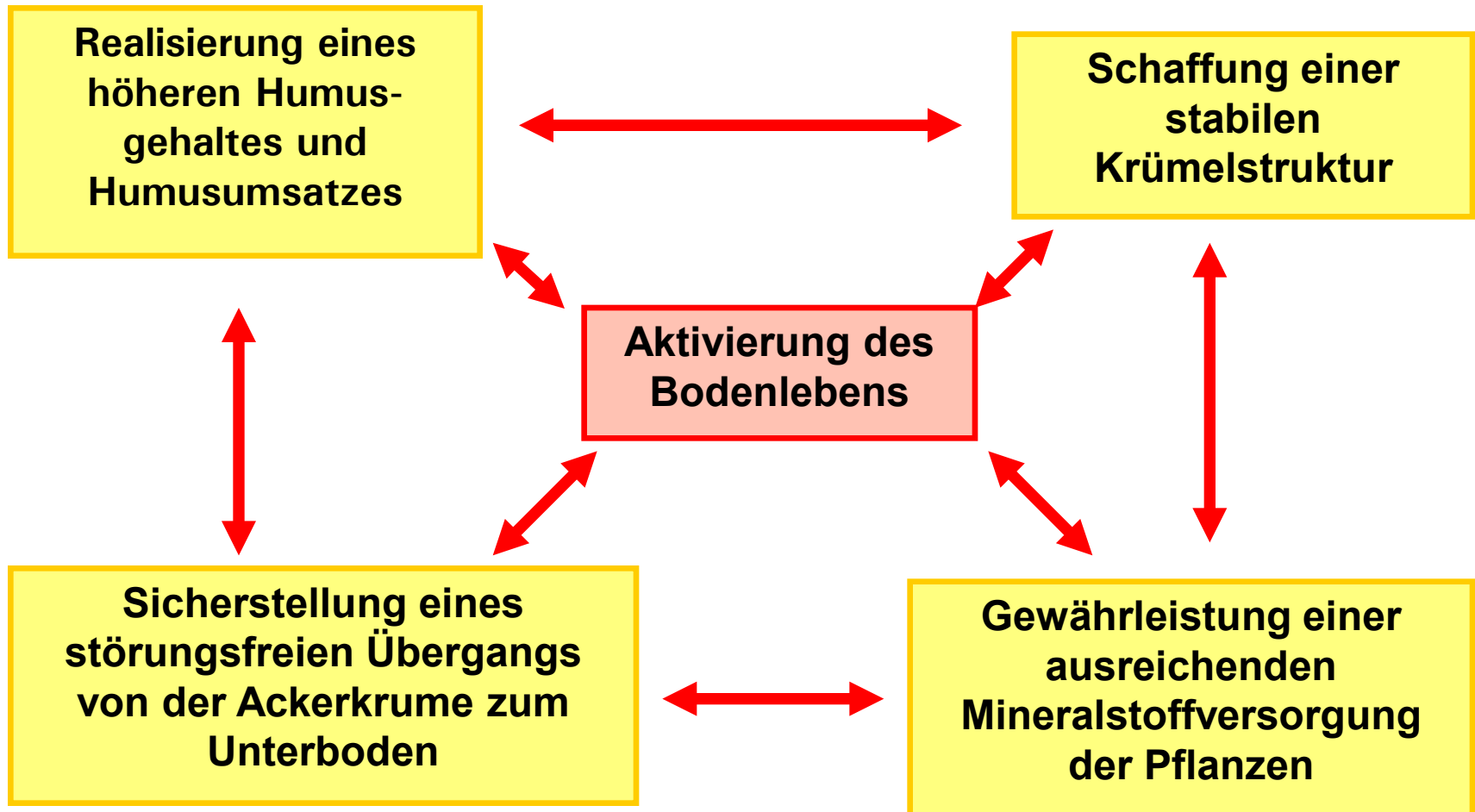




BODENFRUCHTBARKEIT IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU

Nährstoffversorgung

Hauptwege zur nachhaltigen Steigerung der naturveranlagten Bodenfruchtbarkeit im Öko-Landbau



Sprengels Minimumgesetz gilt auch im Öko-Landbau

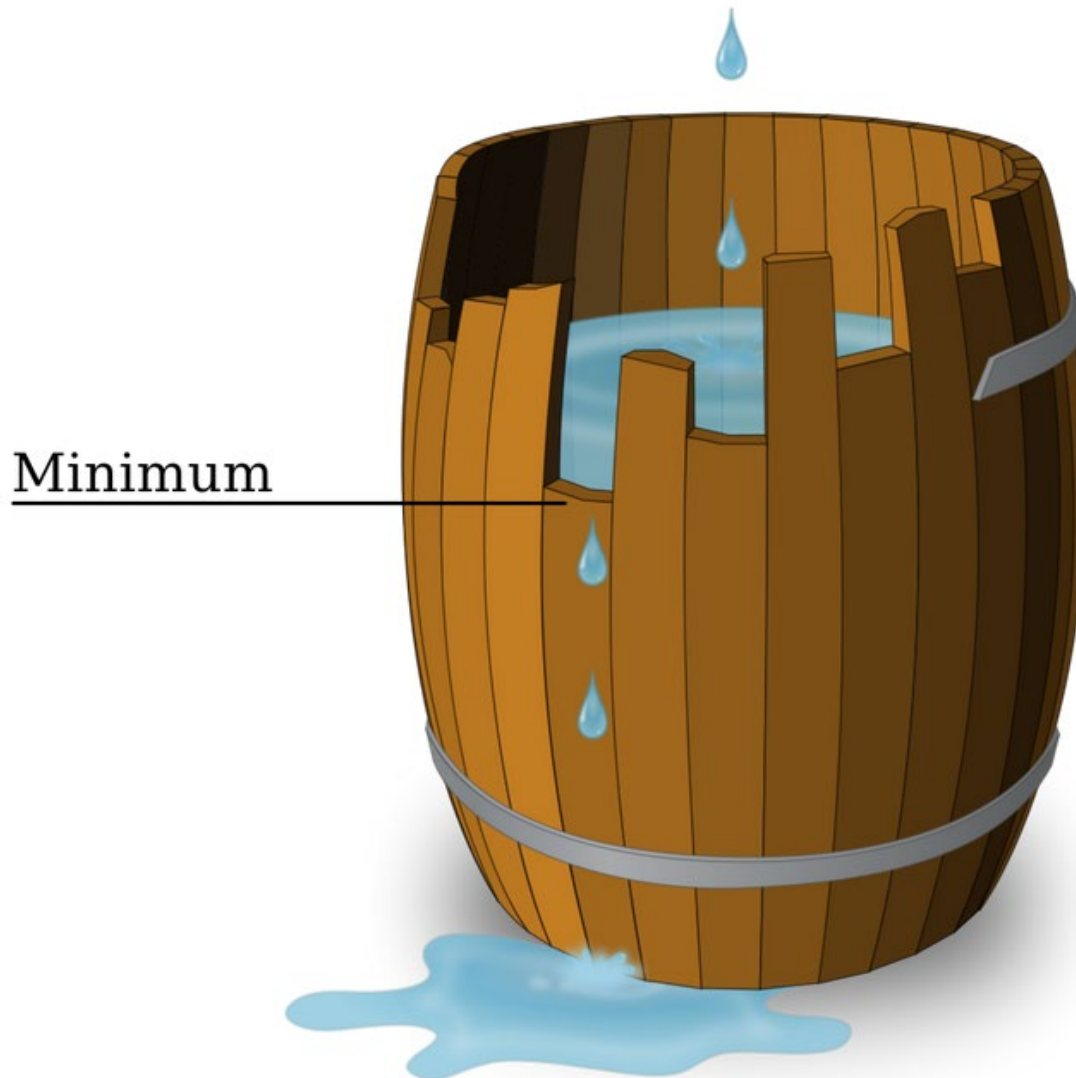


Bild: Wikipedia



STICKSTOFFVERSORGUNG

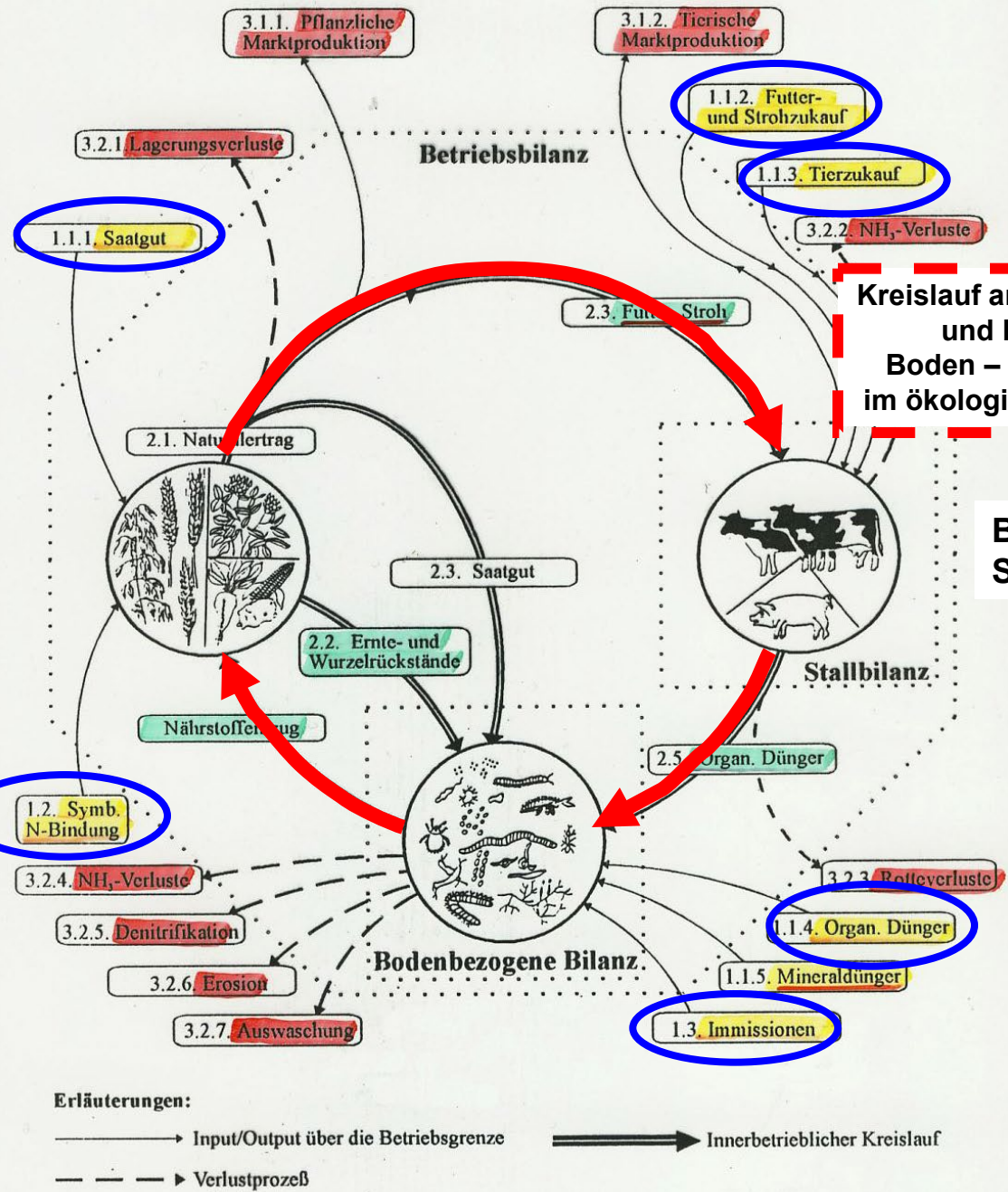
Pflanzenverfügbare Stickstoff ist ein maßgeblicher ertragsbegrenzender Faktor im Öko-Landbau



Quellen der Stickstoffversorgung der Ackerkulturen im ökologischen Landbau (I)

- » Leguminosenanbau und symbiotische N_2 -Bindung
- » Stickstoffeintrag aus Niederschlägen
(ca. 20 ... 50 $kg \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ in Ballungsgebieten)
- » Futterzukauf (lt. Verbandsrichtlinien und den EU-Rechtsvorschriften ÖLB nur begrenzt möglich)
- » Düngierzukauf (lt. Verbandsrichtlinien und EU-Rechtsvorschriften ÖLB nur begrenzt möglich)
- » Saatgutzukauf
- » Tierzukauf

N-Quellen



Leguminosen:
Einzige relevante
N-Quelle

Kreislauf an Biomasse, Nährstoffen
und Energie im System
Boden – Pflanze – Tier – Boden
im ökologischen Gemischtbetrieb!

Betriebsgrenze ist
Systemgrenze!

Erläuterungen:
→ Input/Output über die Betriebsgrenze
→ Innerbetrieblicher Kreislauf
- - - Verlustprozeß

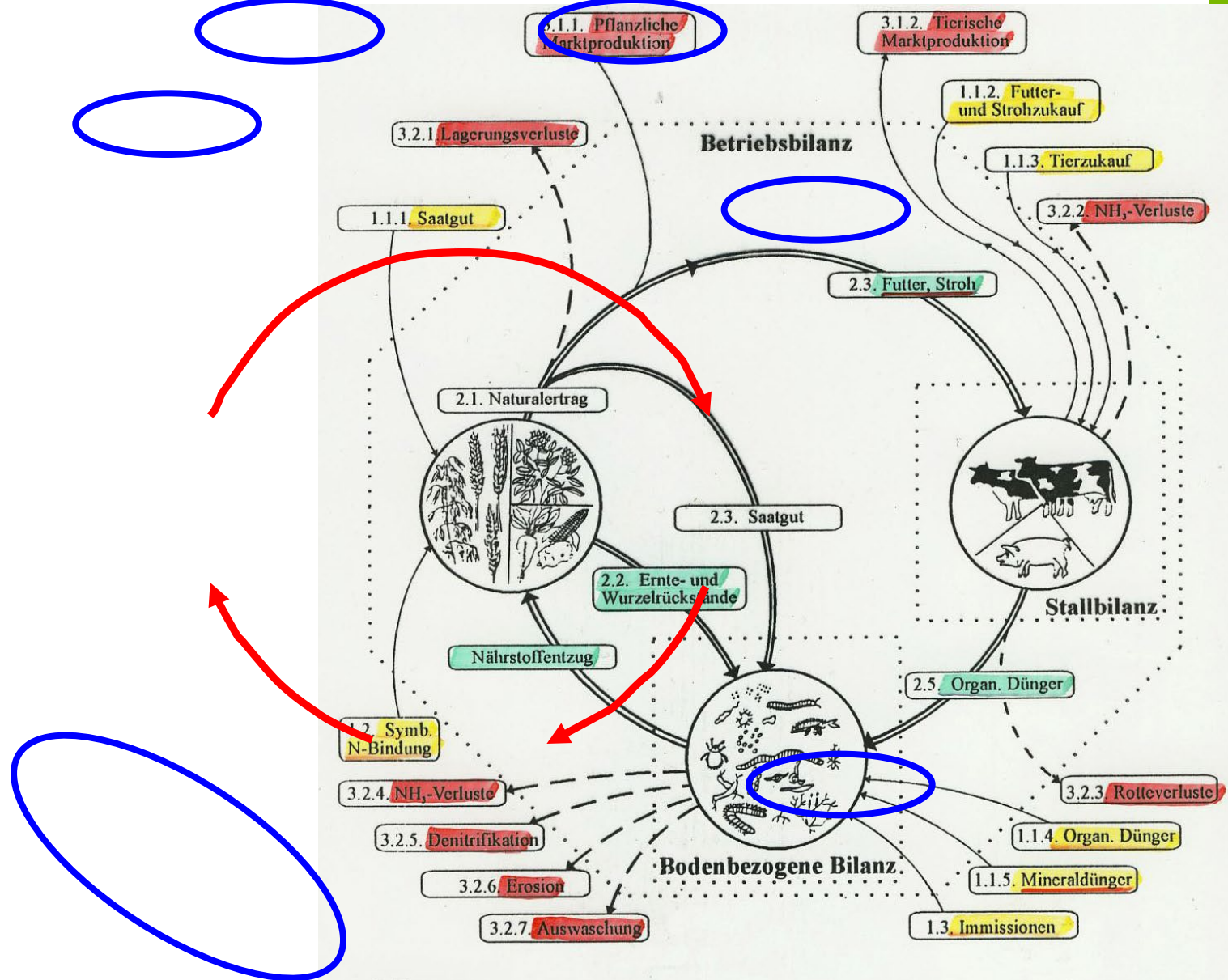
Abb. 2.4: N-Flüsse im landwirtschaftlichen Betrieb und Abrechnungsebenen der N-Bilanzen

Abgang bzw. Verluste an Stickstoff aus dem landwirtschaftlichen Betrieb



- » Verkauf pflanzlicher und tierischer Erzeugnisse
- » Transport-, Lager- und Rotteverluste
- » Ausbringverluste bei Applikation von Düngemitteln
- » Auswaschung (NO_3) und gasförmige Verflüchtigung (N_2 , N_2O , NH_3)

N-Verluste



Erläuterungen:

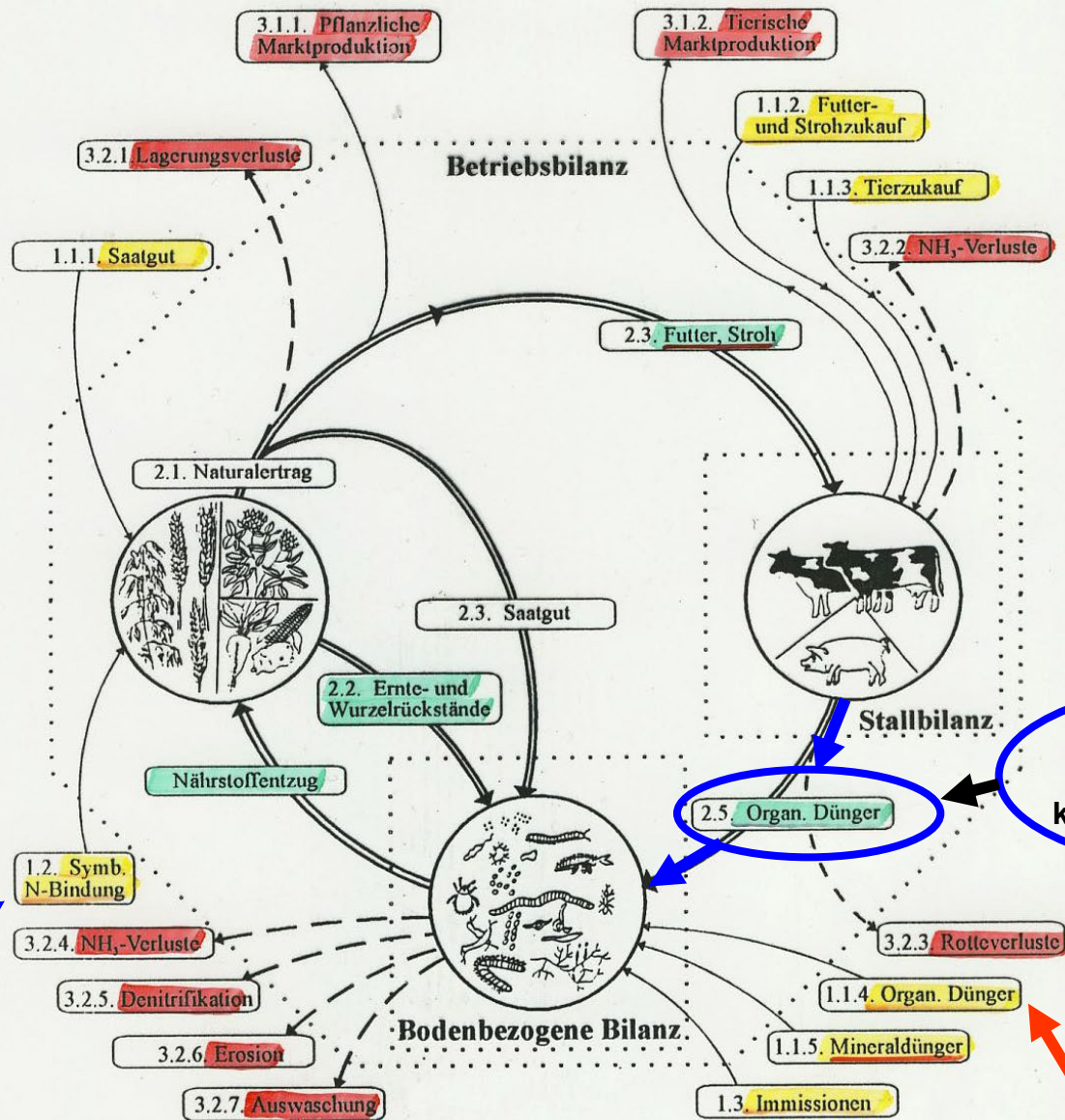
- > Input/Output über die Betriebsgrenze
- ====> Innerbetrieblicher Kreislauf
- - - -> Verlustprozeß

Quellen der Stickstoffernährung im ökologischen Landbau (II)



- » **Rolle betriebseigener organischer Dünger:**
 - » **gelten als kreislaufinterne Ressourcen
(N stammt vor allem aus legumer N-Bindung
vorhergehender Wirtschaftsjahre)**
 - » **oberste Maxime ist verlustarme Gewinnung,
Lagerung und Einsatz der organischen Dünger**

**Legumino
sen**



**Betriebseigener
organischer Dünger ist
kreislaufinterne Ressource**

Erläuterungen:

—————> Input/Output über die Betriebsgrenze ==> Innerbetrieblicher Kreislauf

- - - - -> Verlustprozeß



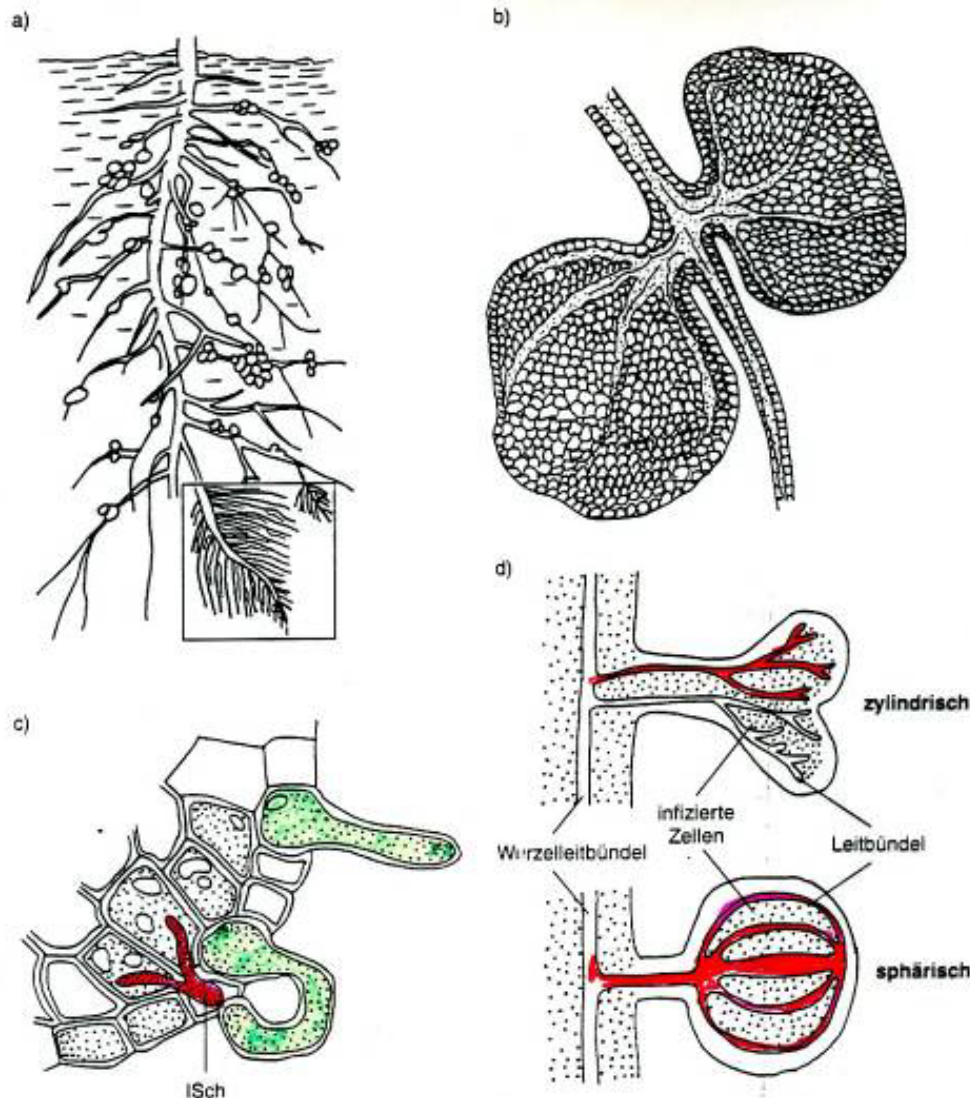
Wichtige Einschränkung!

- » **Wirtschaftseigene (betriebseigene) Dünger erbringen keinen Nettogewinn an Nährstoffen für den Öko-Betrieb, da sie aus dem Kreislauf kommen und wieder in ihn eingehen (wenn Futterzukauf gering)**
- » **Zugewinn an Nährstoffen für den Betriebskreislauf nur durch Leguminosen (N_2 -Fixierung), sowie zugelassene organische und mineralische Handelsdünger sowie in geringerem Umfang auch durch Zukauf externer Betriebsmittel**



Quellen der Stickstoffernährung im ökologischen Landbau (III)

- » **Rolle des Humusstickstoffs im umsetzbaren Teil der organischen Bodensubstanz:**
 - » **Ist von maßgeblicher Bedeutung für die unmittelbare N-Versorgung der Nichtleguminosen**
(N-Nachlieferung des Bodens ca. 100 kg/ha/a bei guter Humusversorgung)
 - » **Humus ist (lediglich) Speicher und Transformator für Leguminosen- und Dünger-N, keine Quelle!**
 - » **Humus-N muss ständig wieder ersetzt werden!**



- a) Erbsenwurzel mit Knöllchen; im Kasten vergrößert: Wurzelhaarzonen
 b) Schnitt durch fertig ausgebildete Knöllchen;
 c) Anlagerung von Bakterien an die Spitze eines Wurzelhaares, Krümmung desselben und Eindringen der Mikrosymbionten in Epidermis- bzw. Rindenzellen der Wurzel; Ausbildung des Infektionsschlauches (ISch);
 d) Formen fertig ausgebildeter Knöllchen mit Anschluß der Leitelemente an das Xylem eines Leitbündels in der Wurzel.



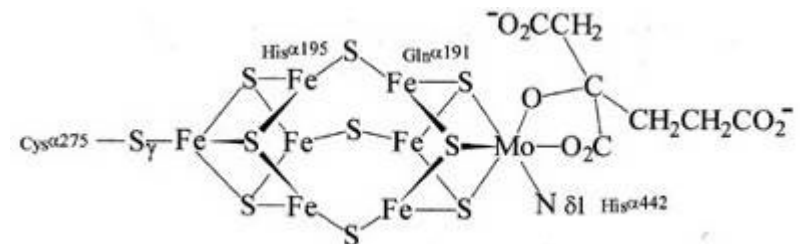
Biochemischer Vorgang der biologischen N_2 -Fixierung

Wie verläuft die Reduktion von $N_2 \rightarrow NH_3$?

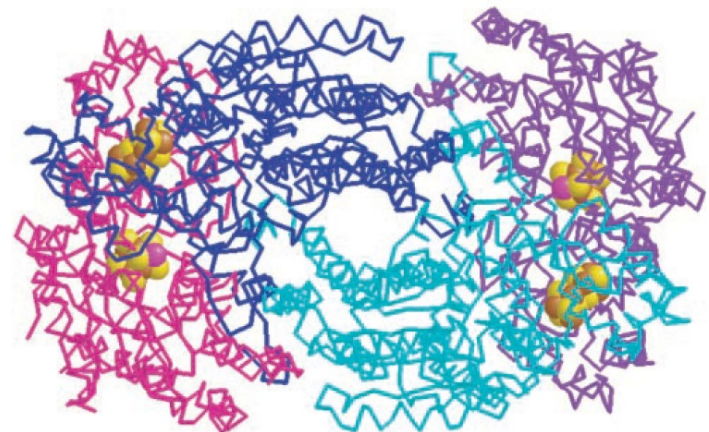
Enzymkomplex **Nitrogenase**

→ aus 2 Proteinen

1. **Dinitrogenase-Reduktase**
 - Fe- Protein
2. **Dinitrogenase**
 - Fe-Mo-Protein
 - hier erfolgt die Reduktion



**Aktives
Enzymzentrum:**



Biotische N₂-Fixierung



Wie verläuft die Reaktion von $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$?

Biochemische Reaktion:



Reaktion erfordert

→ **viel Energie** ($1 \text{g N}_{\text{fix}} = 10 - 12 \text{g Glukose}$)

→ **Reduktionsäquivalente** (e^-)

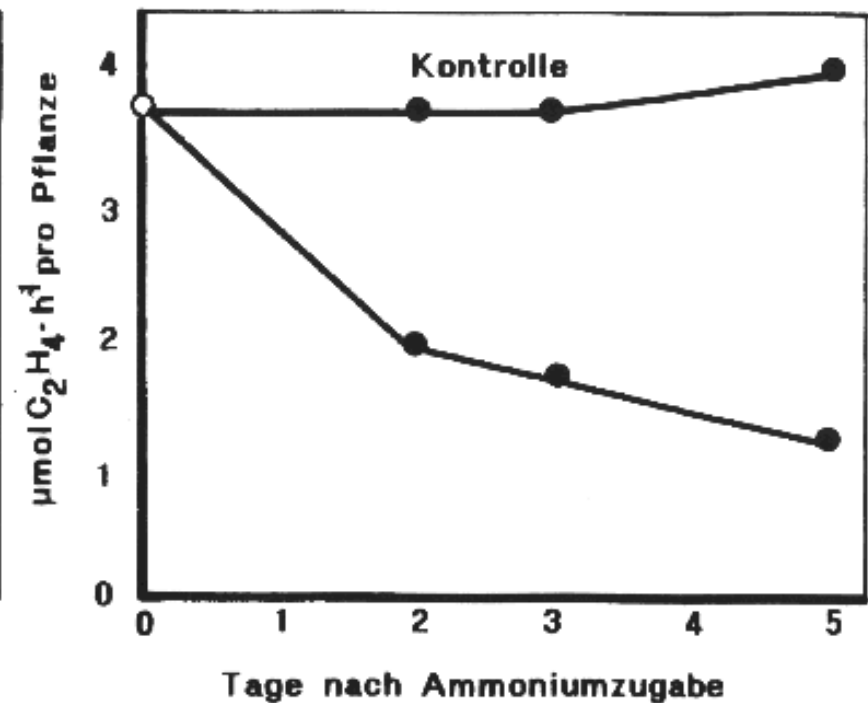
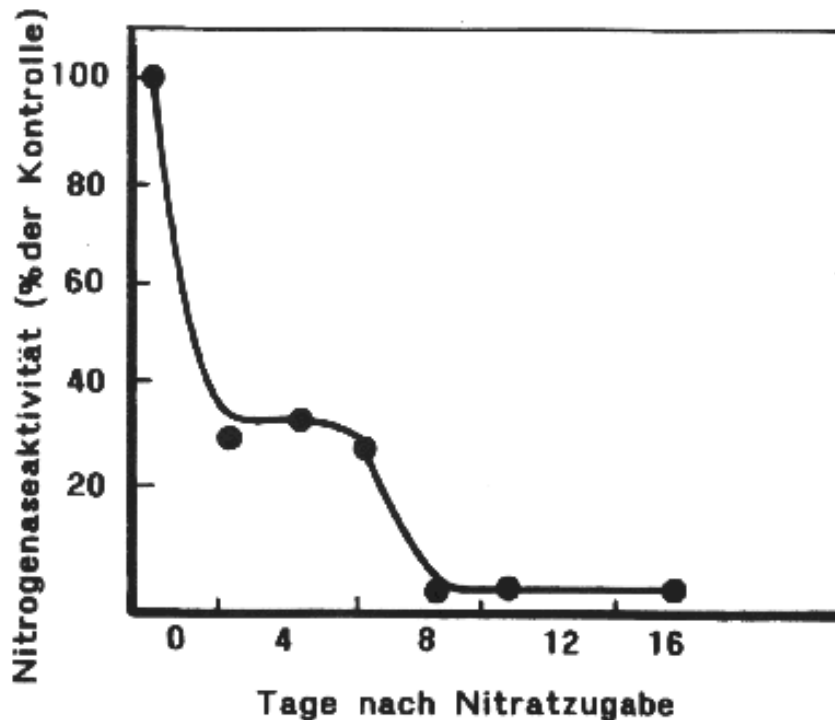
- » beides von der Pflanze in der **Photosynthese** gewonnen und den Knöllchen bereitgestellt
- » **NH_3** bzw. NH_4^+ wird an das Cytoplasma der Wirtszelle abgegeben



Hemmung durch Sauerstoff

- » Sowohl **Nitrogenase-Reduktase** als auch **Nitrogenase** werden **durch Sauerstoff irreversible geschädigt!**
- » Aber **Sauerstoff** ist notwendig für **eine effektive Produktion von ATP** (wichtig für die Energiebereitstellung)
- » → Strategien zum **Schutz des Komplexes** notwendig
- » bei symbiotischen N_2 -Fixierern dient **Leghämoglobin** zum Abfangen bzw. Puffern von Sauerstoff am Ort der Reaktionen
- » Leghämoglobin verursachte **rote Färbung** im Innern den Knöllchen

Hemmung der N_2 -Fixierung durch $Nmin$



Wirkung von 10 mmol Nitrat (bei *T. repens*) und 20 mmol (bei *P. sativum*) auf die Nitrogenaseaktivität

(nach CARROL und RESSHÖFF bzw. nach WERNER, verändert)



Sojabohne



Blaue Lupine 



Ackerbohne



Felderbse



nicht geimpft

geimpft

134
7

N-Bindung durch Leguminosen (Schätzhilfe)



Fruchtart	N-Fixierung	FM-Ertrag	N-Fixierung
	kg/t	t/ha	kg/ha
1	2	3	4 = 2 x 3
<u>Acker-Hauptfrüchte:</u>			
Ackerbohnen	50	4	200
Körnererbsen	44	4	176
Sojabohnen	41	3	123
Erbsen (Gemüse)	15	8	120
Kleegras (Kleeanteil < 80 %)	2,7	50	135
Kleegras (Kleeanteil > 80 %)	3,4	50	170
Luzernegras (Luzerneanteil kleiner 60 %)	3,1	50	155
Luzernegras (Luzerneanteil größer 60 %)	3,8	50	190
Rotklee	4,7	50	235
Luzerne	5,7	50	285

Neuere Schätzungen der N₂-Fixierung

Kultur	Ertrag (TM)		Biologisch fixiertes N				N-Mengen			
	Korn- bzw. Biomasse (t ha ⁻¹)		im Spross (kg N ha ⁻¹ a ⁻¹)		Gesamt (kg N ha ⁻¹ a ⁻¹)		Abfuhr (kg N ha ⁻¹ a ⁻¹)		Nettozufuhr (kg N ha ⁻¹ a ⁻¹)	
Luzerne	10,3	± 2.2	274	± 60	465	± 102	320	± 67	146	± 35
Rotklee	7,0	± 2.8	148	± 59	252	± 100			252	± 100
Weißklee*	2,0	± 1.2	60	± 41	102	± 16			102	± 16
Ackerbohne	3,1	± 0.9	127	± 35	165	± 45	125	± 36	40	± 9
Erbse	2,4	± 0.9	85	± 29	111	± 38	92	± 33	19	± 5
Linse	1,1	± 0.3	40	± 11	52	± 15	43	± 13	9	± 1

Tab. 7: Schätzungen der symbiontischen N₂-Fixierung und Nettozufuhr von N (fixiertes N minus N-Abfuhr) nach Leguminosenerträgen auf 33 ökologischen Marktfruchtbetrieben im Pariser Becken (Frankreich), Mittelwerte ± Standardabweichungen. *Anbau als Zwischenfrucht, übrige Kulturen als Hauptfrucht. Quelle: übernommen aus Anglade et al. (2015).

N-Bindung durch Leguminosen - Grünland

Grünland, Leg.-Anteile

N₂-Fixierung (kg* ha⁻¹*a⁻¹)

Grünland Leg.-Anteil 5%	20
Grünland Leg.-Anteil 10%	40
Grünland Leg.-Anteil 20%	80
Grünland Leg.-Anteil 30%	120
Grünland Leg.-Anteil 40%	160

		N-Fixierung (kg/ha)	
<u>Acker-Zwischenfrüchte als Stoppelsaat:</u>		Saatzeit	
		bis 5.8. hoher Ertrag	ab 5.8. mittlerer Ertrag
Kleegras		50	30
Alexandrinerklee		60	40
Futtererbsen		60	40
Ackerbohnen		60	40
Sommerwicken		60	40
Leguminosengemenge		85	55
Untersaat mit Leguminosen		60	
<u>Rotationsbrache:</u>			
Leguminosen 0-10 %		0	
Leguminosen 11-60 %		80	
Leguminosen 61-100 %		120	

Einflussfaktoren N₂-Fixierung





Stickstoffmanagement im Öko-Betrieb

Maximaler Anbauumfang von Leguminosen im Haupt- und Zwischenfruchtbau sowie im Rahmen begrünter Rotations-brachen (Beachtung von Verträglichkeitsbeziehungen)

Anbau von Leguminosen als tragende Säule des ökologischen Landbaus

- Empfehlungen zur Verwertung -

» Verwertung des Aufwuchses von Futterleguminosen:

» innerbetrieblich

- » **als Futter*** ...

» als Gärsubstrat°

» Saatguterzeugung°

» als Silage (Düngung)°

» als Kompost (Düngung)°

» als Gründünger (cut and carry)°

» **als Mulch*** (Rotationsbrache)
- in Gemischtbetrieben mit Rinderhaltung
- bei viehloser oder vieharmer Wirtschaftsweise
- oder
- in Veredelungsbetrieben (Schwein, Huhn)
- bei fehlender Rinderhaltung

» außerbetrieblich

- » Verkauf an Öko-Betriebe
- oder Tausch gegen Mist o. Gülle°
- » Verkauf zur technischen Trocknung (Grünmehl)°

* übliche Verwendung; ° eher selten bzw. (noch) nicht erschlossen

Stickstoffmanagement im Öko-Betrieb

- » **Konsequente Minimierung von Verlusten**
- » **Maximaler Anbauumfang von Leguminosen im Haupt- und Zwischenfruchtbau sowie im Rahmen begrünter Rotationsbrachen (Beachtung von Verträglichkeitsbeziehungen)**
- » **Auswahl der am besten an den Standort angepassten und dazu ertragreichsten Arten, Sorten und Mischungen von Körner- und Futterleguminosen**
- » **Optimierung der Anbauverfahren (z.B. engerer Reihenabstand bei Ackerbohnen) und beste Pflege zur Erzielung höchstmöglicher Körner- bzw. Trockenmasseerträge (↑ Ertrag = ↑ N₂-Bindung!)**
- » **Vermeidung von zu geringen P₂O₅- und K₂O-Gehalten im Boden (Gehaltsstufe B). Ungenügende PK-Versorgung der Leguminosen schränkt deren N₂-Bindung ein; bei Futterleguminosen auch Schwefelversorgung beachten**



Fischinger S. A.

S-Versorgung → N_2 -Fixierungsleistung → Ertrag

Tab 14: **Gesamter N-Jahresertrag** (fett gedruckt) für das Jahr **2010 bzw. 2011** der Leguminosen bzw. Nichtleguminosen in Abhängigkeit der Düngung , wie auch eine Ertragssteigerung/ -minderung (kursiv gedruckt) im Vergleich zur Kontrolle (100%). Die Buchstaben geben mögliche homogene Gruppen wieder (nach Tuckey und Scheffé (in 2010 der Fraktion der Nichtleguminosen und Gesamt) mit einem Signifikanzniveau α gleich 0,05)

Variante	Leguminosen						Nichtleguminosen					
	N-Flächenertrag/ kg ha ⁻¹ a ⁻¹						N-Flächenertrag/ kg ha ⁻¹ a ⁻¹					
	2010			2011			2010			2011		
S0	163,4	b	100%	188,7	b	100%	49,4	b	100%	57,8	a	100%
MgSO4_40	333,7	a	204%	368,0	a	195%	66,5	ab	135%	65,1	a	113%
MgSO4_80	347,4	a	213%	388,5	a	206%	64,3	ab	130%	46,8	a	81%
CaSO4_80	327,3	a	200%	363,9	a	193%	73,0	a	148%	51,0	a	88%
Sel_80	199,4	b	122%	249,9	b	132%	60,1	ab	122%	54,5	a	94%

S. Heilmann, 2012

**40 kg/ha Schwefel durch Kieserit-Anwendung
hat N-Ertrag der Leguminosen verdoppelt!**

Wirkung von Schwefel (Kieserit) auf Klee gras ca. 4 Wochen nach der Düngung



Nachwirkungen im Winterweizen



Mai 2011

→ Veränderte Nährstoffversorgung

+S

-S

Fischinger S. A.

Verbesserte Wirkung durch Schwefel zum Luzernegras

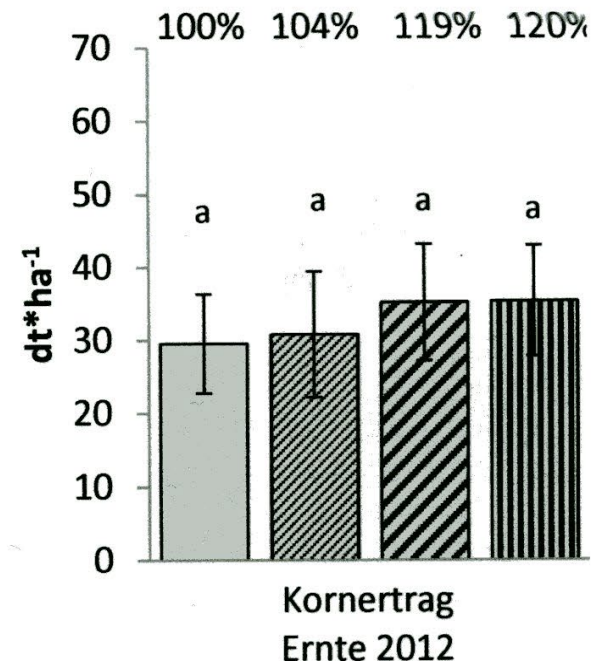
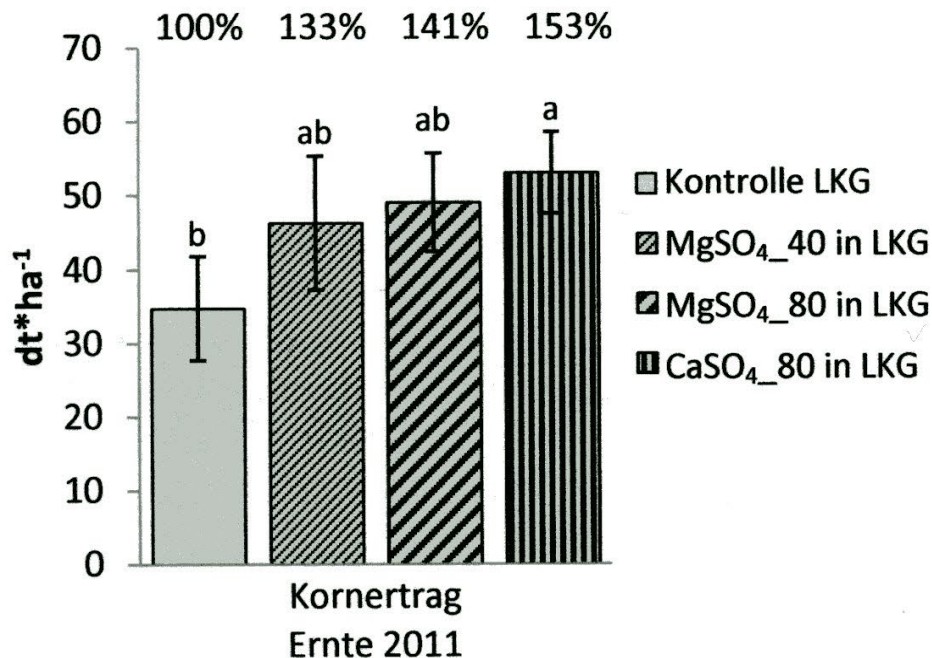


Abbildung 11: Ertrag [dt*ha⁻¹] und Ertragssteigerung [%] (Kontrolle=100% als Basis) in Wiederholung A (Ernte am 17.08.2011) und Wiederholung B (Ernte am 04.08.2012) des Winterweizens im Fruchtfolgeversuch. Werte beziehen sich auf TS=86%. *Verschiedene Buchstaben zeigen statistisch signifikante für P<0,05 an (Tukey-Test).* (Datentabelle: Tab. A6)

Tabelle 3.21: Vorläufige Schwefelversorgungsklassen des Bodens zur Abschätzung des Düngedarfs bei Futterleguminosen, Messungen im zeitigen Frühjahr

S_{min}-Menge (0 – 60 cm Tiefe)	Klassen- einteilung	Bewertung und Empfehlung
> 60 kg/ha	E	mit Schwefel überversorgt, keine Düngung nötig
30 – 60 kg/ha ¹⁾	C	mit Schwefel gut versorgt, Düngung auf Entzug empfohlen
< 30 kg/ha	A	mit Schwefel schlecht versorgt, Düngung über den Entzug hinaus empfohlen

¹⁾ Ggf. reichen im ökologischen Landbau S_{min}-Mengen in der unteren Hälfte dieses Wertebereiches aus.

Eine unzureichende Schwefelversorgung im Öko-Landbau ist mit Hilfe der zulässigen leicht löslichen Schwefeldüngemittel natürlicher Herkunft zu beheben.

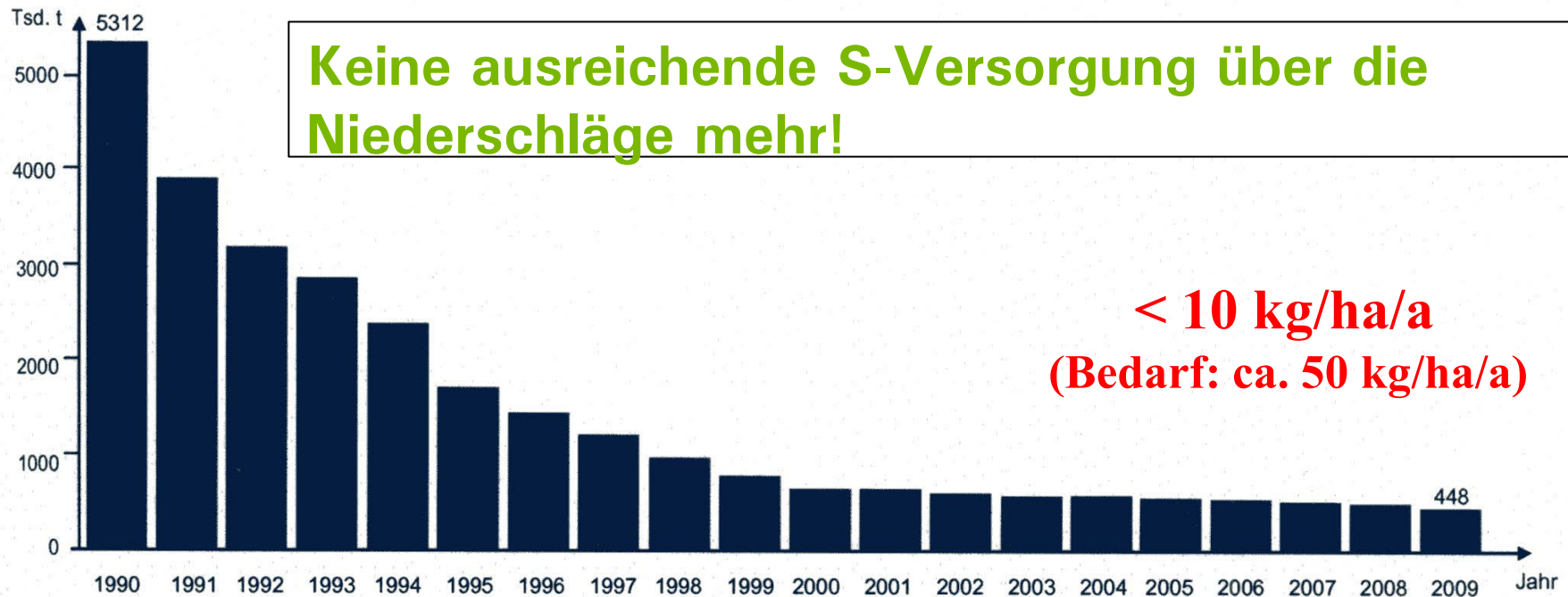


Abbildung 4: Schwefeldioxid (SO₂)-Emissionen in den Jahren 1990 bis 2009

(Quelle: verändert nach Umweltbundesamt, 2011)

Tabelle 3.15: Übersicht über zulässige mineralische Zukaufsdüngemittel natürlicher Herkunft, aktualisiert nach EG-Bio-VO 889/2008, Anhang I (Richtlinien der Verbände können abweichen, Handelsprodukte je nach Hersteller verschieden)



Bezeichnung	Handelsprodukt	Mineralstoffgehalte der Haupt- und Nebenbestandteile		Löslichkeit der Hauptbestandteile
Phosphor (P)		P_2O_5		
Weicherdiges Rohphosphat	Physalg 27	27 %	48 % CaO	schwer
	Dolophos 26	26 %	40 % CaO, 2 % MgO	schwer
Kalium (K)		K_2O		
Kaliumsulfat	KALISOP® gran.	50 %	45 % SO_3	leicht
Magnesiumsalzhaltiges Kaliumsulfat	Patentkali®	30 %	10 % MgO, 42,5 % SO_3	leicht
Kalisalz	Magnesia-Kainit®	11 %	5 % MgO, 27 % Na_2O , 10 % SO_3	leicht
Magnesium (Mg)		MgO		
Magnesiumsulfat	ESTA®Kieserit fein	27 %	55 % SO_3	leicht
	ESTA®Kieserit	25 %	50 % SO_3	leicht
	gran. Bittersalz	16 %	32,5 % SO_3	leicht
Schwefel (S)		SO_3		
Calciumsulfat	Anhydrit (Gips)	46 %	34 % CaO, 24 % Ca	leicht
Kaliumsulfat	KALISOP® gran.	45 %	50 % K_2O ,	leicht
Magnesiumsulfat	ESTA®Kieserit gran.	50 %	25 % MgO	leicht
Elementarschwefel	Schwedokal 90		90 % S	schwer
	Sulfogranulat		90 % S	schwer
Calcium (Ca)		$CaCO_3^{1)}/CaO^{2)}$		
Kohlensaurer Kalk		90 % ¹⁾		schwer
Kohlensaurer Magnesiumkalk	Kohlensaurer Magnesiumkalk 90	60 %	30 % $MgCO_3$	schwer
Kohlensaurer Kalk aus Meeresalgen 76	Lithohamne 400 G gran.	70 % ¹⁾	6 % $MgCO_3$	schwer
Carbokalk		27 % ²⁾	0,35 % N, 1,4 % P_2O_5 , 1,7 % MgO, 0,23 % S	schwer
Hüttenkalk	Hüttenkalk 47	40 % ²⁾	7 % MgO	schwer
Konverterkalk	Konverterkalk 50	50 % ²⁾		schwer
	Konverterkalk 43	43 % ²⁾		schwer

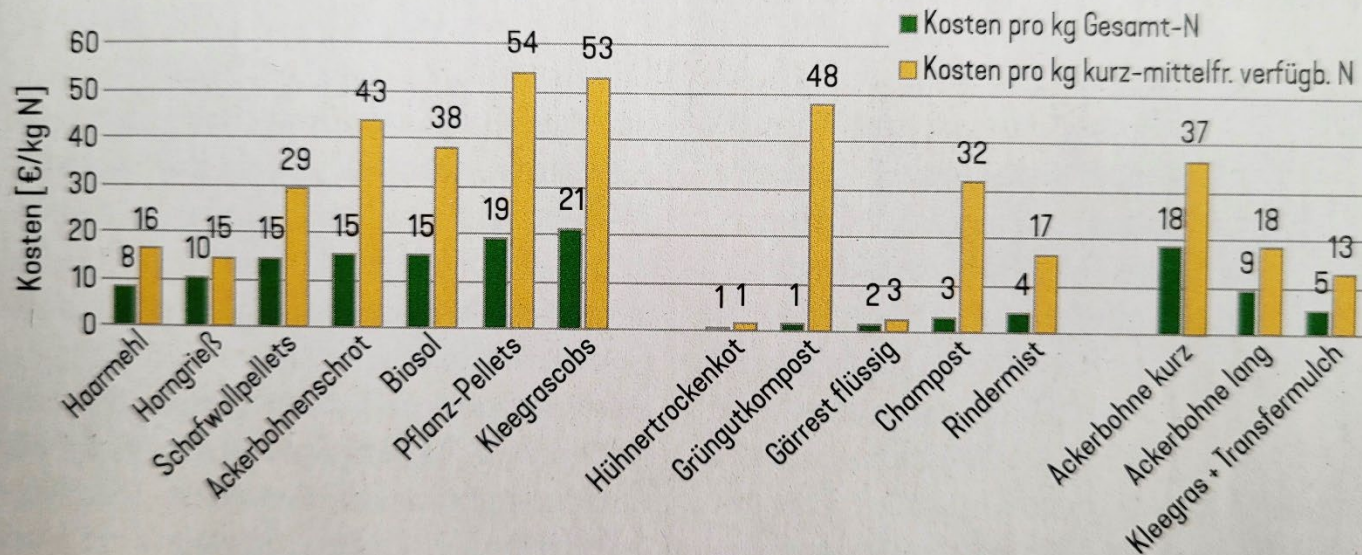
Tab. 1: Flächenbezogene Stickstoffbilanz der untersuchten Betriebsgruppen (Mittelwerte der Erntejahre 2003 bis 2008, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche)
 EWR = Ernte- und Wurzelrückstände

Kennzahl	ME	Ökologische Betriebe		Konventionelle Betriebe
Betriebsgruppe		Marktf Frucht n = 12	Gemischt n = 8	n = 10
N-Entzug	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	128 ^a	157 ^b	182 ^c
Hauptprodukt	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	105 ^a	142 ^b	147 ^b
Nebenprodukt	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	23 ^a	15 ^b	36 ^a
N-Zufuhr	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	149 ^a	195 ^b	255 ^c
N-Immission	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	20	20	20
Saatgut	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	3	2	2
Symb. N ₂ -Fixierung	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	59 ^a	70 ^a	10 ^b
Organische Dünger	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	68 ^a	103 ^b	103 ^b
In Ökobetrieben geringere N-Bilanz-Überschüsse (reaktive N-Verluste) und bessere N-Verwertung im System Boden-Pflanze im Vergleich zu konventionellen Betrieben				
-Jauche	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	0 ^a	5 ^b	0 ^a
-Sonstige org. Dünger	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	6 ^a	7 ^a	0 ^b
Mineraldünger	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	0 ^a	0 ^a	120 ^b
Änderung (Δ) N _{org}	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	9 ^{ab}	20 ^a	0 ^b
N-Saldo mit Δ N _{org}	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	13 ^a	18 ^a	73 ^b
N-Verwertung	%	87 ^a	82 ^a	72 ^b

Stickstoffpreise verschiedener Dünger

→ Stickstoff unterschiedlich teuer

Je nach Düngequelle kann der Gesamtstickstoff pro kg zwischen 1 und 21 Euro kosten.



QUELLE: EIGENE ERHEBUNGEN

bioland-Fachmagazin

Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen zur Steigerung der Luft-Stickstoffbindung der Leguminosen



- » 70 – 80 % Leguminosenanteil im Futterbestand anstreben
- » Etablierungssicherheit der Leguminosen erhöhen, indem diese **1 x zur Blüte gelangen** (zur Blüte höchste N₂-Fixierungsleistung)
- » **Schnittnutzung** (Futtergewinnung) begünstigt N₂-Fixierung; **Mulchen** unterdrückt N₂-Fixierung
- » Anbau von Leguminosen als **Zwischenfrüchte**: bei Stoppelsaaten, Anbau vor dem 1. August, sonst nicht genug Zeit für N₂-Fixierung
- » Generell **hohe Erträge** anstreben (positive Korrelation zur N₂-Fixierung)
- » bei viehloser Bewirtschaftung Aufwüchse ernten und z. B. vergären (**Biogas**) oder anderer Verwertung zuführen
- » Einhaltung der **Anbaupausen**, da Selbstunverträglichkeit!



MAßNAHMEN ZUR SENKUNG VON N- VERLUSTEN

Strategie zur Senkung von N-Verlusten unter Leguminosen während des Wachstums und der Reife (I)



1. Anbau von Leguminosen im Gemenge mit Nichtleguminosen

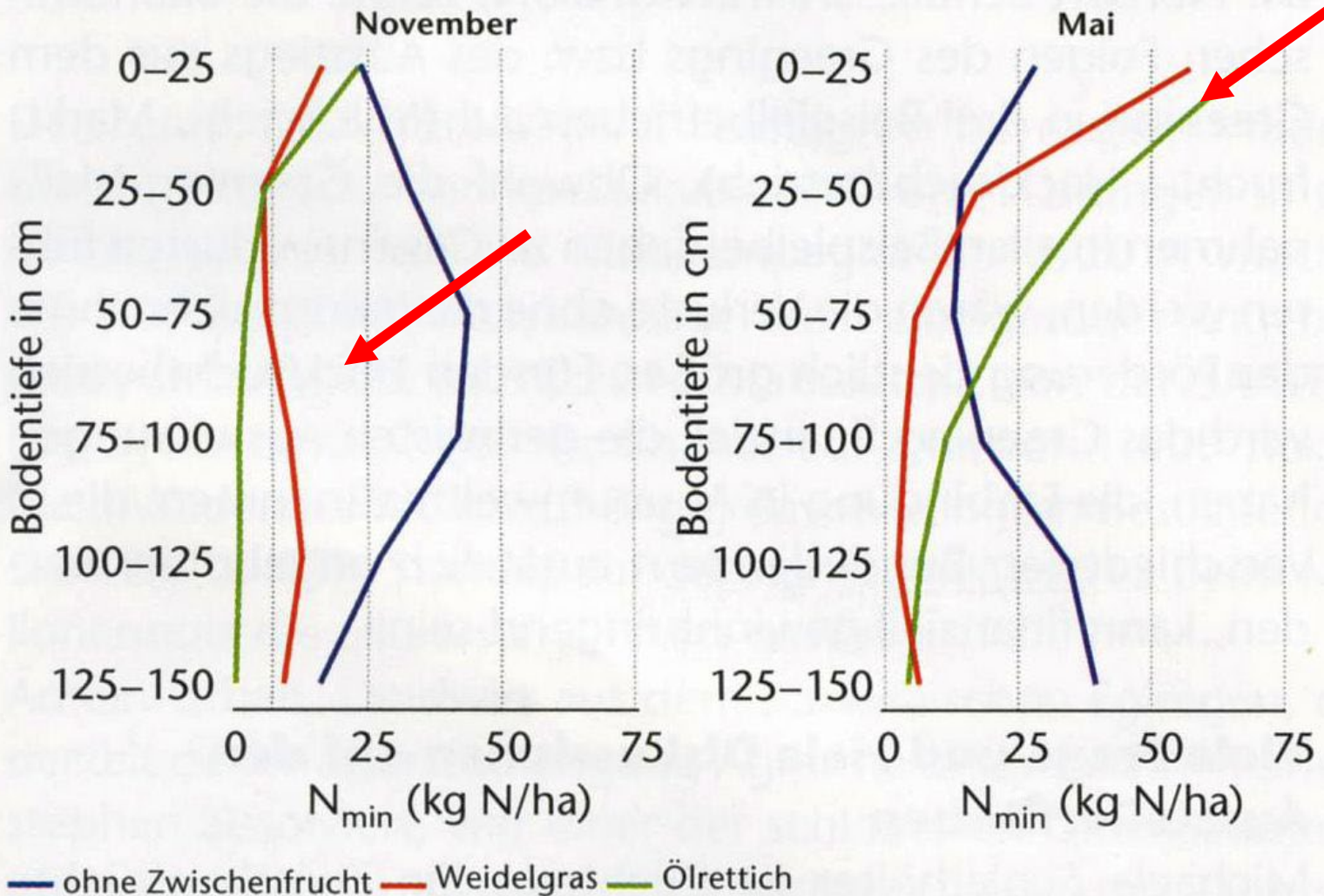
- » Luzerne- oder Klee grasgemenge mit weiteren Mischungspartnern
- » Gemenge aus Hafer & Ackerbohne oder Erbsen & Triticale
- » Wickroggen, Zottelwicke-Triticale, Saatwicke-Hafer etc.



Maßnahmen zur N₂-Verlustreduktion im Rahmen der Fruchtfolge

- » **Nachfrüchte nach Körnerleguminosenvorfrucht (insbes. auf leichten, auswaschungsgefährdeten Böden):**
 - » z.B. bei Winterroggen als Nachfrucht
 1. Saatfurche erst unmittelbar vor Bestellung
 2. frühe Aussaat in der ersten Septemberhälfte
 3. Boden mit Packer und Walze extra verdichten
- » **Anbau von nichtlegumen Sommerzwischenfrüchten nach der Ernte von Leguminosen zur Speicherung von Rest-N Senf,**
 - » **Phacelia, Ölrettich ...**

Abb. 1: Zwischenfrüchte: $N_{\min}$ -Stickstoff vor und nach Winter



Quelle: Kristian Thorup-Kristensen, Vejen 23. Juni 2010



Maßnahmen zur N₂-Verlustreduktion im Rahmen der Fruchtfolge

- » Umbruch von Futterleguminosen:
so spät wie möglich im Herbst, im Winter oder im erst im zeitigen Frühjahr
- » Abernten des letzten Aufwuchses vor dem Umbruch oder tief einarbeiten, sofern keine andere Verwendung (↗ weniger Auswaschung)



VERFÜGBARKEIT STICKSTOFF- HALTIGER WIRTSCHAFTS- UND HANDELSDÜNGER

Durchschnittliche Nährstoffgehalte und ausgewählte Bewertungsparameter einzelner Wirtschaftsdünger und organischer Handelsdüngemittel [% Trockenmasse] ¹⁾

Düngemittel	N	P	K	N/P ²⁾	C/N	N-Verf. ³⁾	SMN ⁴⁾	Vorsorgeindex ⁵⁾
Rindermist	2,27	0,52	3,21	4,4	24	15	0,10	2,2
Rindergülle	5,23	0,74	8,47	7,1	12	45	0,07	2,8
Schweinegülle	4,89	2,23	1,53	2,2	8	55	0,27	2,7
<u>Bioabfallkompost mit Öko-Zulassung⁶⁾</u>	1,45	0,31	0,98	4,7	16	5	0,53	5,2
Grüngutkompost ⁶⁾	1,15	0,22	0,85	5,2	20	5	0,72	4,9
Gärprodukt Bioabfall mit Öko-Zulassung ⁶⁾	4,47	0,68	3,24	6,6	9	55	0,19	2,2
Gärprodukt Bioabfall ohne Öko-Zulassung ⁶⁾	12,1	1,63	4,31	7,4	4	70	0,12	1,4
Gärprodukt Speisereste ohne Öko-Zulassung	16,3	2,21	4,49	7,7	2	75	0,06	0,9
<u>Ackerbohnen(schrot)</u>	4,54	0,65	1,39	7,5	10	45	0,08	1,1
<u>Biosol (ehem. Agrobiosol)</u>	7,27	0,50	0,68	14,1	6	45	0,03	0,8
Erbsen(schrot)	3,96	0,49	1,18	8,1	13	35	-	-
<u>Fleischknochenmehl</u>	8,27	5,31	0,65	1,7	4	75	0,04	0,9
Haarmehlpellets	14,1	0,39	0,21	37,3	4	75	0,06	0,7
Hornprodukte	14,9	0,31	0,24	76,7	3	75	0,07	0,7
Kartoffelbruchwasserkonzentrat (PPL)	4,85	0,99	13,8	5,2	7	60	0,04	1,3
Klee gras	3,00	0,74	2,98	6,7	17	35	0,07	1,6
Vinasse	5,23	0,21	7,30	42,7	7	55	0,06	1,1

¹⁾Daten eigener Analysen und aus der Literatur; Literatur bei den Autoren;²⁾ Zum Vergleich: Das N:P-Verhältnis von Gemüsekulturen liegt bei circa 5 bis 7:1;³⁾ N-Freisetzung im Jahr der Anwendung (% von N-Gesamt);⁴⁾ Schwermetall-Nährstoffwert: Methode zur Bewertung der Schwermetallgehalte im Verhältnis zu den Nährstoffgehalten (NPK): je höher der Indexwert, desto ungünstiger die Bewertung (Herter und Külling 2001);⁵⁾ Vorsorgeindex zur Bewertung der Schwermetallgehalte in organischen Düngemitteln wie Komposte und Gärreste im Verhältnis zum Nutzwert (Bundesgütegemeinschaft Kompost, o.J.). Je höher der Indexwert, desto ungünstiger die Bewertung;⁶⁾ Daten der Gütesicherung der BGK.

*Im Rahmen eines BÖLN-geförderten Projektes
wurden zahlreiche für den ökologischen
Landbau zugelassene organische
Handelsdüngemittel charakterisiert.*



Landpixel

Ergänzend zur Grunddüngung mit Festmistern oder Komposten setzen viele Bio-Gemüse- und -Ackerbauern organische Handelsdüngemittel ein, um den Nährstoffbedarf ihrer Kulturen zu decken. Zahlreiche Stoffe tierischer und pflanzlicher Herkunft stehen ihnen dabei zu Verfügung. Allerdings fehlen für viele dieser Handelsdüngemittel Informationen zur Herkunft, Aufbereitungsschritten und stofflicher Zusammensetzung. Diese Wissenslücken sollten im Rahmen eines BÖLN-geförderten Projek-



BIOAGENASOL®



Biologischer Volldünger für Gemüse- & Ackerbau, Obst- & Weinbau

- Organischer Volldünger aus fermentierter Biomasse mit Hefebestandteilen
- Schnelle und nachhaltige Wirksamkeit
- Chloridfrei & GVO-freie Rohstoffe

Erhältlich über die Firma
www.biofa-profi.de

BioFA 
Bio-Farming-Systems

... die neue
Düngergeneration





ÜBERBLICK ASPEKTE DER BODENBEARBEITUNG IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU



Aufgaben der Bodenbearbeitung im Öko-Landbau

- » Verbesserung der Bodenstruktur, Beseitigung von (Schad-)verdichtungen
- » Saatbettbereitung
- » Einarbeitung von Ernte- und Wurzelrückständen sowie organischen Düngern
- » Unkrautregulierung
- » Pflege der Kulturen (Striegeln, Hacken, Bürsten)
- » Schaffung günstiger Voraussetzungen für ein reiches Bodenleben



Veränderung biologisch-physikalischer Komponenten der Bodenfruchtbarkeit nach Umstellung auf ökologischen Landbau

(Bezug: z.B. KAHNT 1996 u. 1997; PIORR u. WERNER, 1998 u. 1999; EMMERLING, 1998; MUNRO et al. 2002)

Humusgehalt	+ 10 ... + 30 %
Mikrobielle Biomasse	+ 17 ... + 36 %
Aktivität der mikrobiellen Biomasse	+ 40 ... + 100 %
Bodenwiderstand	- 24 %

Bodenbearbeitung schonender und mit weniger Energieaufwand möglich!

Bodenbearbeitungssysteme

	Konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflug	Mulchsaatverfahren ohne Pflug	
<u>Verfahrensschritte</u>		Konservierende Bodenbearbeitung (unterschiedliche Abstufungen)	Minimalboden- bearbeitung = Direktsaat
Stoppelbearbeitung	X	X	–
Grundboden bearbeitung	X	X	–
Saatbettbereitung	X	X	–
Aussaat	X	X	X

Ackerbau

Als Biobauer pfluglos ackern: Wie klappt das?

Bei einer optimalen Bodenbiologie haben Unkräuter und Ungräser keine Chance. Davon ist Biobauer Friedrich Wenz überzeugt. Doch die gibt es nicht umsonst.



Friedrich Wenz setzt bei Getreide und Mais auf langsam wachsendes Weidelgras, kombiniert mit Weiß- und Rotklee als Untersaat.

Die Weco-Dyn-Technik

Das Weco-Dyn-System (Hersteller Baertschi Perma-Agrartecnic) ist modular aufgebaut und lässt sich neben dem Tiefenlockerer mit acht verschiedenen Werkzeugen, wie z. B. einer Messerwalze, unterschiedlichen Schargrößen (50 bis 330 mm), Einebnungszinken, Sechsscheiben und

Striegel, ausstatten. Für eine Überfahrt lassen sich bis zu sechs davon kombinieren. Da die Sätechnik (Fa. Krummenacker) mit drei Saatbehältern integriert ist, eignet sich die Technik für die konventionelle Saat sowie die Mulch- und Direktsaat. Die Schlagkraft liegt bei 2 bis 2,5 ha/h.



Das Weco-Dyn-System lässt sich neben dem Tiefenlockerer mit acht verschiedenen Werkzeugen ausrüsten.



Bodenbearbeitung mit dem Pflug im ökologischen Landbau

- » **Prinzip: Erhaltung der natürlichen Schichtung des Bodens!**
- » **Das bedeutet: flache Oberkrumenbearbeitung – tiefe Lockerung der Unterkrume**
- » **Oder kurz als Leitspruch: „flach wenden – tief lockern“**

Schichtung der Ackerkrume (A_p-Horizont)

A_p-Horizont 0 – 30 cm; davon

- » Oberkrume 0 – 5 cm
- » Mittelkrume 5 – 20 cm
- » Unterkrume 20 – 30 cm

Von oben nach unten abnehmende Qualität der Lebensbedingungen für aerobe Bodenflora und –fauna, da O₂-Mangel und CO₂-Anreicherung

Schlussfolgerung:

- » Es ist nicht sinnvoll, diese Schichtung „durcheinander zu bringen“, daher: **Schichterhaltende Bodenbearbeitung!**
- » Flach wenden bis 15 cm – tief lockern zwischen 15 und 30 cm Bodentiefe



Vorteile der Zweischichtbearbeitung

- » **Geringere Störung der Bodenorganismen**
- » **Einsparung von Energie, Arbeit und Kosten**
- » **Reduktion der Mineralisationsintensität**
- » **Humusanreicherung in 0 – 15 cm Tiefe**
 - » **mehr Bodenorganismen**
 - » **höhere biologische Aktivität**
 - » **bessere Krümelstabilität (Lebendverbauung)**
- » **Aufbau eines stabilen vertikalen Porensystems**
 - » **bessere „Regenverdaulichkeit“ (weniger Oberflächenabfluss ...)**
 - » **bessere Tragfähigkeit für Maschinen**
 - » **geringere Neigung zur Rückverfestigung des Bodens**



Ziele der Zweischichtenbearbeitung

- » **Saatbettbereitung**
- » **Einarbeitung der Ernte- und Wurzelrückstände, Beikräuter und/oder Dünger**
- » **Unkraut- und Wasserregulierung**
- » **Verhindern, dass wenig belebter, stärker verdichteter Boden aus der Unterkrume in die Bereiche 0 – 15 cm eingemischt wird**
- » **Geräte: flach wendende Pflüge, Stoppelhobel, Schare des Zweischichtenpfluges, Zinkenrotor ...**

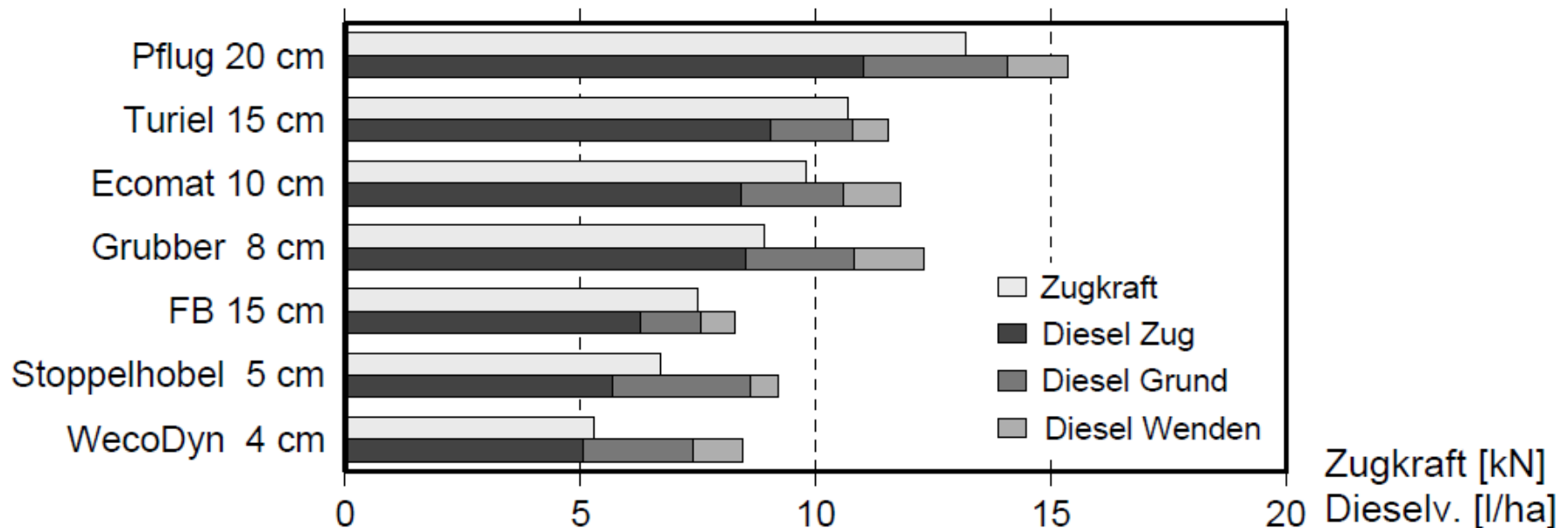
Grundbodenbearbeitung mit dem Schälplflug



- » Ziel: flach wendende Bearbeitung mit einer Wendung des Bodens
- » Arbeitstiefen zwischen 7-18 cm möglich
- » „onland-Pflügen“

Bild: Gengenbach 2009

Zugkraftbedarf und Dieserverbrauch Bodenbearbeitung



Schmidt 2010

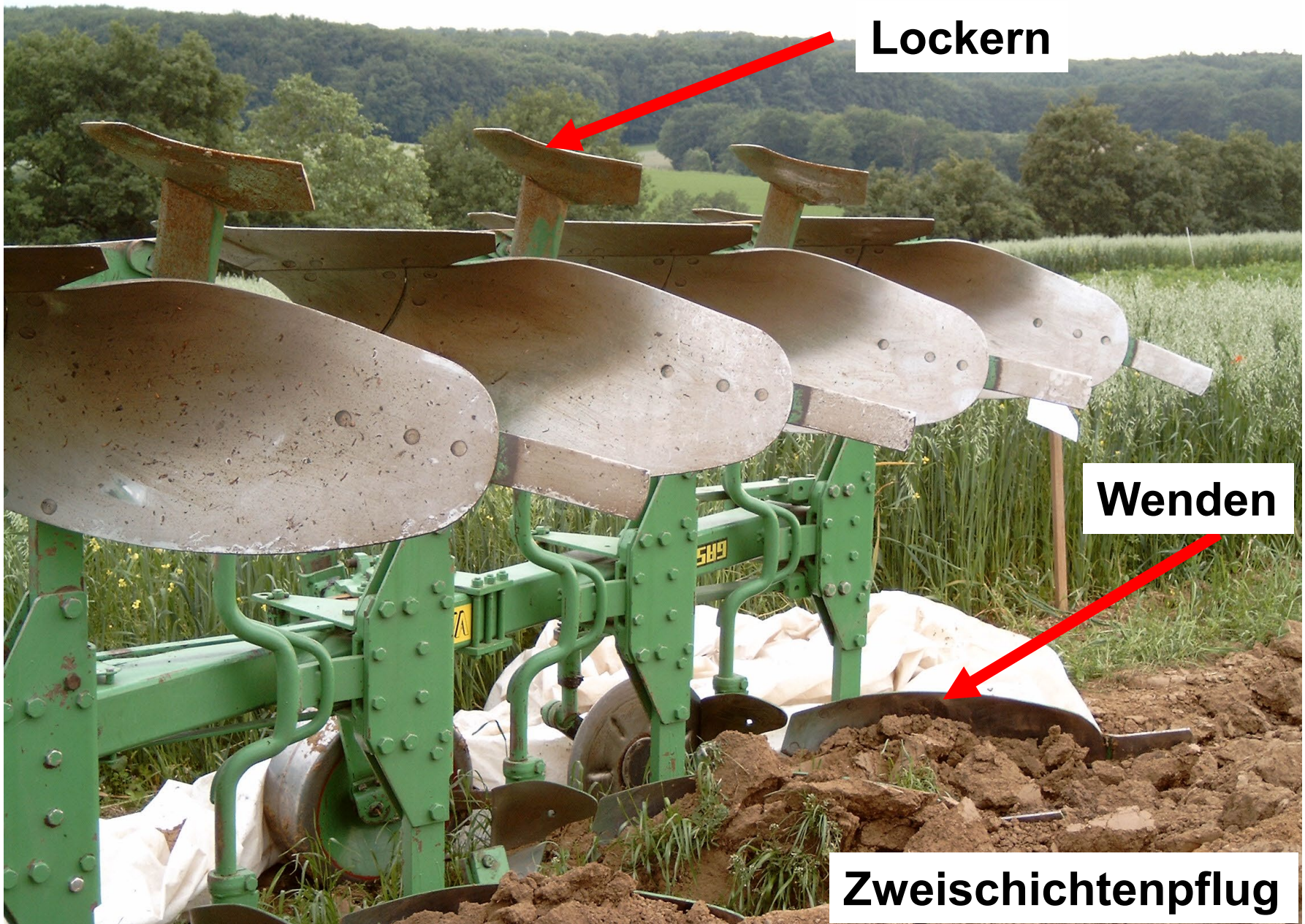
Je cm Arbeitstiefe werden ca. 150 t Boden/ha bewegt, was mit ca. 0,5 bis 1,5 l/ha je Zentimeter Arbeitstiefe einher geht (Moitzi 2005); FB: Dammsystem der Firma FB





Stoppelhobel







Ziele der Zweischichtbearbeitung „Tief lockern“

- » tiefe Durchwurzelbarkeit des Bodens
- » nur lockern, krümeln und nicht wenden
- » Schaffung eines relativ stabilen Porensystems für gute Wasser- und Luftführung
- » störungsfreier Übergang von der Krume (A-Horizont) zum Unterboden (B-Horizont)

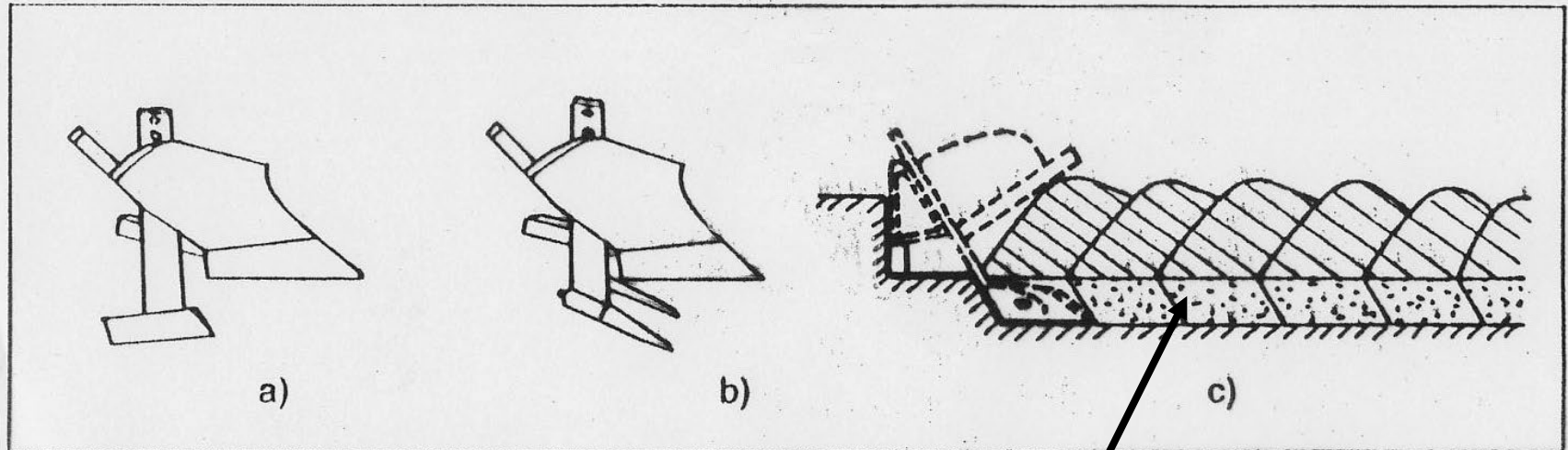
**Geräte: Lockerungsschar des Zweischichtenpfluges,
Schichten(Flügelschar)-Grubber,
Schwergrubber mit Meißelscharen,
Parapflug ...**



Geräte zur nichtwendenden Bearbeitung der unteren Hälfte der Ackerkrume







Prinzip des Pfluges

a) mit Untergrundschar

b) mit Untergrunddornen

c) Wirkungsweise des
Untergrundschars



Flügelschargrubber

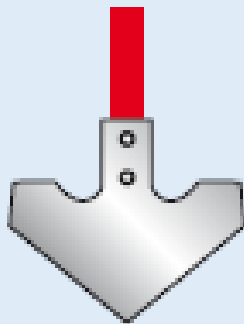


Flügelchargrubber

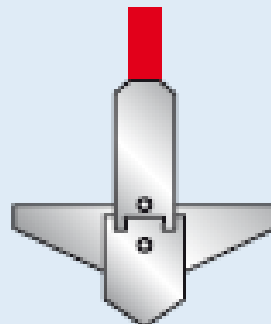
Scharformen im Vergleich

Übersicht: Die vier wichtigsten Scharformen im Vergleich

Gänsefußschar



Flügelschar



Doppelherzschar



Schmalschar



Breite: 20–30 cm

30–45 cm

10–15 cm

5–8 cm

Tiefe: 5–10 cm

8–15 cm

12–20 cm

12–20 cm

Die angegebenen Werte sind ungefähre Richtwerte, die je nach Gestaltung der Scharform der jeweiligen Hersteller variieren können.

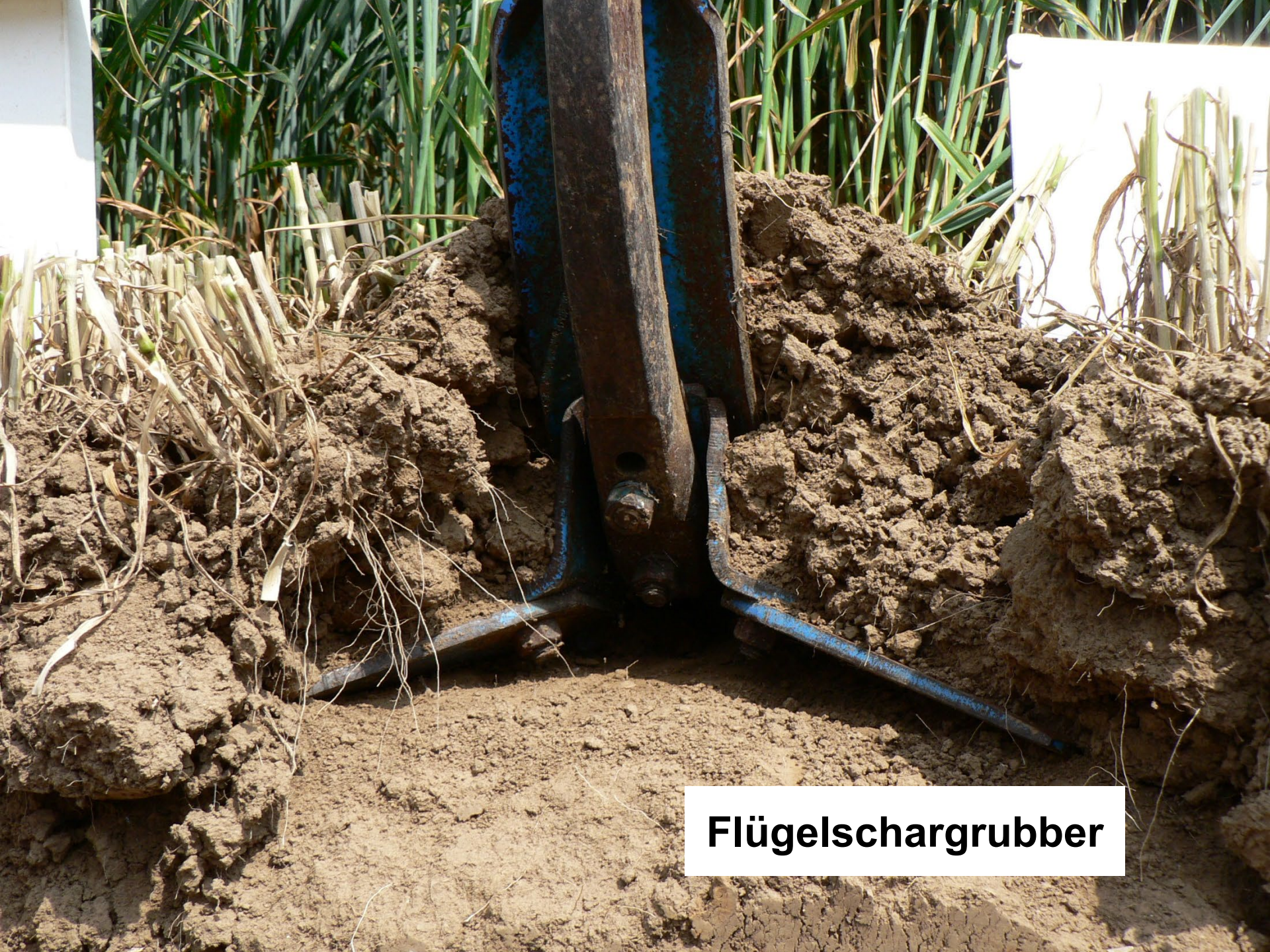
Grafik: Driemer



Packerwalze

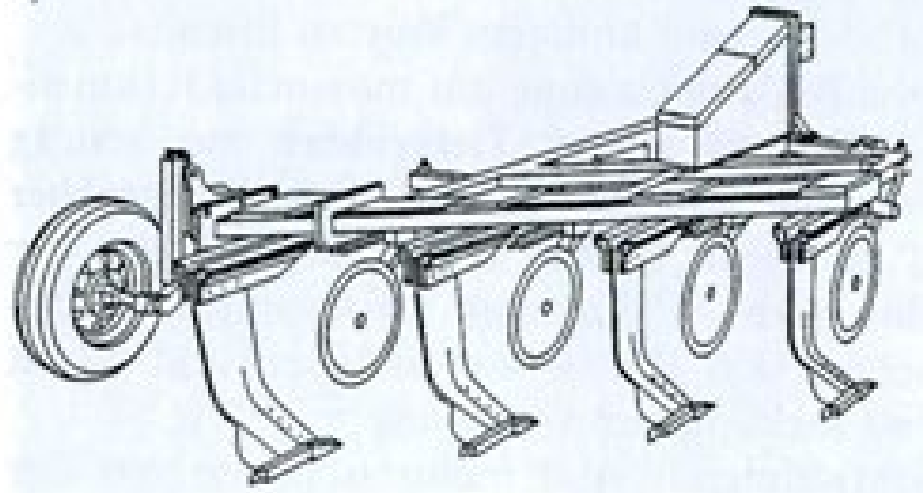
**gearbeitet vom Zinkenrotor
0-15 cm**

**arbeitet vom Flügelschargrubber
15-30 cm**



Flügelschargrubber

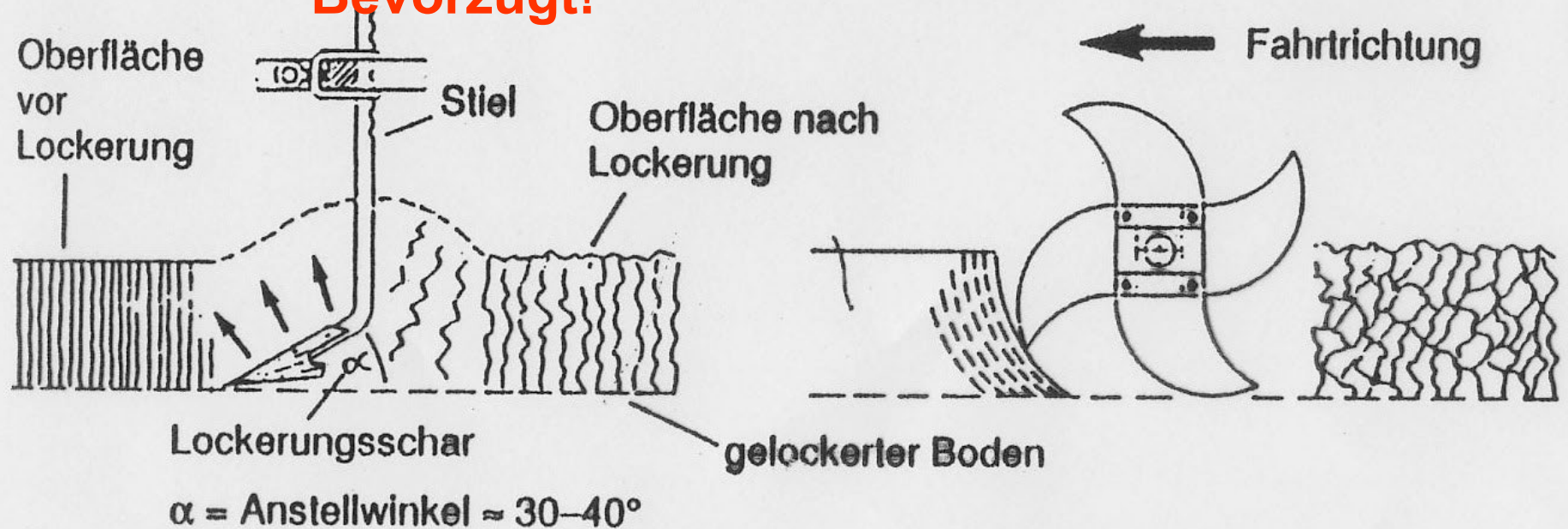
Para-Pflug





Bei indirekter Krafteinleitung bricht der Boden an den natürlichen Rißlinien auf. Die drei Pfeile oberhalb des Lockerungsschares kennzeichnen die Krafteinleitung und die daraus resultierende Bruchwirkung, die Wellenlinien stellen den Bruch an der Hinterkante des Schares dar (linke Zeichnung). Die Wirkung ist schonender als bei mechanischer Zerkleinerung durch die Fräse, die den Boden zwangsweise bricht (rechte Zeichnung).

Bevorzugt!



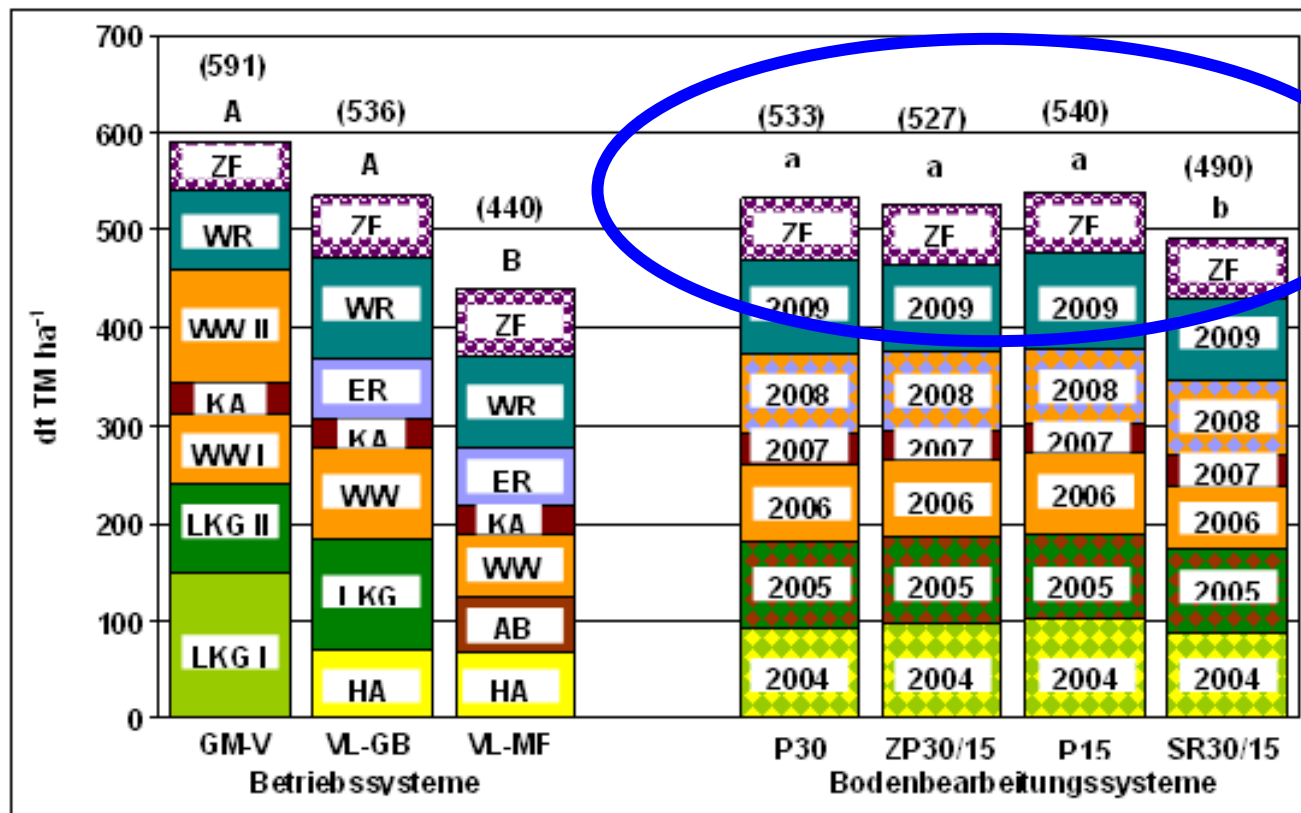
Fruchtfolge-Bodenbearbeitungs-Versuch

Prüffaktor Bodenbearbeitung



P 30	ZP 30/15	P 15	SR 30/15
mit Bodenwendung			ohne Bodenwendung
1-Schichtbearbeitung	2-Schichtbearbeitung		
konventioneller Pflug	2-Schichten-Pflug	Pflug	Schichtengrubber & Rotoregge
Pflug bis 30 cm	bis 30 cm lockern bis 15 cm pflügen	bis 15 cm pflügen unterhalb 15 cm unbearbeitet	bis 30 cm lockern bis 15 cm mischen

Schulz & Leithold, 2009



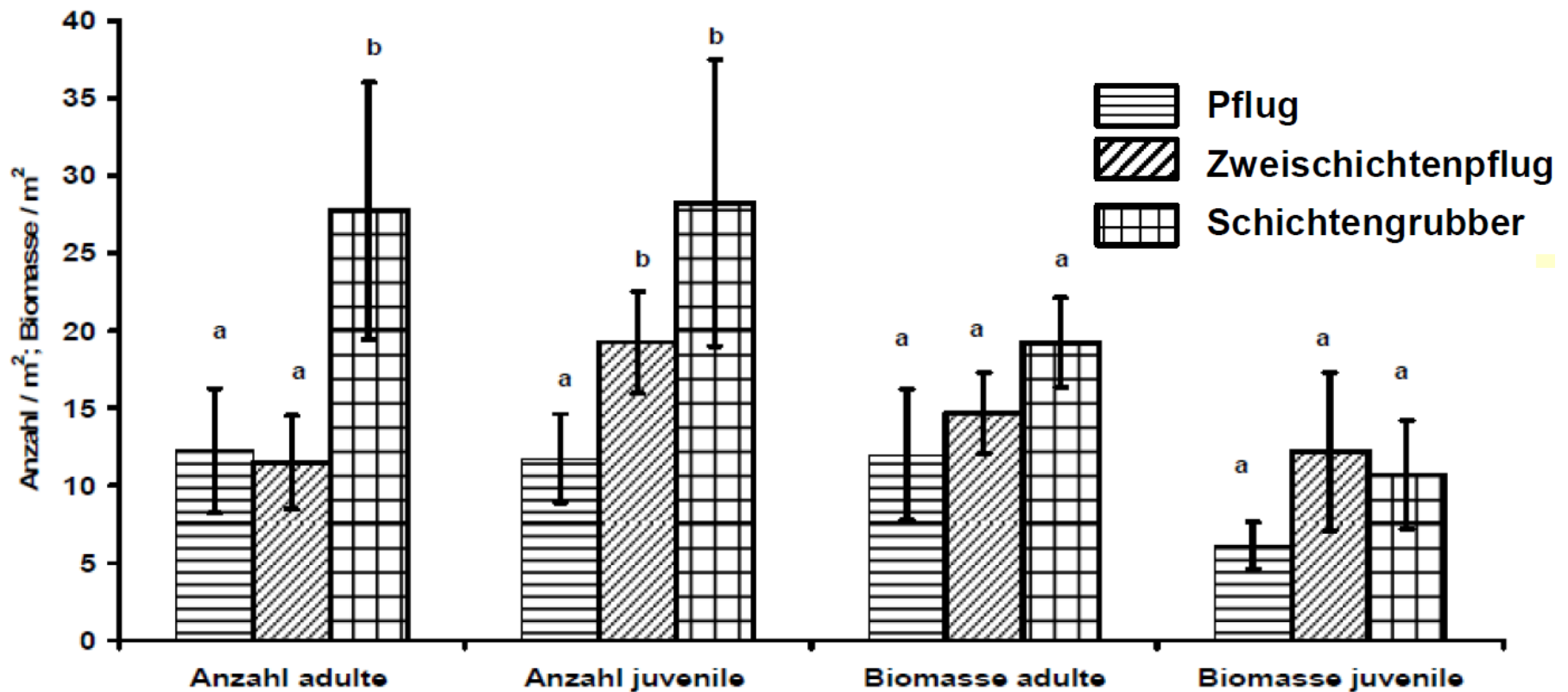
**-9% Ertrag
bei pflugloser
Bewirtschaftung**

Innerhalb der Kategorien Betriebssysteme und Bodenbearbeitungssysteme unterscheiden sich Mittelwerte mit ungleichen Buchstaben signifikant ($\alpha = 0,05$).

LKG = Luzerne-Klee-gras-Gemenge HA = Hafer (*A. sativa*) AB = Ackerbohnen (*V. faba*)
 WW = Winterweizen (*T. aestivum*) ER = Erbsen (*P. sativum*) KA = Kartoffeln (*S. tuberosum*)
 WR = Winterroggen (*S. cereale*) ZF = Zwischenfrüchte 2004-2009
 GM-V = Gemischtbetrieb mit Viehhaltung VL-GB = Viehloser Betrieb mit Grünbrache
 VL-MF = Viehloser Betrieb nur Marktfrüchte
 P30 = Krumentiefe Bearbeitung mit Pflug ZP30/15 = Zweischichtenpflug
 P15 = Maximale Bearbeitungstiefe 15 cm SR30/15 = Schichtengrubber + Rotoregge
 () in Klammern = Summe der Einzelerträge

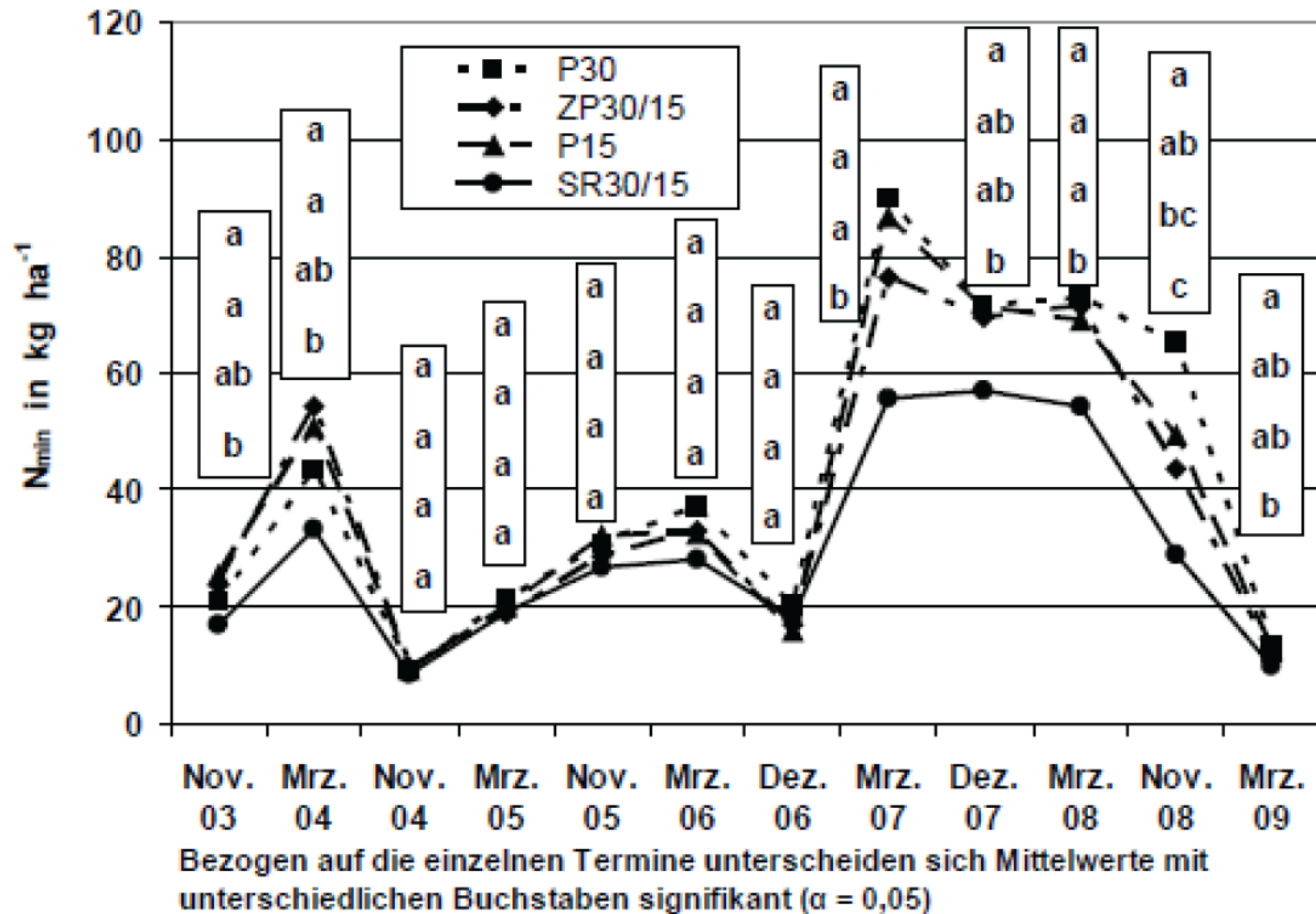
Abb. 3-1: Oberirdische Phytomasse der Einzelfrüchte sowie Gesamt-Sprossmasse [dt TM ha⁻¹] in der 2. Rotation in Abhängigkeit von Betriebssystem und Bodenbearbeitung

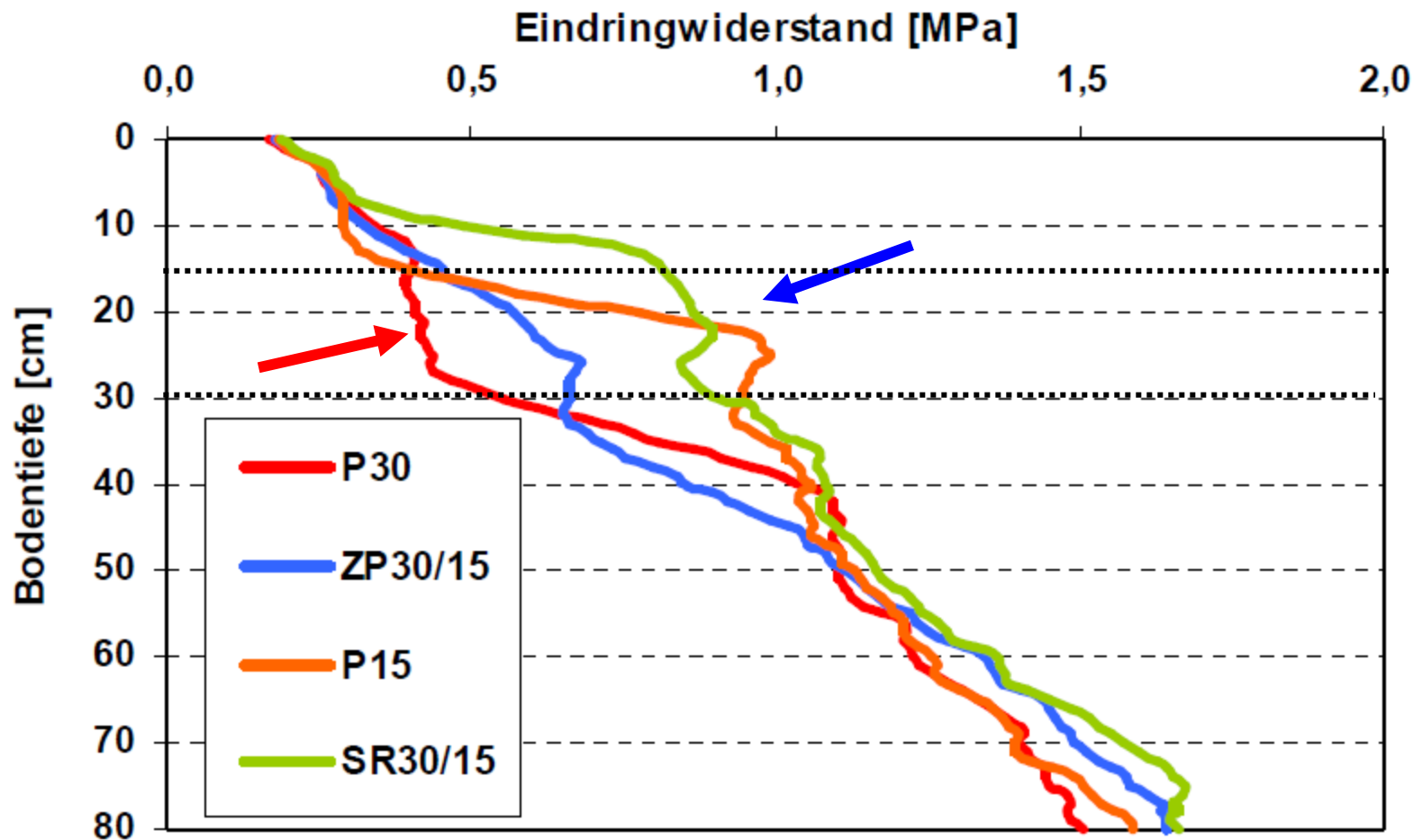
Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf



Weber & Emmerling 2007

Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf N_{min}





P30 = Krumentiefe Bearbeitung mit Pflug
P15 = Maximale Bearbeitungstiefe 15 cm
MPa = Megapascal

ZP30/15 = Zweischichtenpflug
SR30/15 = Schichtengrubber + Rotoregge

Abb. 3-11: Eindringwiderstand [MPa] in der Bodenschicht 0 – 80 cm in Abhängigkeit von den Systemen der Bodenbearbeitung

Menge & Verteilung an Corg in der Ackerkrume

Tiefenstufen (cm)	C _{org} (kg · ha ⁻¹)			
	P30	ZP30/15	P15	SR30/15
0 – 30	50631 a	50143 a	51224 a	52349 a
(0 – 12)	20218 b	22204 b	21393 b	24408 a
(17 – 25)	13568 a	13317 a	12840 a	12738 a

Innerhalb der einzelnen Tiefenstufen sind Mittelwerte mit ungleichen Buchstaben signifikant verschieden ($p \leq 0,05$)

P30 = Krumentiefe Bearbeitung mit Pflug

ZP30/15 = Zweischichtenpflug

P15 = Maximale Bearbeitungstiefe 15 cm

SR30/15 = Schichtengrubber + Rotoregge

Tab. 3-24: Dehydrogenase-Aktivität [$\mu\text{g INF g}^{-1}$ Boden] in den Tiefenstufen 0 – 12 cm und 17 – 25 cm im Oktober 2007 in Abhängigkeit von Betriebssystem und Bodenbearbeitung

Tiefen- stufe		Betriebssysteme			Bodenbearbeitungssysteme			
		GM-V	VL-GB	VL-MF	P30	ZP30/15	P15	SR30/15
0 – 12 cm	M	106 (100) a	107 (101) a	84,7 (79,9) b	81,5 (100) c	102 (125) b	91,0 (112) bc	122 (150) a
	SE	5,7	5,0	5,8	4,5	5,4	5,6	5,4
	LSD		18,6				13,9	
	p-Wert	0,04		*		< 0,0001	***	
17 – 25 cm	M	45,3 (100) a	37,3 (82,3) ab	31,3 (69,1) b	45,9 (100) a	38,8 (84,5) a	42,1 (91,7) a	25,1 (54,7) b
	SE	3,6	3,1	3,0	4,1	3,4	3,7	2,3
	LSD		10,3				10,4	
	p-Wert	0,04		*		< 0,0001	***	

Innerhalb der Umrandungen unterscheiden sich Mittelwerte mit ungleichen Buchstaben sig. ($\alpha = 0,05$).

GM-V = Gemischtbetrieb mit Viehhaltung

VL-GB = Viehloser Betrieb mit Grünbrache

VL-MF = Viehloser Betrieb nur Marktfrüchte

P30 = Krumentiefe Bearbeitung mit Pflug

ZP30/15 = Zweischichtenpflug

P15 = Maximale Bearbeitungstiefe 15 cm

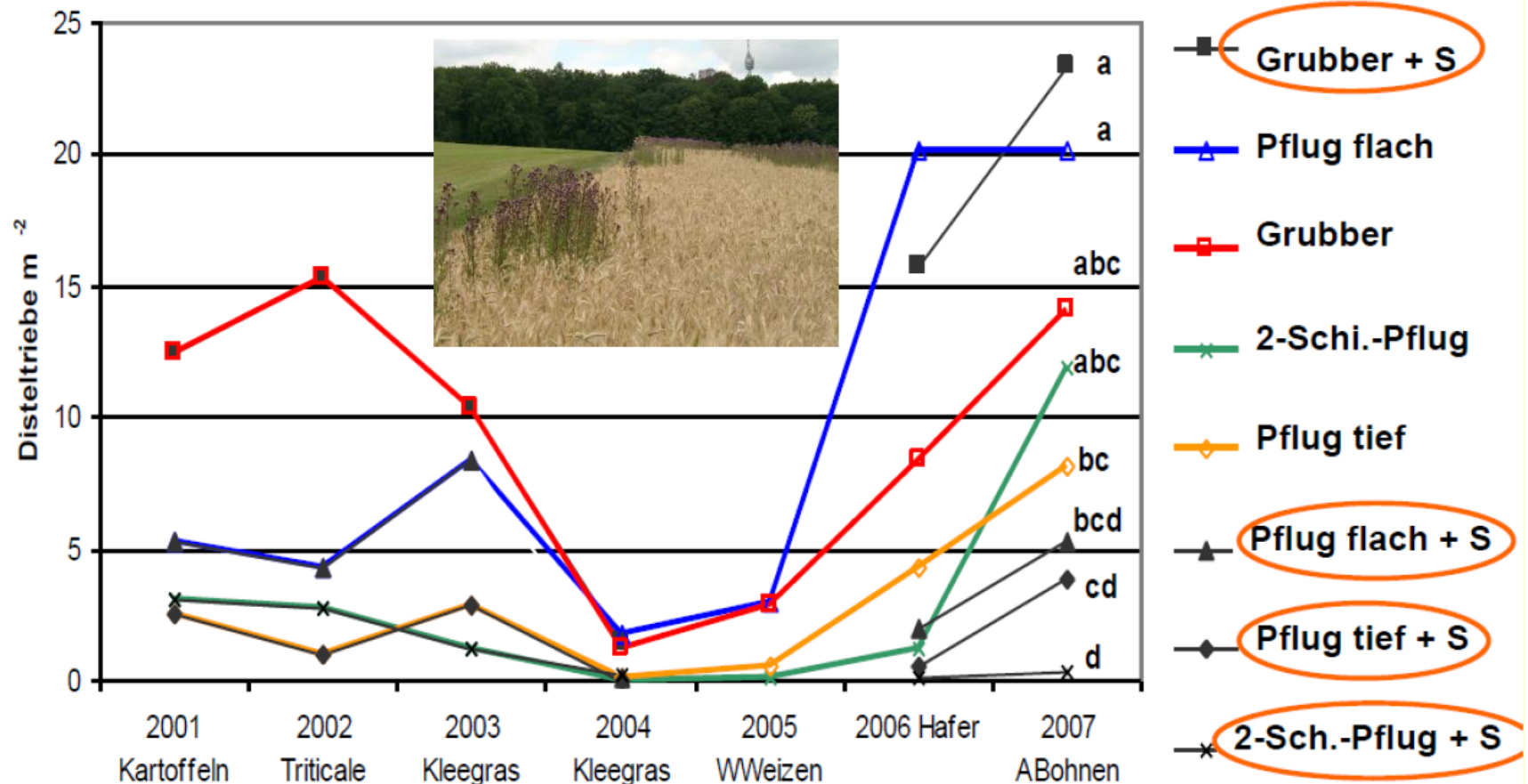
SR30/15 = Schichtengrubber + Rotoregge

INF = Iodonitrotetrazoliumformazan

M = Mean, SE = Standard Error, LSD = Least Significant Difference

() = in Klammern in %, GM-V = 100 % bzw. P30 = 100 %

Einfluss der Grundbodenbearbeitung und Stoppelbearbeitung Anzahl und Triebe von Distel



Pekrun & Claupen 2004, Gruber et al 2010

Gründe für den Pflugeinsatz

Grund	Anteil (n=344)
Unkrautbekämpfung	86 %
Organische Masse in den Boden bringen, „reiner Tisch“	56%
Habe schon viele Jahre gute Erfahrungen mit dem Pflug	45%
Ertragssicherheit	31%
Bodenverdichtungen lockern	22%
Andere Gründe	19%
Mein schwerer Boden kann anders nicht gelockert werden	14%
Pflügen ist zur Not auch bei schwierigen Verhältnissen möglich	12%

Wilhelm, 2010