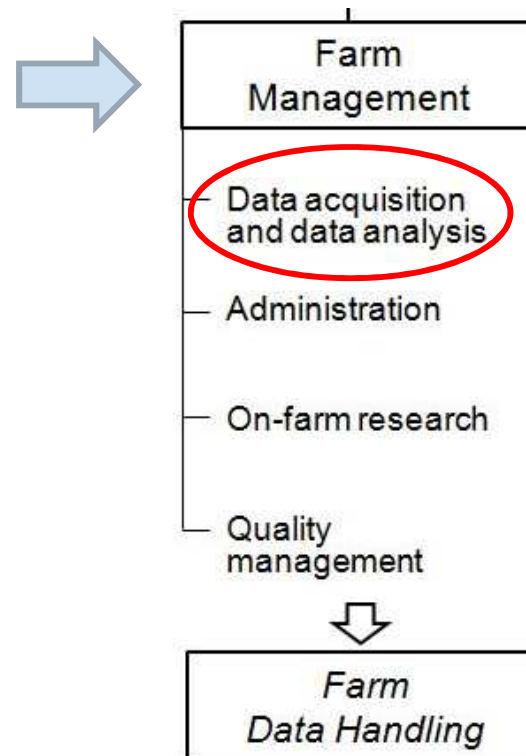
Arbeiten **in den Pflanzen** zur Gesundheitsfürsorge.
Vision für Übermorgen !



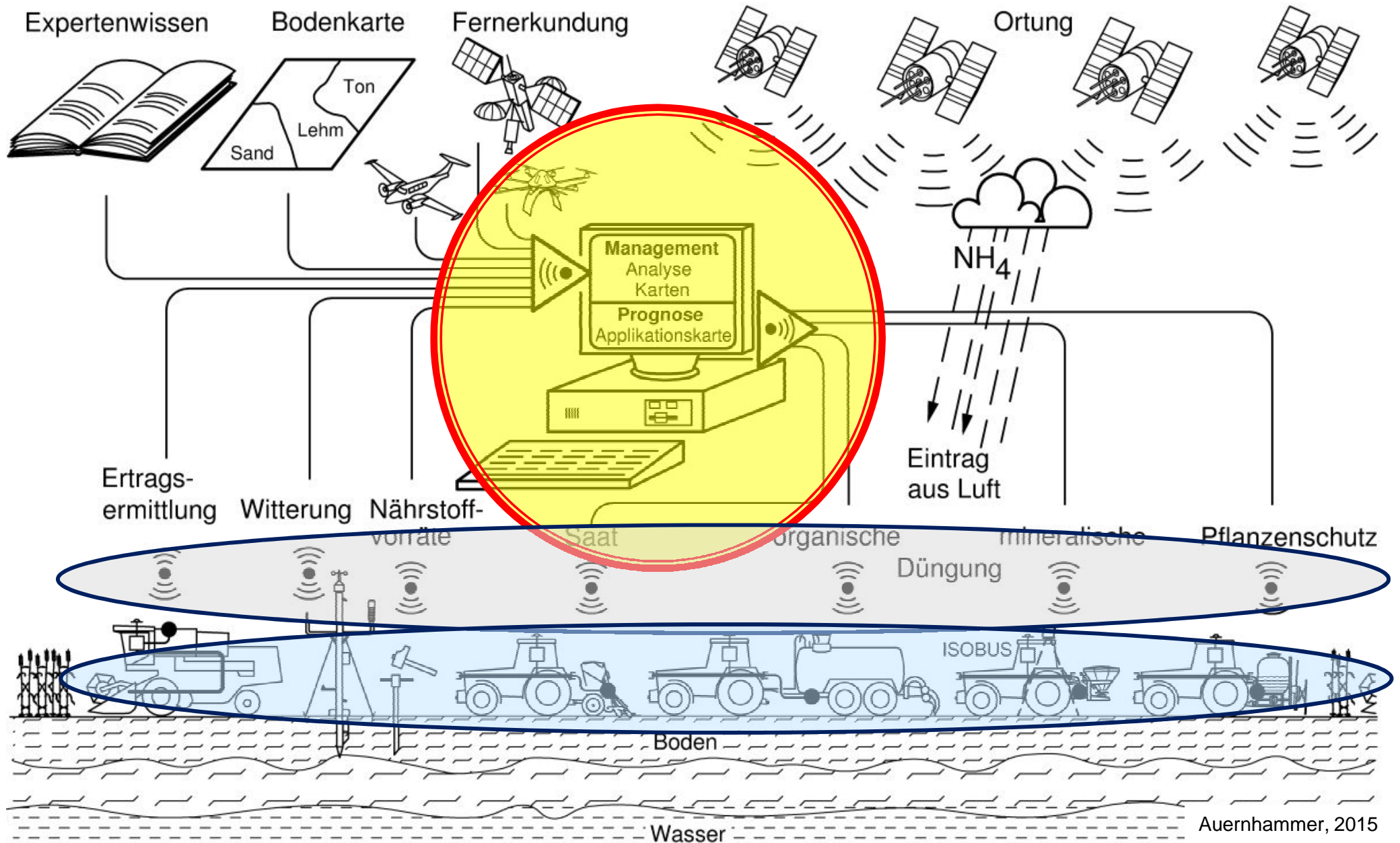
* Auf ersten Betrieben im Einsatz

Agenda

- **Wer die Vergangenheit nicht kennt ...**
- **Precision Farming**
 - **Bestandsmanagement**
 - **Maschinenmanagement**
 - **Arbeitsmanagement**
 - **Betriebsmanagement**
- **Smart Farming?**
- **Schlussfolgerungen**



„Precision Farming“ ist „Information(smanagement)“



<http://mediatum.ub.tum.de/?id=1238735>

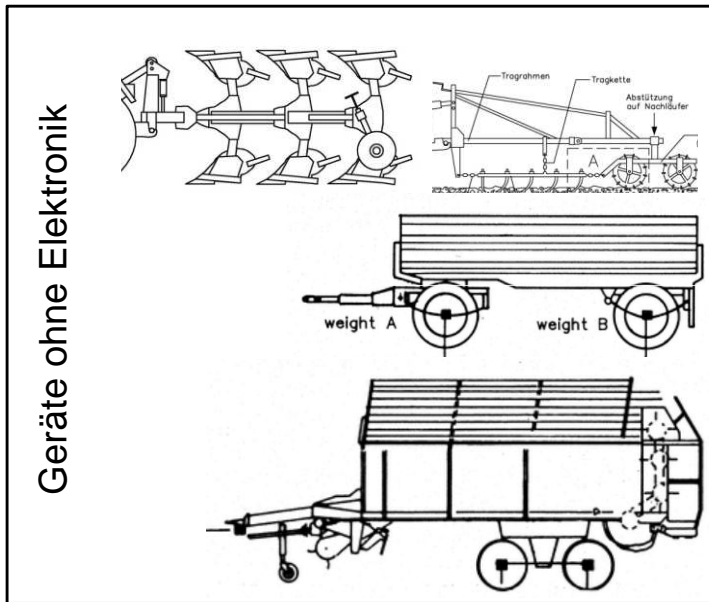
PF ist “dezentrales Informationsmanagement”

Technik

Nutzung

Wertung (allgemein)

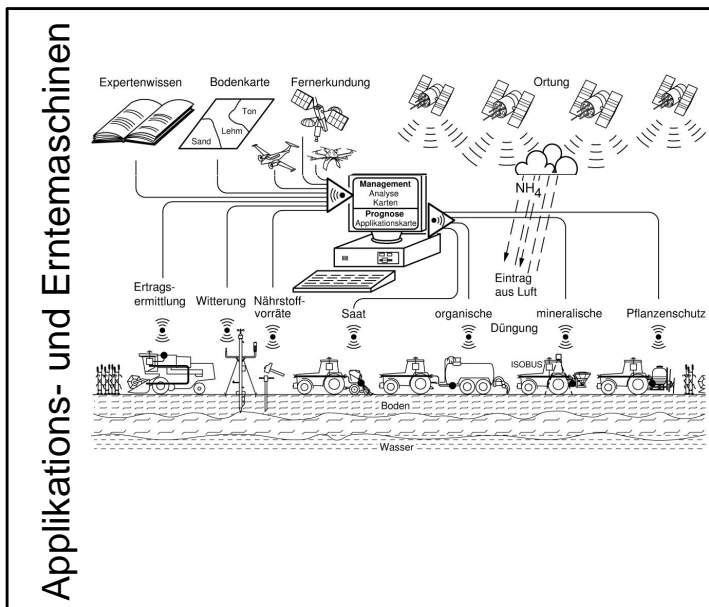
Geräte ohne Elektronik



Standard
*Altbestand und
kleinere
Neumaschinen und
-geräte ohne
Elektronik*

- Lokale Erntedaten und lokale „As applied“ Daten verfügbar
- Datenformate und Datenqualität unterschiedlich
- Datenspeicherung dezentral bei den Akteuren

Applikations- und Erntemaschinen



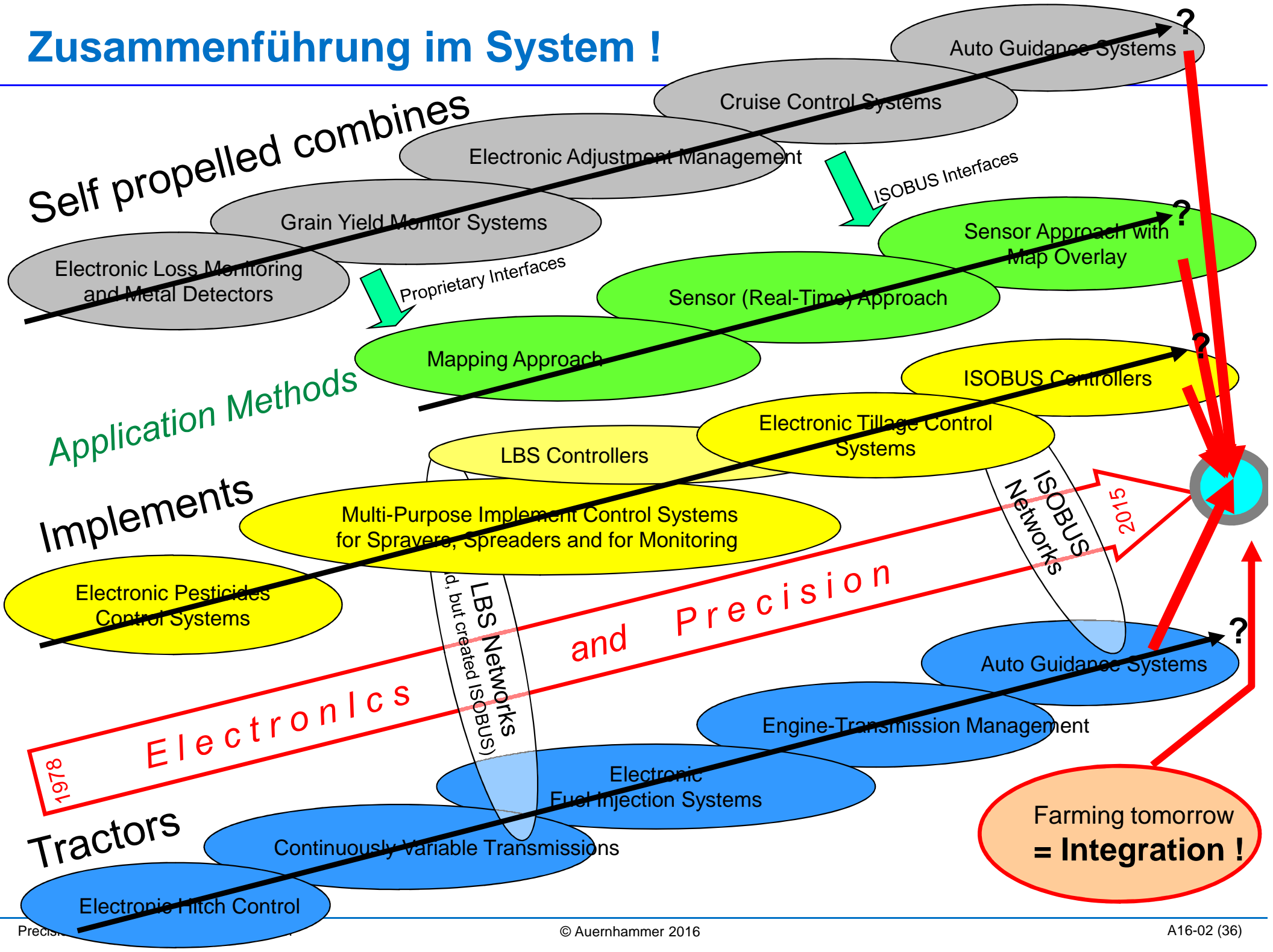
Standard
*Neumaschinen,
größere Maschinen
und Maschinen und
Geräte im ÜMV mit
Elektronik*

- Durchgängiger Datenstandard
- Datenerfassung in allen Maschinen und Geräten
- Datenumfang
- Langfristige Datenspeicherung
- Eigentum an den Daten

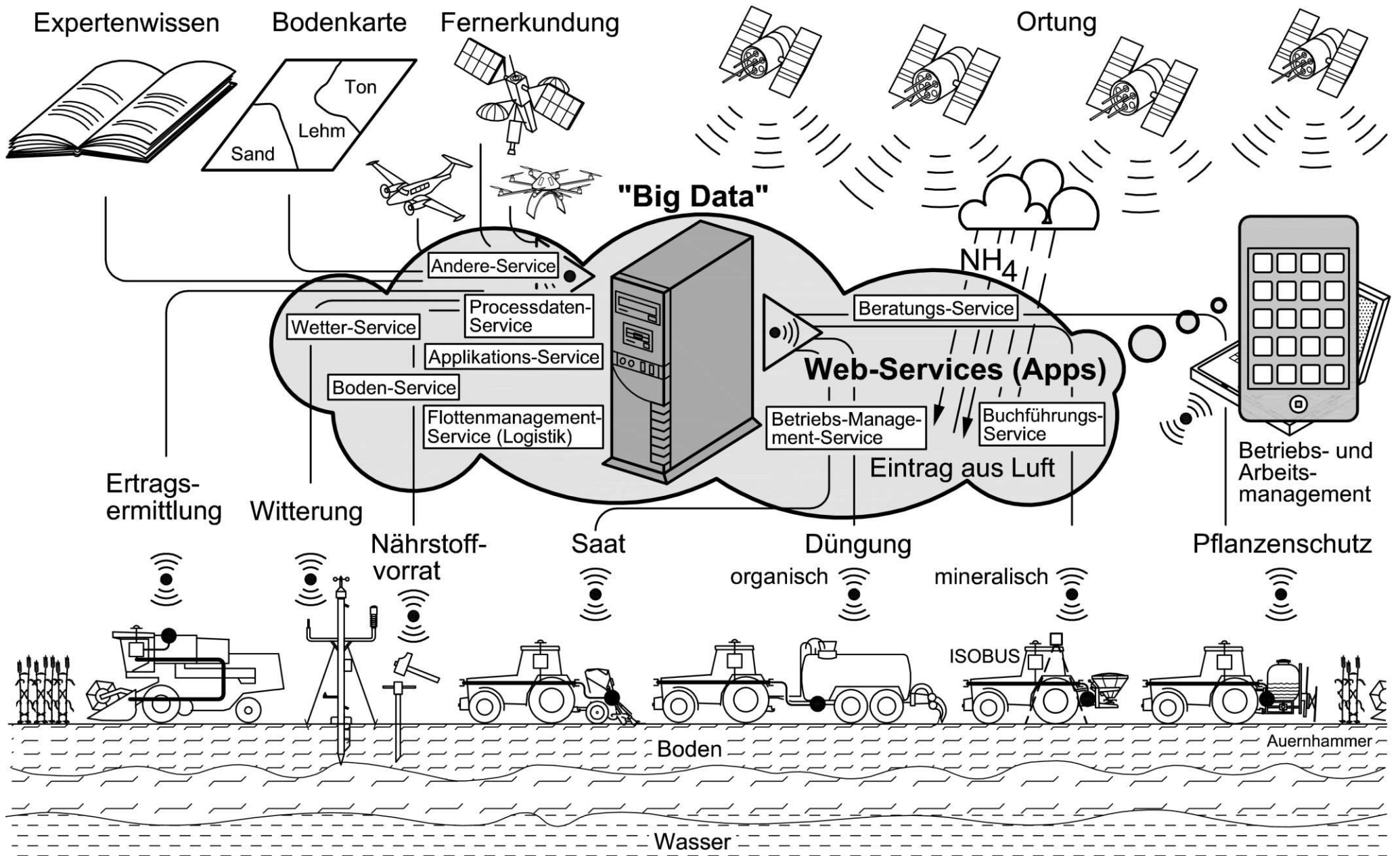
Agenda

- **Wer die Vergangenheit nicht kennt ...**
- **Precision Farming**
 - **Bestandsmanagement**
 - **Maschinenmanagement**
 - **Arbeitsmanagement**
 - **Betriebsmanagement**
- **Smart Farming?**
- **Schlussfolgerungen**

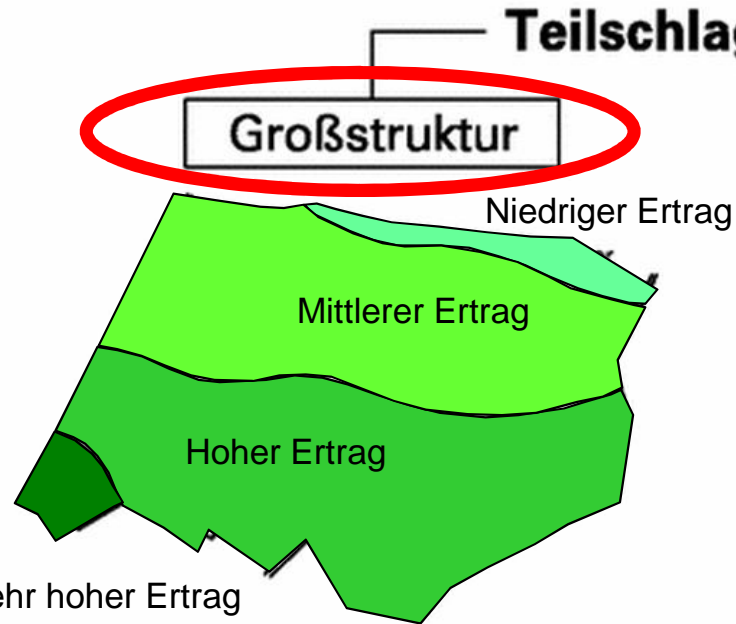
Zusammenführung im System !



„PF = „Informationsmanagement“ = „Smart Farming“



Systematische Ansätze für die Teilflächenbewirtschaftung

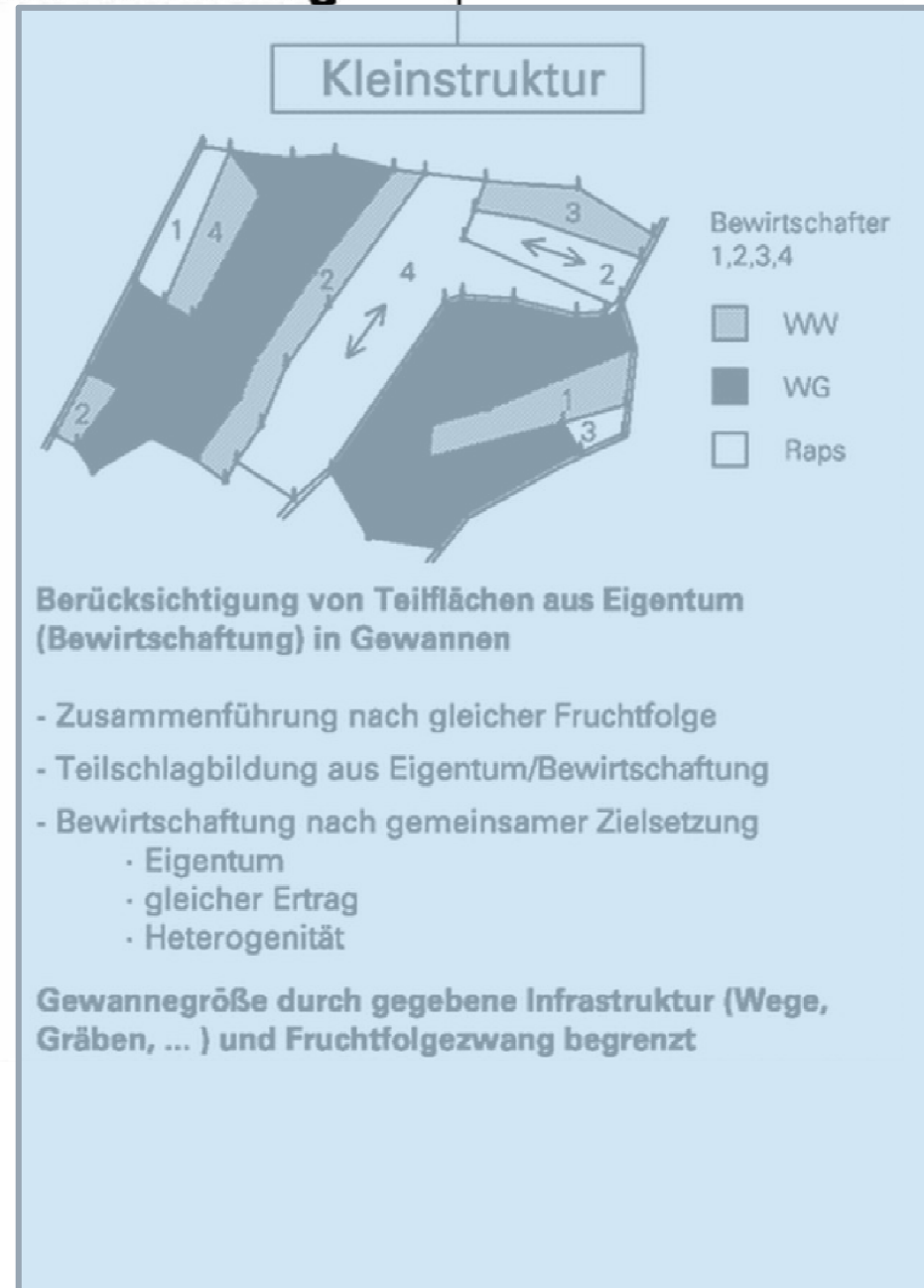


Ableitung und Berücksichtigung heterogener Teilflächen

- 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)

Ausgeglichene **Nährstoffbilanz**
über **Differenzierung** in gleiche
Behandlungseinheiten !!!



Systematische Ansätze für die Teilflächenbewirtschaftung

Teilschlagbewirtschaftung

Großstruktur

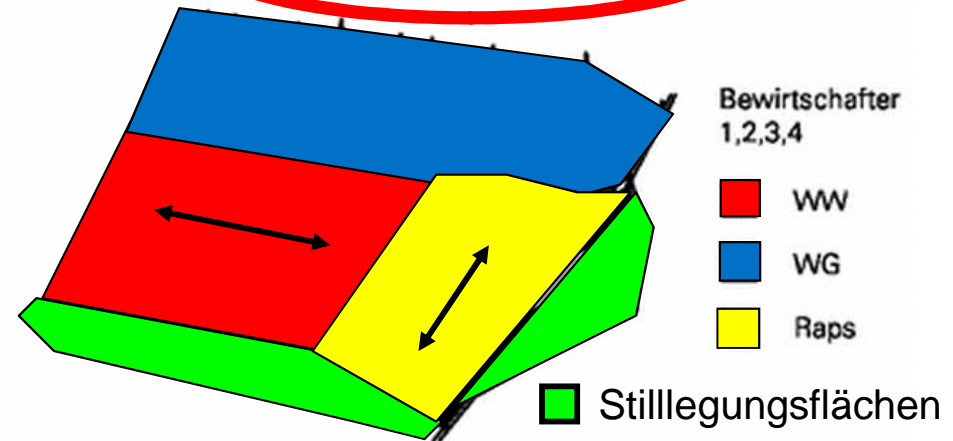
sehr hoher
hoher
mittlerer Ertrag
niedriger

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)

Kleinstruktur



Berücksichtigung von Teilflächen aus Eigentum (Bewirtschaftung) in Gewannen

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

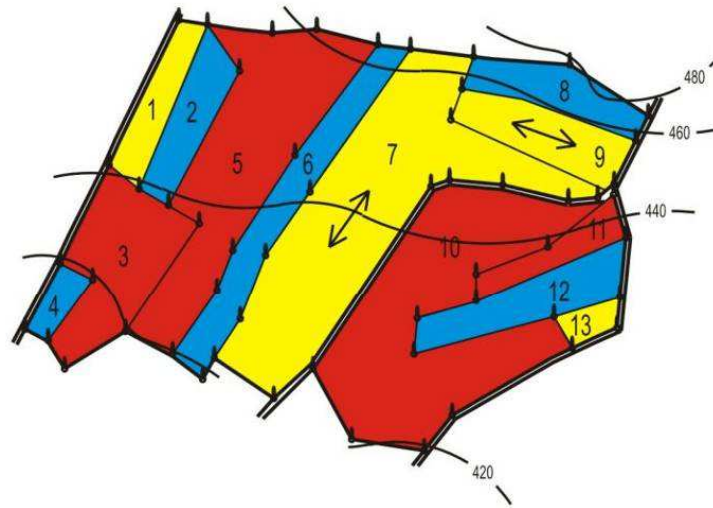
Gewanngröße durch gegebene Infrastruktur (Wege, Gräben, ...) und Fruchtfolgezwang begrenzt

Günstigere Produktionsbedingungen über Zusammenführen in gleiche Bearbeitungseinheiten !!!

<http://mediatum.ub.tum.de/?id=733768>

Formen der Gewannebewirtschaftung

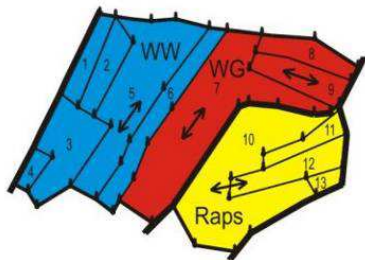
bestehende Struktur



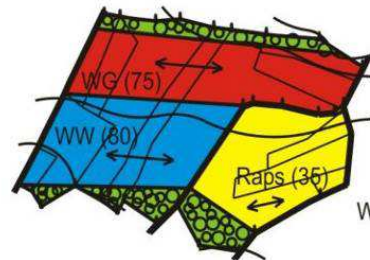
Landwirt		WW	WG	Raps
A		12	5	1
"	B	4;6	10	9
"	C	8	3	13
"	D	2	11	7

Ertragsorientiert (ökonomisch)

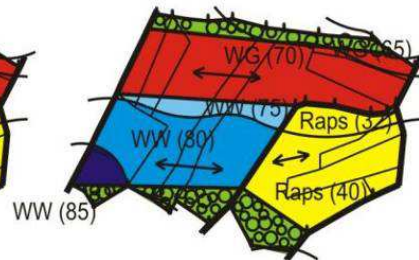
umweltorientiert (ökologisch)



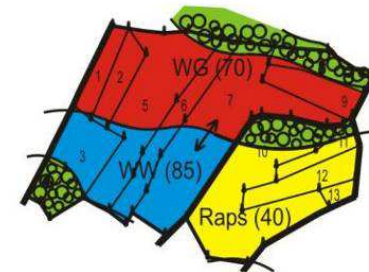
besitzorientiert



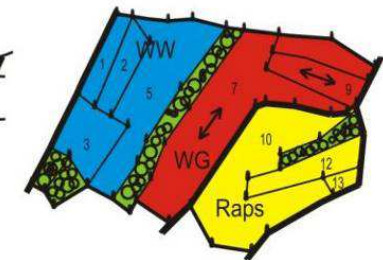
gemeinsames Ertragsziel



teilflächenorientiert



erosionsmindernd



Landschaftserhaltend

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!**

Auernhammer, H., Demmel, M. (2015): State of the Art and Future Requirements. In: Precision Farming Technology for Crop Farming (Ed.: Zang, Q.), Boca Raton, FL (USA): CRC-Press, pp. 299-346 (ISBN 9781482251074)

Auernhammer, H., Demmel, M., Muhr, T., Rottmeier, J., Perger von, P. (2016): Lokale Ertragsermittlung mit GPS in Serien-Mähdreschern 1990. In: Jahrbuch Agrartechnik 2015 (Hrsg. Frerichs, L.). Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, S. 214-224 (<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055137>)

Auernhammer, H. (2014): Precision Farming - Herausforderungen von heute und morgen. In: 15. Automotive Day 2014 & BfE Energieforschungstag Verkehr, Hrsg: Automotive Competence Network ACN-CH, Biel (Schweiz), S. 15-18

Auernhammer, H. (2011): Twenty Years of Precision Agriculture - more Questions than Answers? In: ACPA2011, The 4th Asian Conference on Precision Agriculture, July 4-7, Tokachi Plaza, Obihiro, Hokkaido, Japan, CD-ROM, Keynote No. 4: 1-6

Spreng, V., Bernhardt, H., Auernhammer, H. (2009): Precision Livestock Farming - Anwendungsmöglichkeiten in der Kälberhaltung. In: 9. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2009, 21.-23. September 2009 in Berlin, S. 107-112 (ISBN: 978-3-941583-27-6)