

Bewährte und neue Strategien im Ökologischen Landbau für mehr Grundwasserschutz

von
Prof. Dr. Knut Schmidtke



Ökologischer Landbau und Grundwasserschutz - relevante Kenngrößen

1. Tierarzneimittel/Pathogene Keime ±
2. Pflanzenschutzmittel + + +
3. Stickstoff – Nitrat im Grundwasser

**Tab. 2: Spezifische Rahmenbedingungen des Stickstoffeinsatzes
im ökologischen im Vergleich zum konventionellen Landbau**

Konventionell	
Limitierung N-Menge Düngemittel	Bedarfsermitt- lung nach DüVO ≤ 170 kg N/ha und Jahr aus Wirtschafts- düngemitteln und Gärresten (zuzüglich anrechenbarer Verluste)

Tab. 2: Spezifische Rahmenbedingungen des Stickstoffeinsatzes im ökologischen im Vergleich zum konventionellen Landbau

	Konventionell	EU-Bio
Limitierung N-Menge Düngemittel	Bedarfsermittlung nach DüVO ≤ 170 kg N/ha und Jahr aus Wirtschaftsdüngemitteln und Gärresten (zuzüglich anrechenbarer Verluste)	Bedarfsermittlung nach DüVO ≤ 170 kg N/ha und Jahr aus Wirtschaftsdüngemitteln tierischer Herkunft

Tab. 2: Spezifische Rahmenbedingungen des Stickstoffeinsatzes im ökologischen im Vergleich zum konventionellen Landbau

	Konventionell	EU-Bio	Deutscher Bioanbauverband
Limitierung N-Menge Düngemittel	Bedarfsermittlung nach DüVO ≤ 170 kg N/ha und Jahr aus Wirtschaftsdüngemitteln und Gärresten (zuzüglich anrechenbarer Verluste)	Bedarfsermittlung nach DüVO ≤ 170 kg N/ha und Jahr aus Wirtschaftsdüngemitteln tierischer Herkunft	Bedarfsermittlung nach DüVO ≤ 112 kg N/ha und Jahr alle zugeführten Düngemittel

Tab. 2: Spezifische Rahmenbedingungen des Stickstoffeinsatzes im ökologischen im Vergleich zum konventionellen Landbau

	Konventionell	EU-Bio	Deutscher Bioanbauverband
Limitierung N-Menge Düngemittel	Bedarfsermittlung nach DüVO $\leq 170 \text{ kg N/ha}$ und Jahr aus Wirtschaftsdüngemitteln und Gärresten (zuzüglich anrechenbarer Verluste)	Bedarfsermittlung nach DüVO $\leq 170 \text{ kg N/ha}$ und Jahr aus Wirtschaftsdüngemitteln tierischer Herkunft	Bedarfsermittlung nach DüVO $\leq 112 \text{ kg N/ha}$ und Jahr alle zugeführten Düngemittel
Zufuhr externer Düngemittel	zulässig im allgemein gültigen gesetzlichen Rahmen		

Tab. 2: Spezifische Rahmenbedingungen des Stickstoffeinsatzes im ökologischen im Vergleich zum konventionellen Landbau

	Konventionell	EU-Bio	Deutscher Bioanbauverband
Limitierung N-Menge Düngemittel	Bedarfsermittlung nach DüVO ≤ 170 kg N/ha und Jahr aus Wirtschaftsdüngemitteln und Gärresten (zuzüglich anrechenbarer Verluste)	Bedarfsermittlung nach DüVO ≤ 170 kg N/ha und Jahr aus Wirtschaftsdüngemitteln tierischer Herkunft	Bedarfsermittlung nach DüVO ≤ 112 kg N/ha und Jahr alle zugeführten Düngemittel
Zufuhr externer Düngemittel	zulässig im allgemein gültigen gesetzlichen Rahmen	zulässig nach EU-VO 834/2007	≤ 40 kg N/ha

Nährstoffbilanz langfristig ökologisch bewirtschafteter Ackerböden

Tab. 3: Gewogenes Mittel* der N-, P- und K-Flächenbilanzsalden auf 810
Ackerschlägen in 32 Betrieben des ökologischen Landbaus in Sachsen
(Angaben in kg je ha und Jahr, Schmidtke et al. 2016)

N-Saldo	P-Saldo	K-Saldo
-11,0	-9,0	-38,9

*6742 ha Ackerfläche
810 Ackerschläge

*Gewogenes Mittel aller untersuchten Ackerschläge
der Jahre 2006 bis 2011

N-Zufuhr in langjährig ökologisch bewirtschaftete Ackerböden

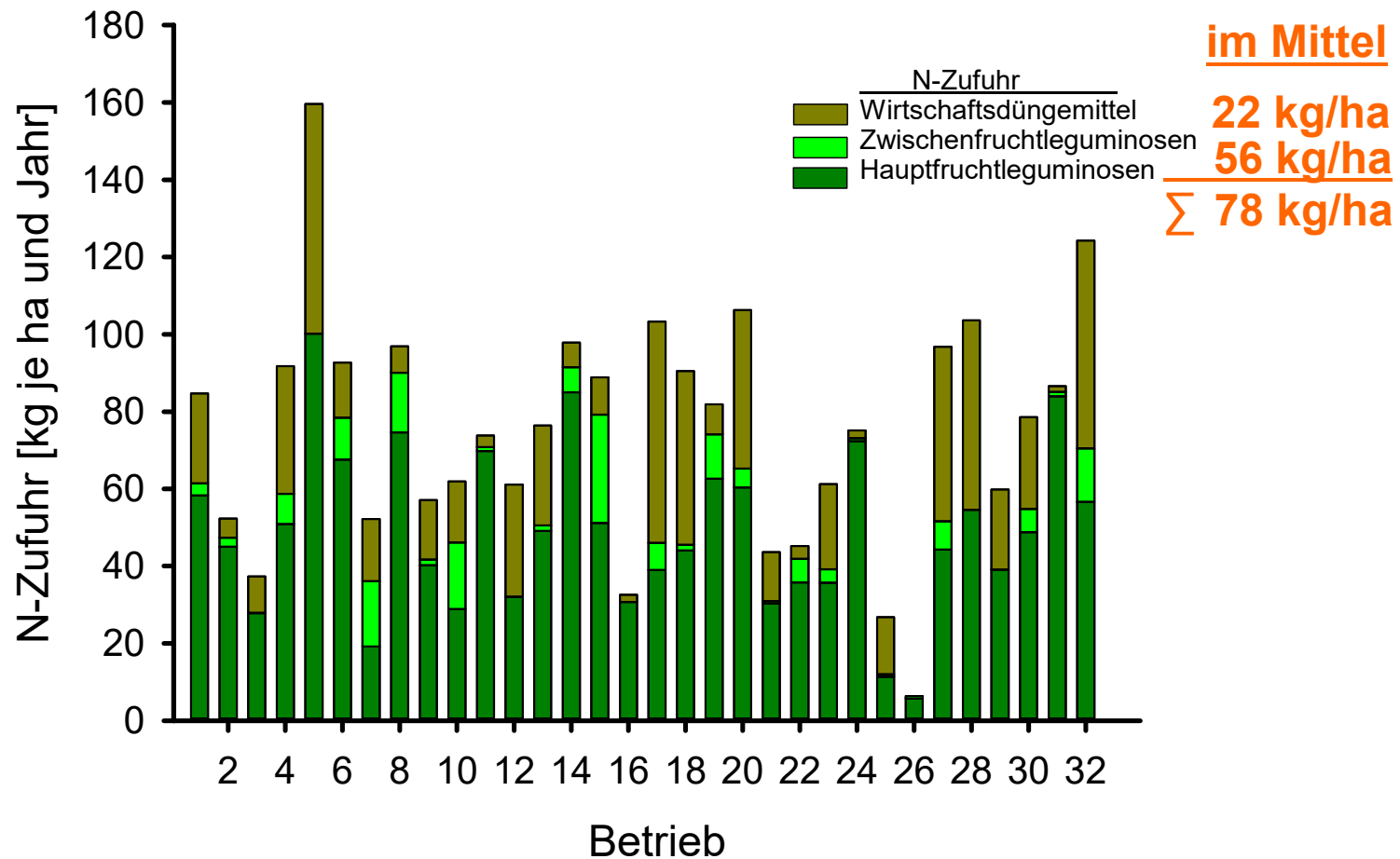
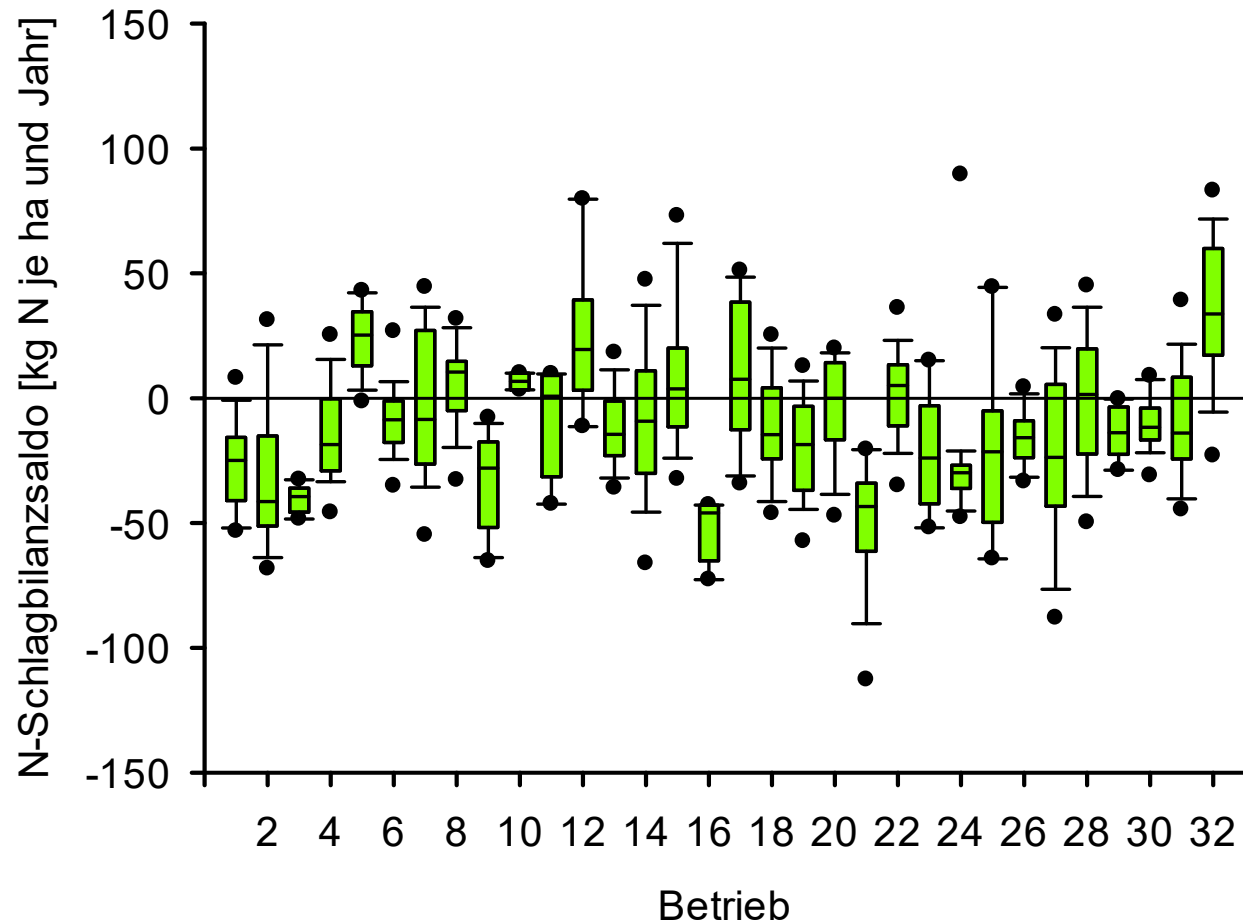


Abb. 1: Herkunft und Mengen der N-Zufuhr in ökologisch bewirtschaftete Ackerflächen in 32 Betrieben in Sachsen (Mittel 6 Jahre, Schmidtke et al. 2016)

N-Bilanz langfristig ökologisch bewirtschafteter Ackerböden



**Abb. 2: Box-Plot der N-Flächenbilanzsalden der Ackerflächen in 32 Betrieben
des ökologischen Landbaus in Sachsen (Mittel 6 Jahre, Schmidtke et al. 2016)**

N-Bilanz langfristig ökologisch bewirtschafteter Ackerböden

Fazit:

- 1. Schlagspezifisch N-Bilanzen ermitteln**
- 2. Gut ausbalancierte Fruchtfolgegestaltung mit Legumiosen auf allen Ackerschlägen eines Betriebes umsetzen**
- 3. Organische Düngemittel allen Ackerschlägen entsprechend zukommen lassen**

Ökologischer Landbau und Grundwasserschutz - relevante Kenngrößen

1. Tierarzneimittel/Pathogene Keime ±

2. Pflanzenschutzmittel + + +

3. Stickstoff – Nitrat im Grundwasser

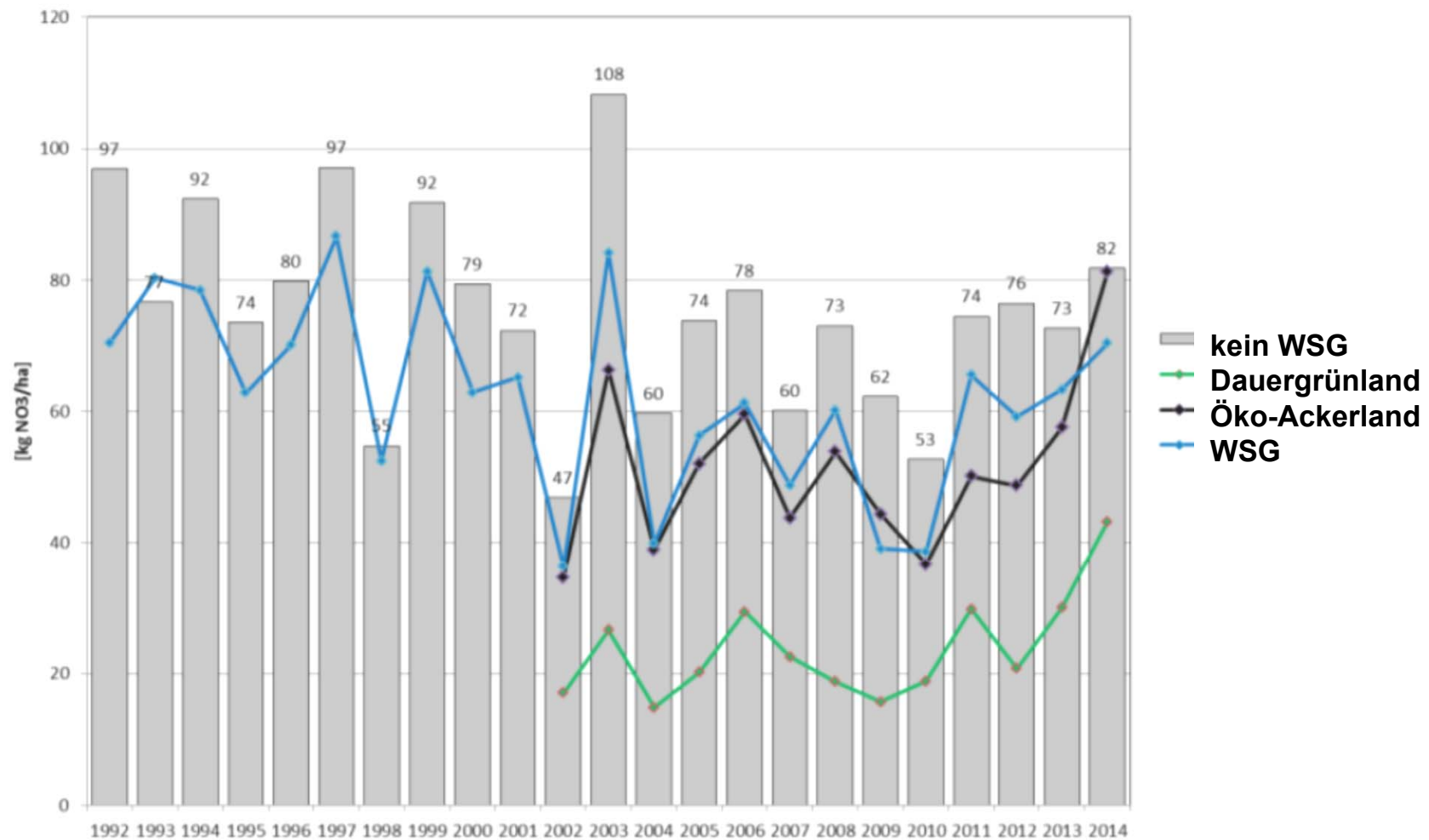


Abb. 2: Residuale Nitrat-N-Mengen im Boden im Herbst auf sächsischen Dauertestflächen (Barth et al. 2016)



Environmental impacts of organic and conventional agricultural products - Are the differences captured by life cycle assessment?

Ergebnisse einer Metaanalyse von Meier et al. 2015:

N- und P-Eutrophierungspotential

ökologischer versus konventioneller Ackerbau: -65 bis + 104 %

Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research

Tuomisto et al. 2012

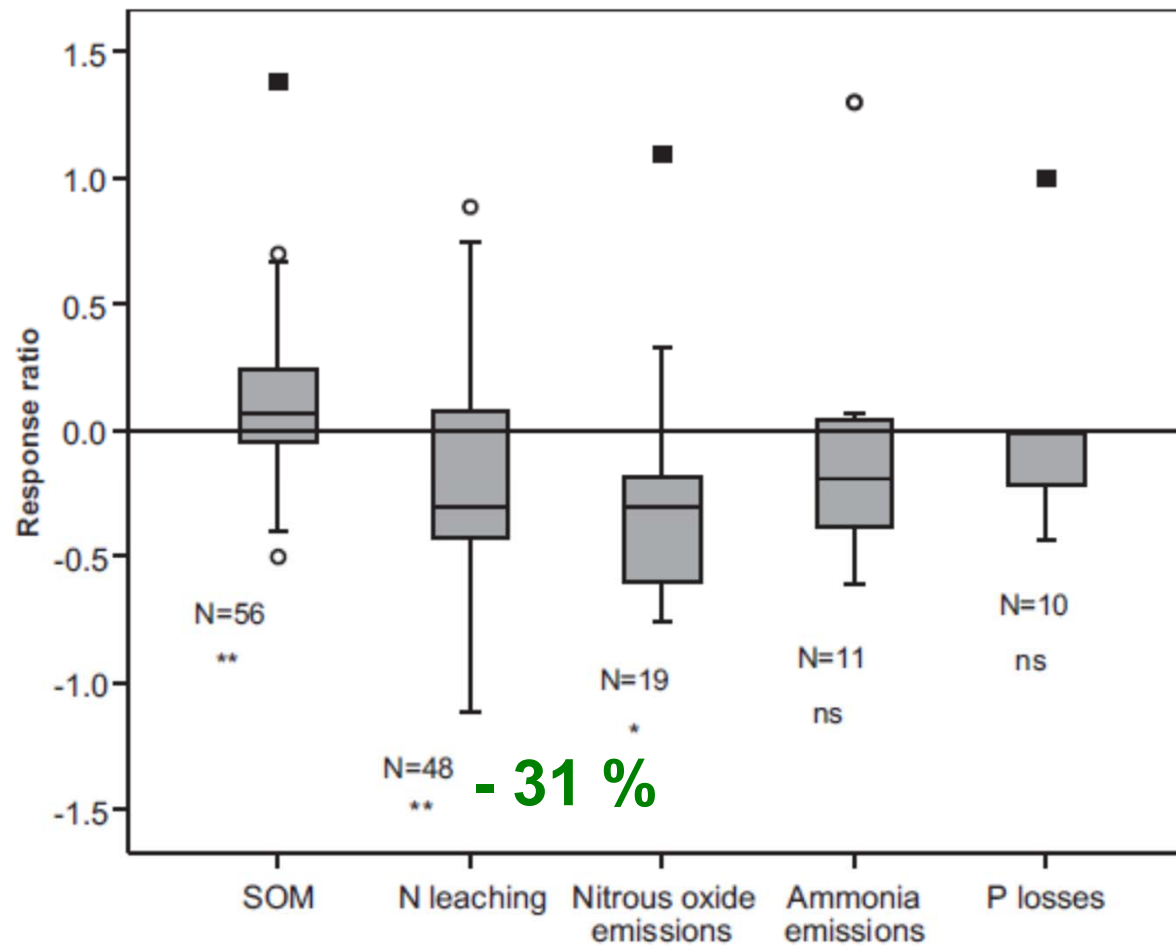


Abb. 3: Vergleich ökologischer versus konventioneller Ackerbau je ha



Nitratauswaschung langfristig ökologisch versus konventionell bewirtschafteter Ackerböden

Fazit:

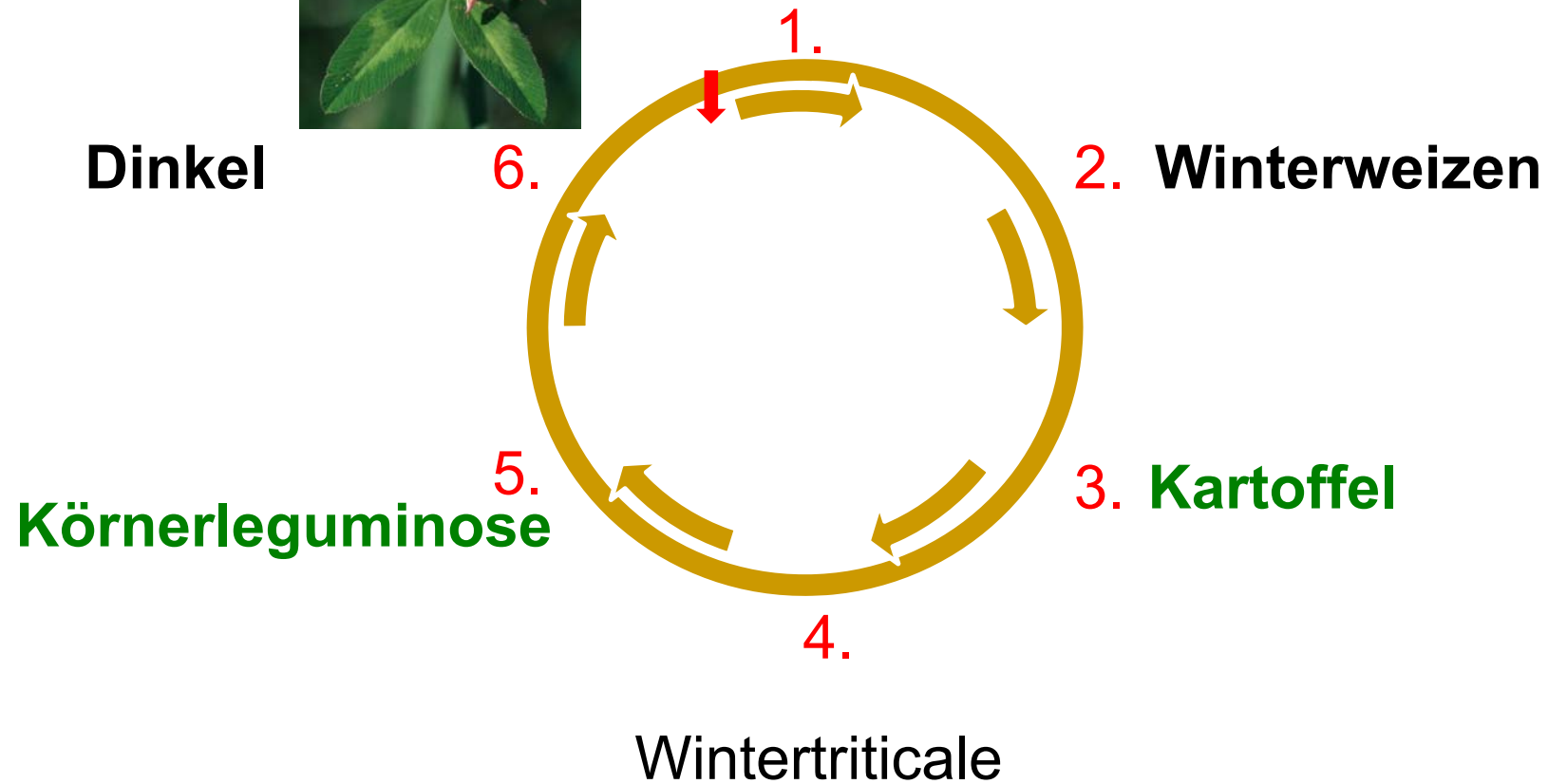
- 1. N-Auswaschung im ökologischen Ackerbau im Mittel ca. 30%
geringer als bei konventioneller Bewirtschaftung**
- 2. Die meisten Studien belegen eine große Variation der Ergebnisse
im Vergleich zwischen den einzelnen Untersuchungen**

Fruchtfolge im ökologischen Landbau

Kritische Phasen erhöhter Nitrataustragsgefahr



Rotkleegras





Nitrat im Boden unter Gräser-Reinsaat, Rotklee gras und Rotklee-Reinsaat

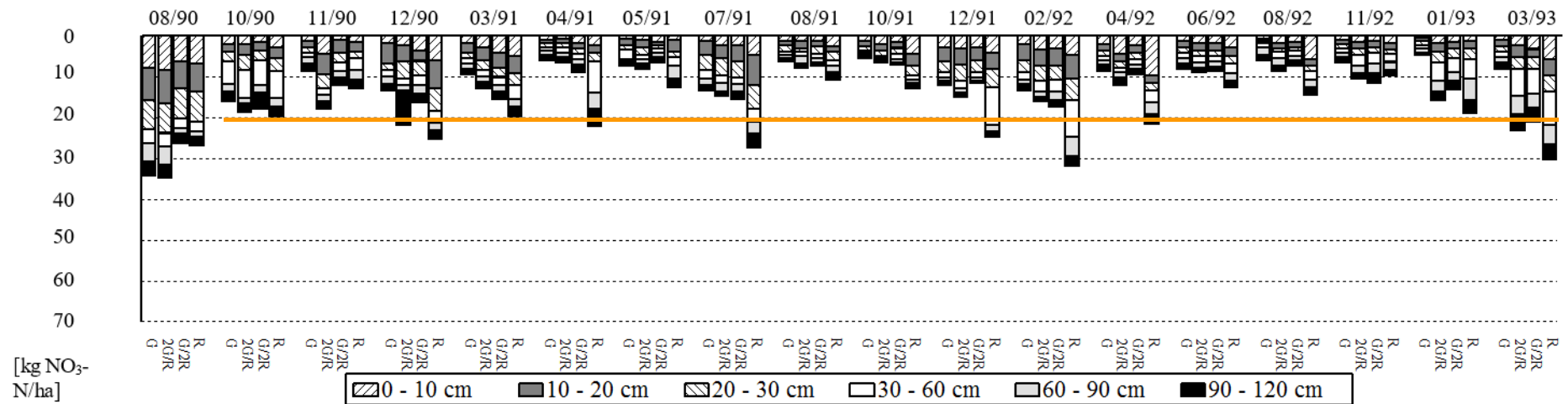
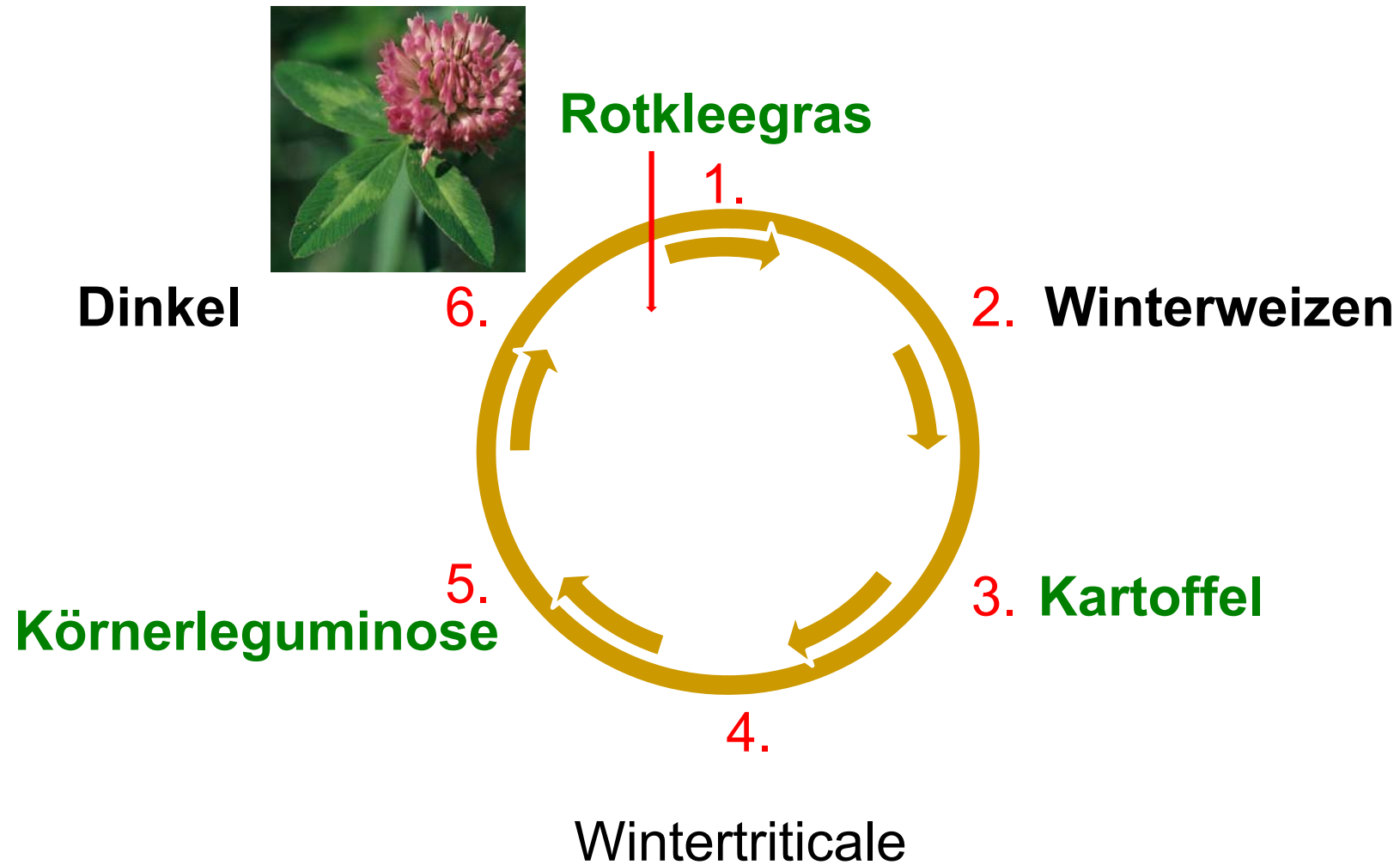


Abb. 4: Nitratstickstoffvorräte im Boden unter Gräser-Reinsaat (G), Rotklee gras- Gemengen ((2G/R, G/2R) und Rotklee-Reinsaat (Schmidtke 1997)

Fruchtfolge im ökologischen Landbau
Kritische Phasen erhöhter Nitrataustragsgefahr



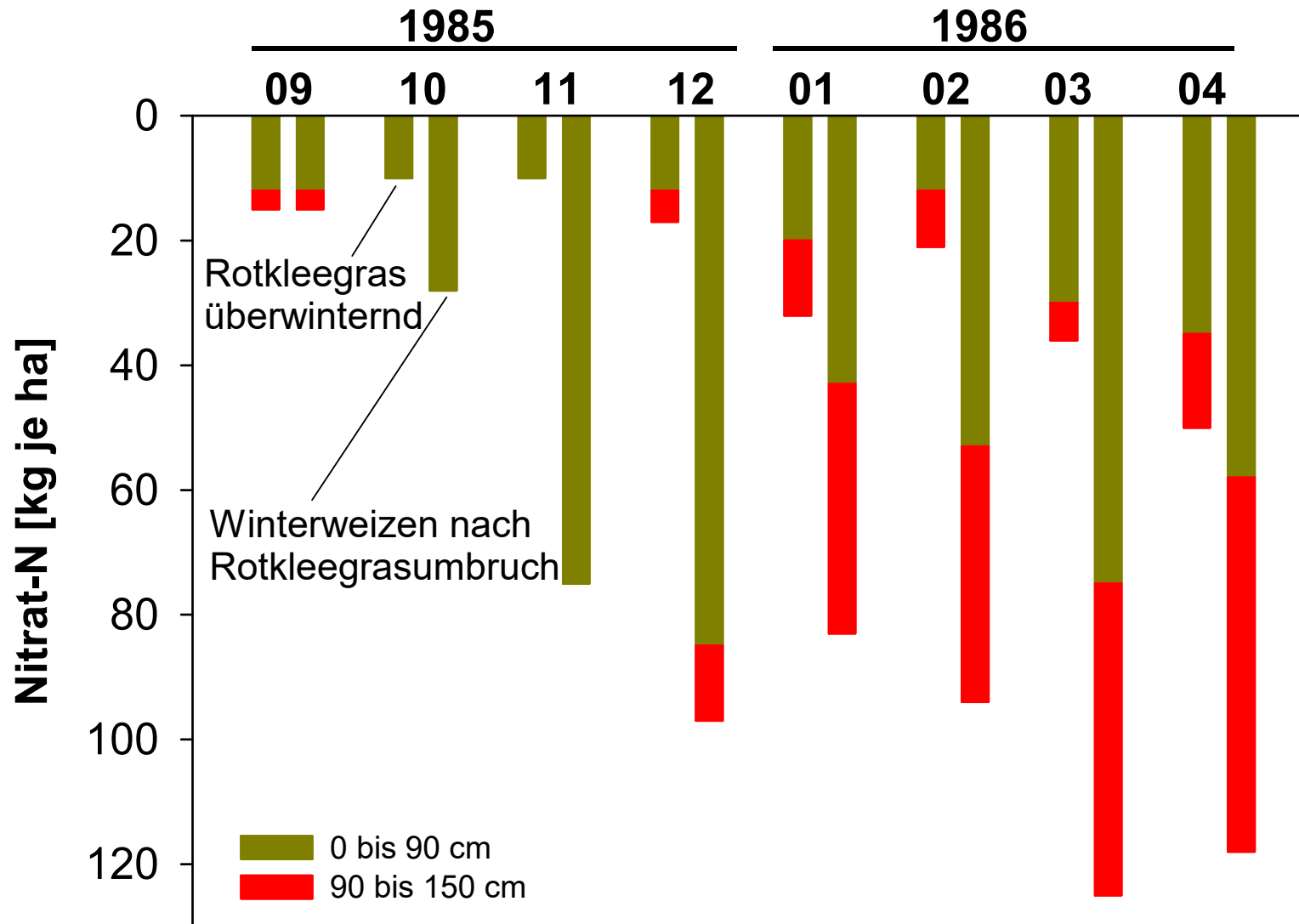
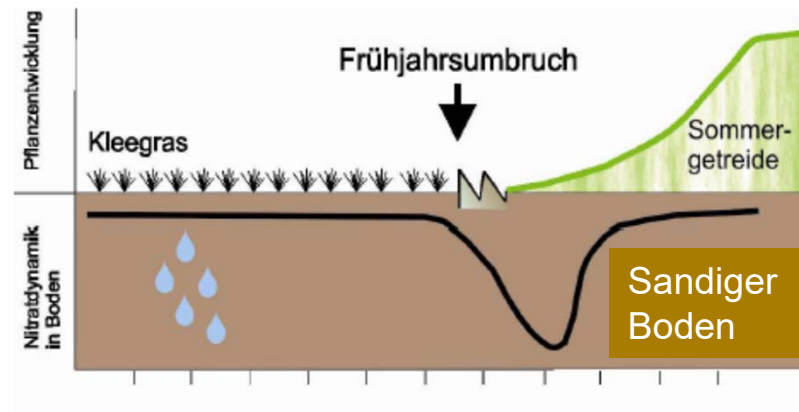


Abb. 5: Nitratmenge im Boden unter Rotklee gras und nach Umbruch von Rotklee gras unter Winterweizen (Heß 1889)

Strategien zur Minderung der Nitrataustragsgefahr nach Klee-grasumbruch

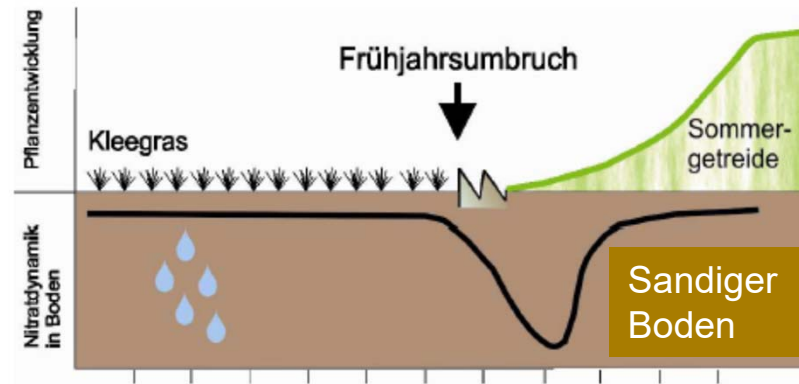


Überwinternder Klee-grasbestand
geringe Nitrataustragsgefahr

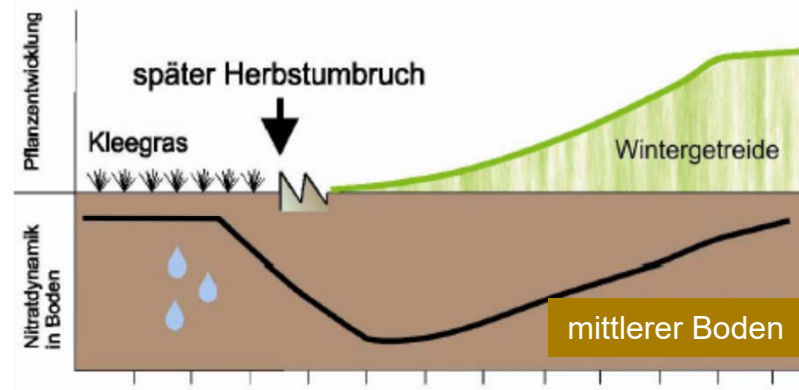
S O N D J F M A M J J S Monat im Jahr

aus Haas 2010 nach
Faßbender und Heß

Strategien zur Minderung der Nitrataustragsgefahr nach Klee-grasumbruch



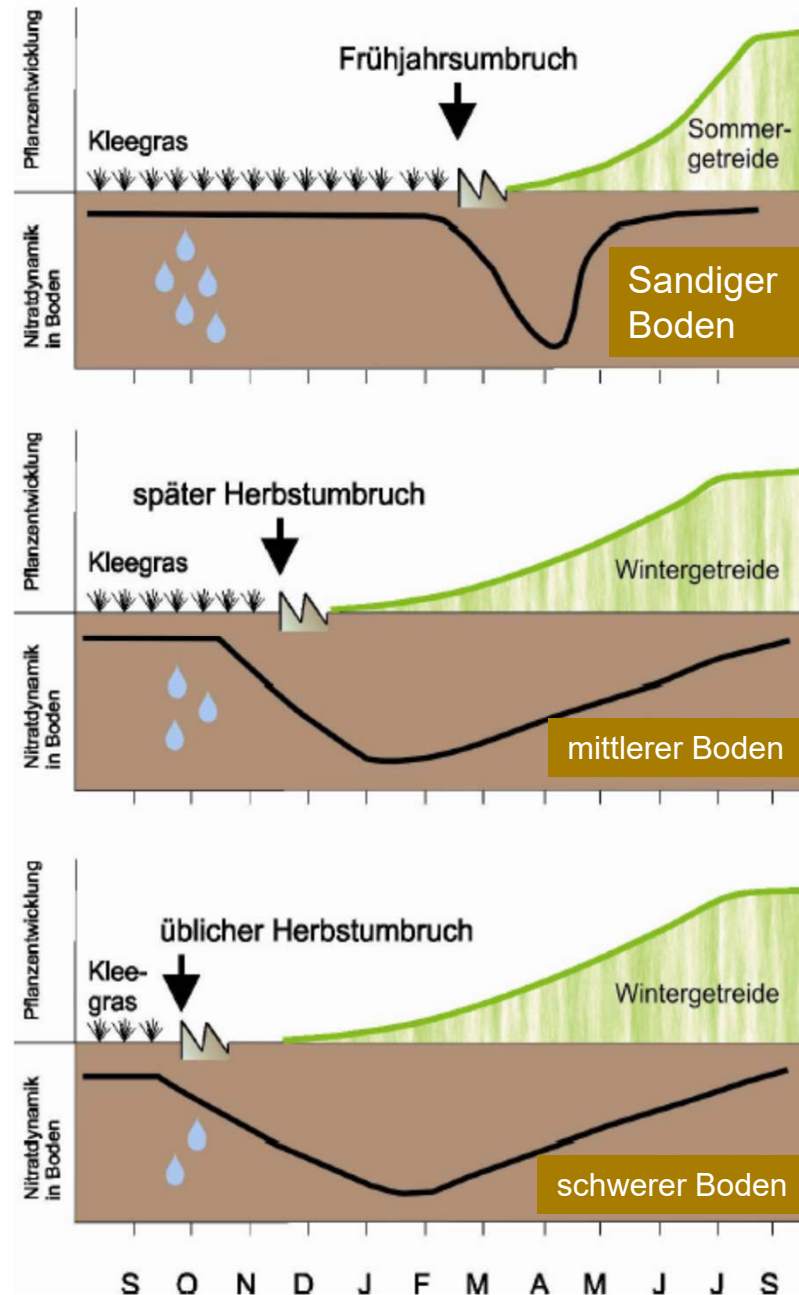
**Überwinternder Klee-grasbestand
geringe Nitrataustragsgefahr**



**Bei spätem Umbruch und
mittlerer Feldkapazität
geringe Nitrataustragsgefahr**

S O N D J F M A M J J S Monat im Jahr

Strategien zur Minderung der Nitrataustragsgefahr nach Klee grasumbruch



**Überwinternder Klee grasbestand
geringe Nitrataustragsgefahr**

**Bei spätem Umbruch und
mittlerer Feldkapazität
geringe Nitrataustragsgefahr**

**Da verzögerte Nitratreisetzung
und hohe Feldkapazität
geringe Nitrataustragsgefahr**

Strategien zur Minderung der Nitrataustragsgefahr nach Klee grasumbruch

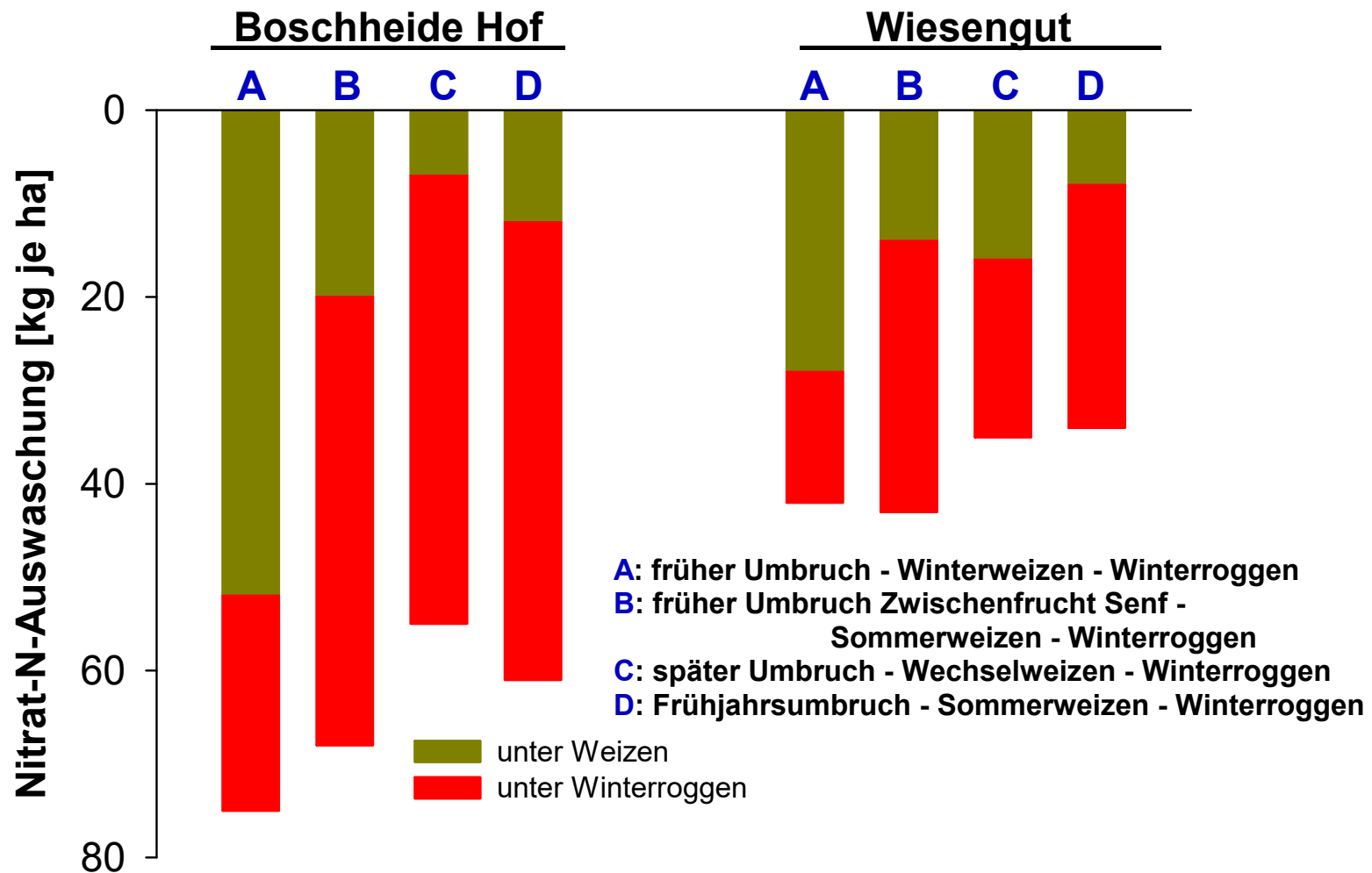


Abb. 6: Einfluss des Umbruchtermins und des Zwischenfruchtbaus auf die Höhe der Nitratstickstoffauswaschung nach Umbruch von Rotklee gras unter Weizen und Winterroggen (Heß 1989)

**Wirkung der Intensität des Klee-grasumbruchs
auf die Gefahr der Nitratstickstoffauswaschung**



Wirkung der Intensität des Klee grasumbruchs auf die Gefahr der Nitratstickstoffauswaschung

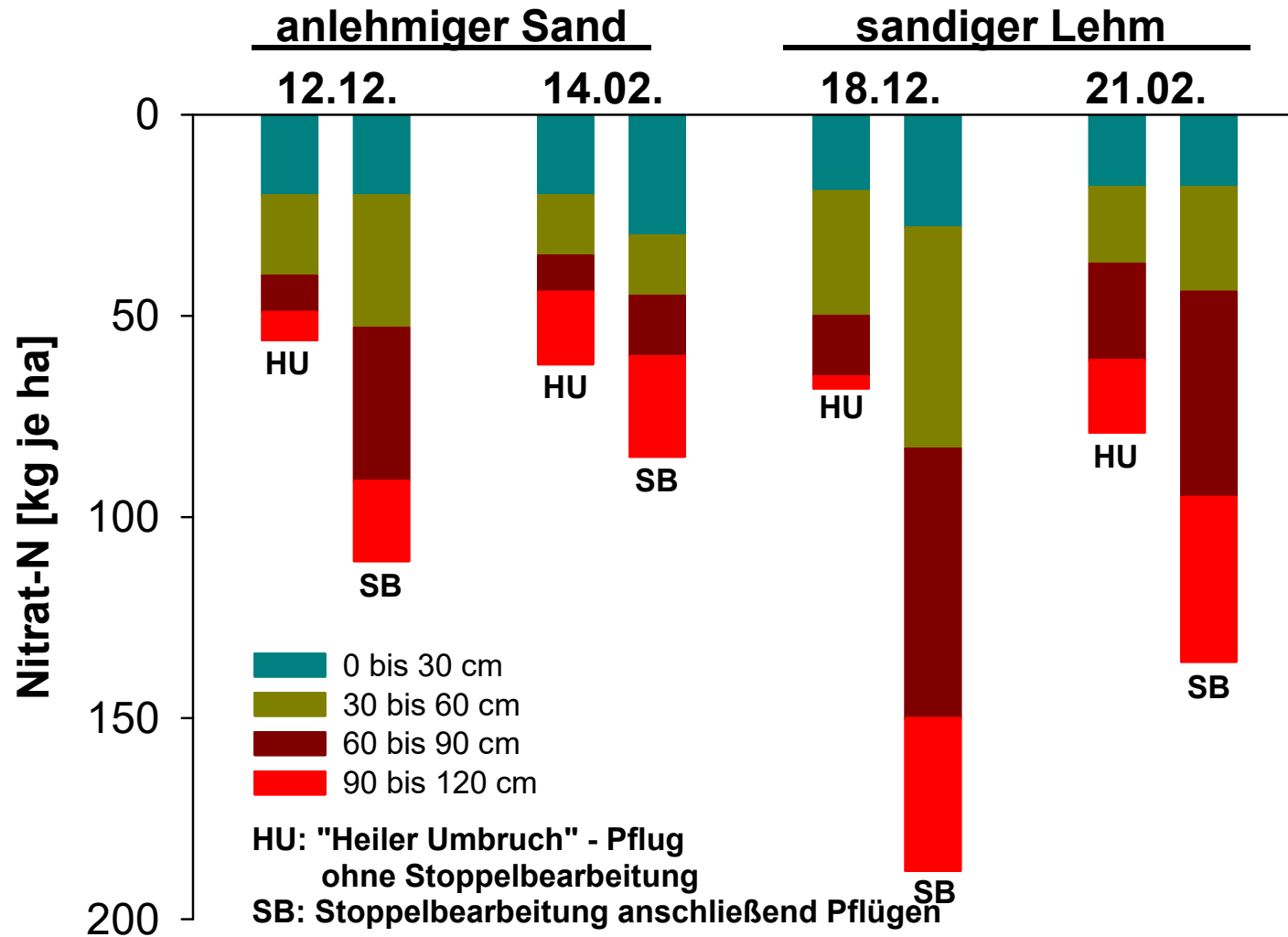


Abb. 7: Einfluss der Intensität des Klee grasumbruchs auf den Vorrat an Nitratstickstoff nach Umbruch von Rotklee gras unter Winterweizen (Heß et al. 1992)

**Anzustrebendes
C/N-Verhältnis in den
Ernterückständen**

**eng
12 bis 15**

**mittel
15 bis 20**

**weit
20 bis 25**

Bodenart:

T

IT

L

sL

IS

S



**Standort bzw. feucht:
Jahr trocken:**

September

Oktober

November

Oktober

November

Dezember

----- optimaler Umbruchtermin -----

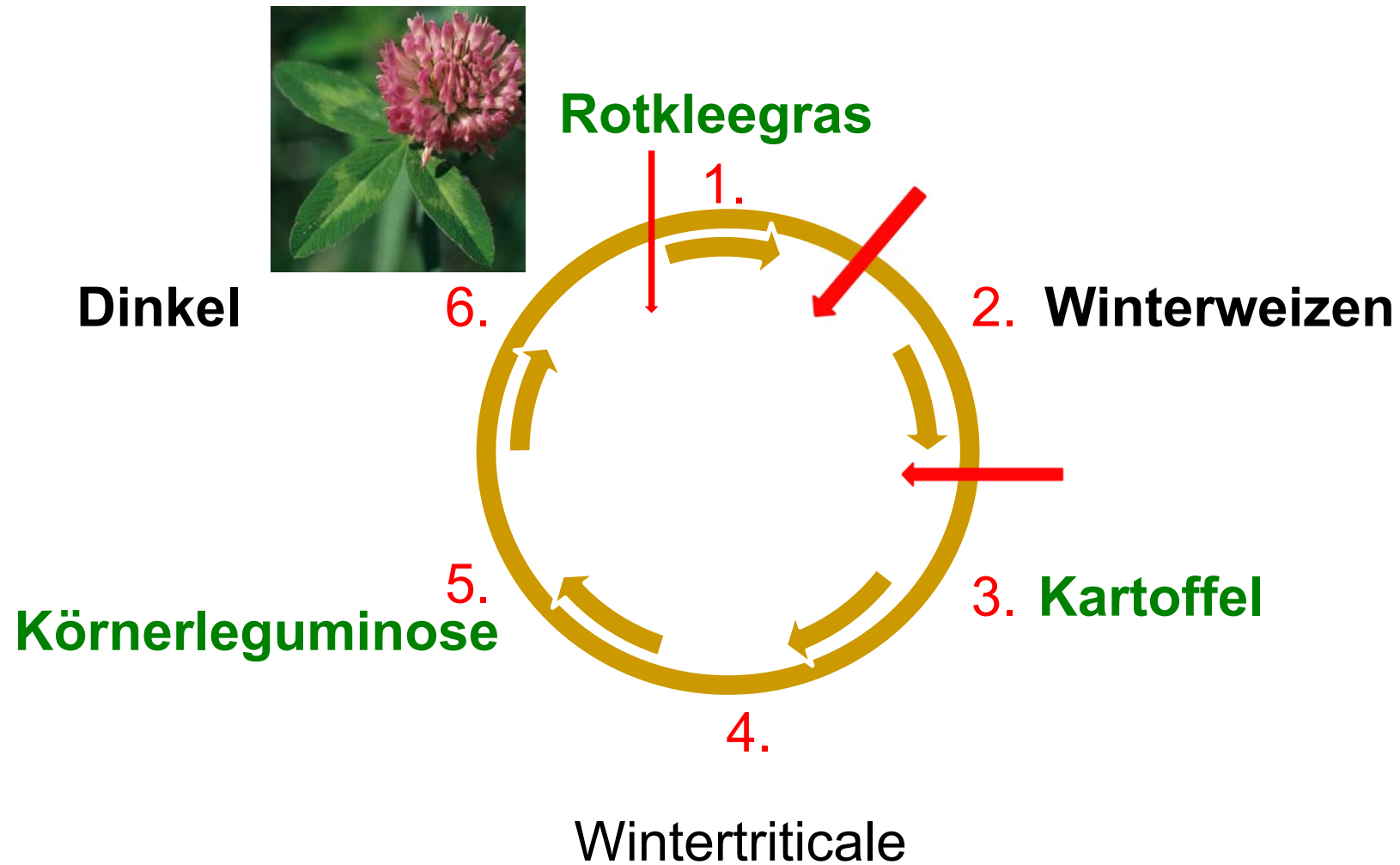
**Abb. 8: Ziele und Handlungsoptionen beim Herbstumbruch von Futterlegu-
minosen-Beständen zu Wintergetreide zur Minderung der Nitratauswaschung**

(Schmidtke et al. 1993, verändert und ergänzt nach Alvermann 1993)

Maßnahmen zur Verminderung der Nitratstickstoffauswaschung zum/nach Umbruch von Futterleguminosen

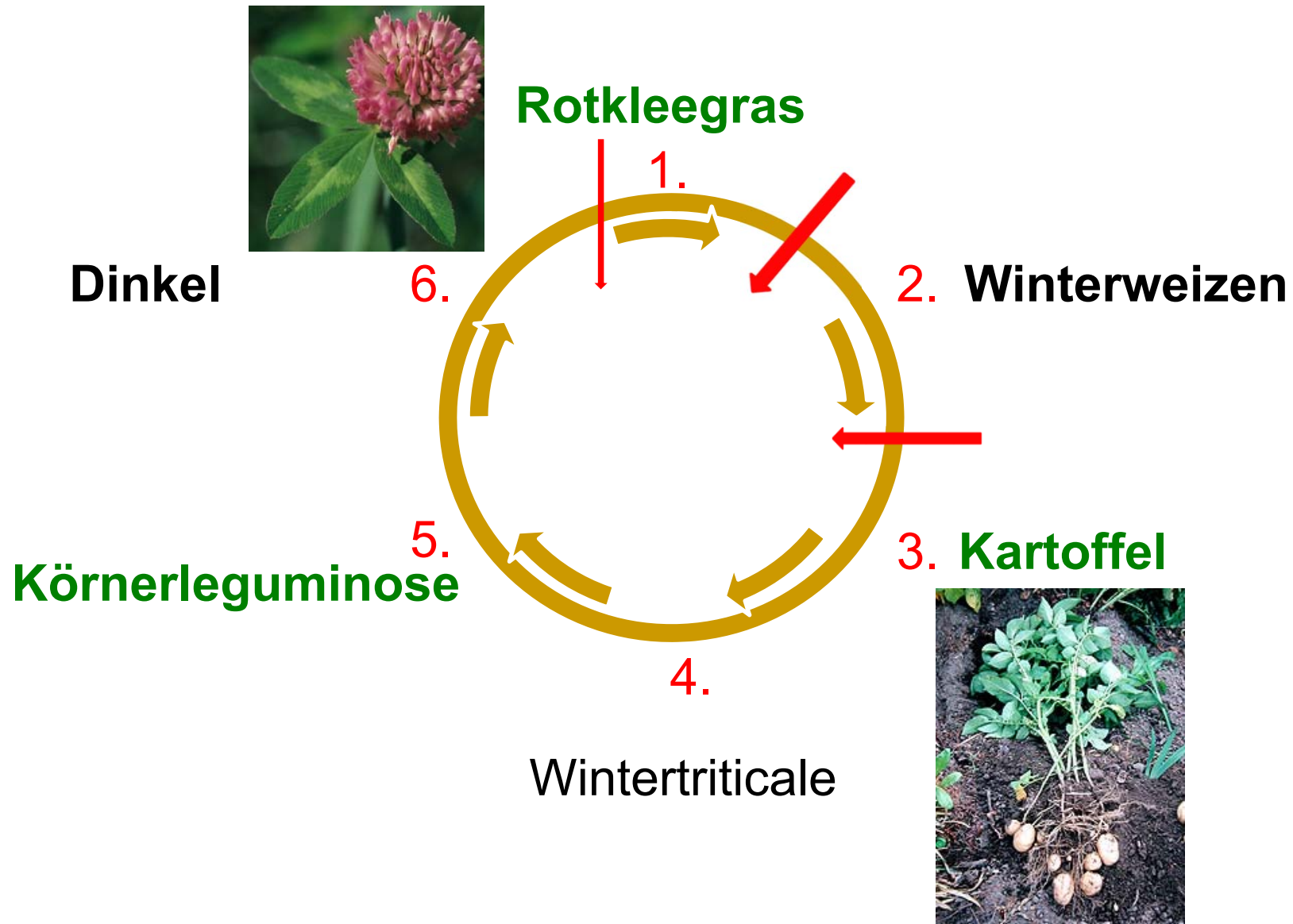
- 1. Reduzieren der Stickstoffmenge in den Ernterückständen, die beim Umbruch eingearbeitet werden: Mahd mit Schnittgutabfuhr direkt vor dem Umbruch**
- 2. Bei Umbruch im Spätsommer: Anbau von Zwischenfrüchten/ Folgefrüchten (Raps) mit einem hohen vorwinterlichen Stickstoffaufnahmevermögen**
- 3. Verschieben des Umbruchtermines in den Spätherbst, Winter oder in das darauffolgende Frühjahr**
- 4. Verkürzen des Zeitraumes zwischen Beginn des Umbruchs und Einsaat der Nachfrucht**
- 5. Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität beim Umbruch der Bestände: Häufigkeit und Tiefe des Eingriffs**
- 6. Im weiteren Verlauf der Fruchtfolge: Zwischenfruchtanbau, Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität im Herbst, Umstellen der Fruchtfolge**

Fruchtfolge im ökologischen Landbau
Kritische Phasen erhöhter Nitrataustragsgefahr



Fruchtfolge im ökologischen Landbau

Kritische Phasen erhöhter Nitrataustragsgefahr





Aufnahme: Schmidtke 1998



aus: Kolbe et al. 2012

Tab. 4: Geprüfte Untersaaten in Kartoffeln und deren Saatstärke (Stumm und Köpke 2008)

Untersaat	Abkürzung	Saatstärke (kg/ha)
Ölrettich	ÖR	25
Senf	SE	20
Phazelia	PH	60
Buchweizen	BW	20
Sonnenblume	SB	50
Hafer	HA	150
Mais		10 Körner/m²
Kontrolle	KO	-

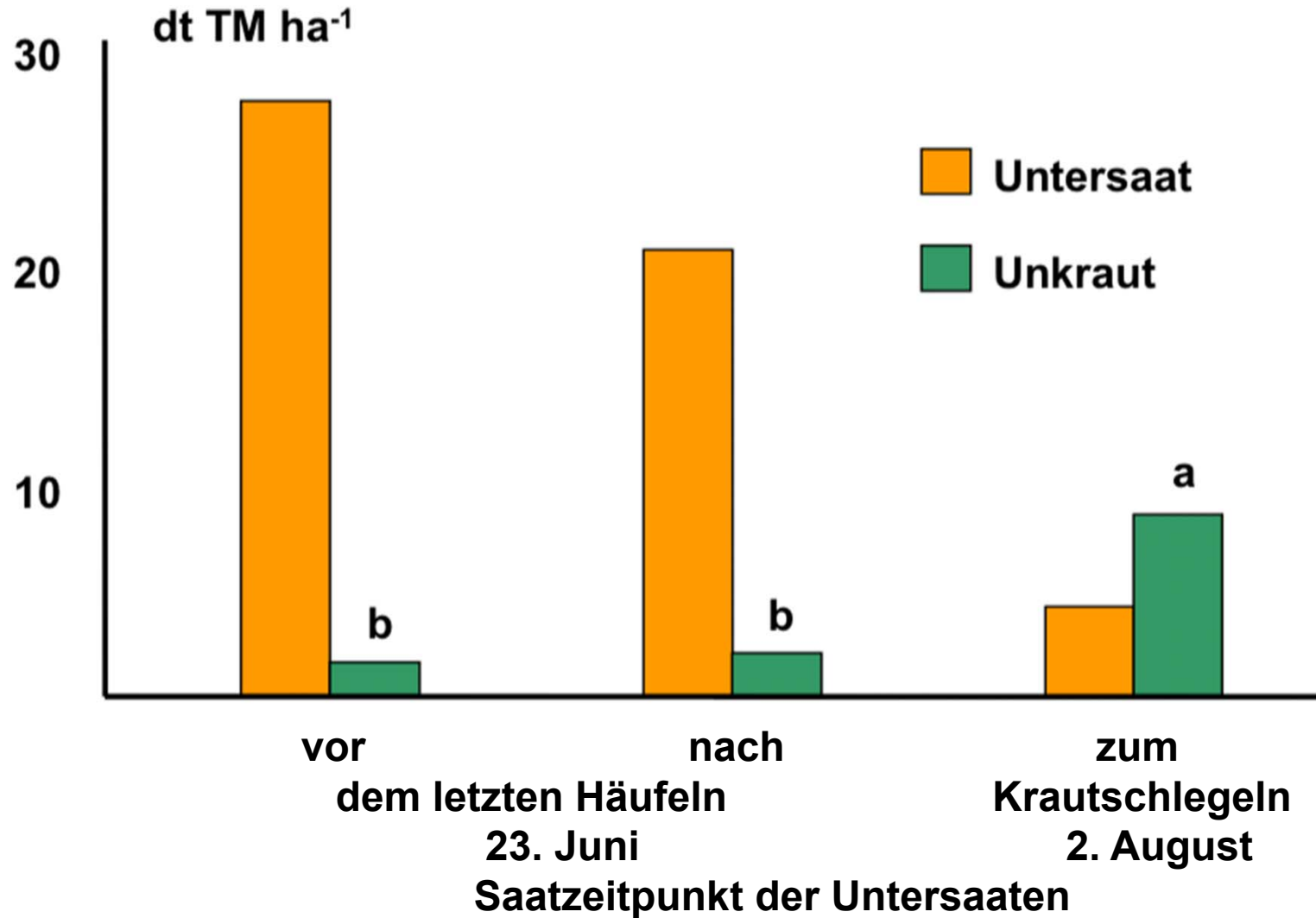


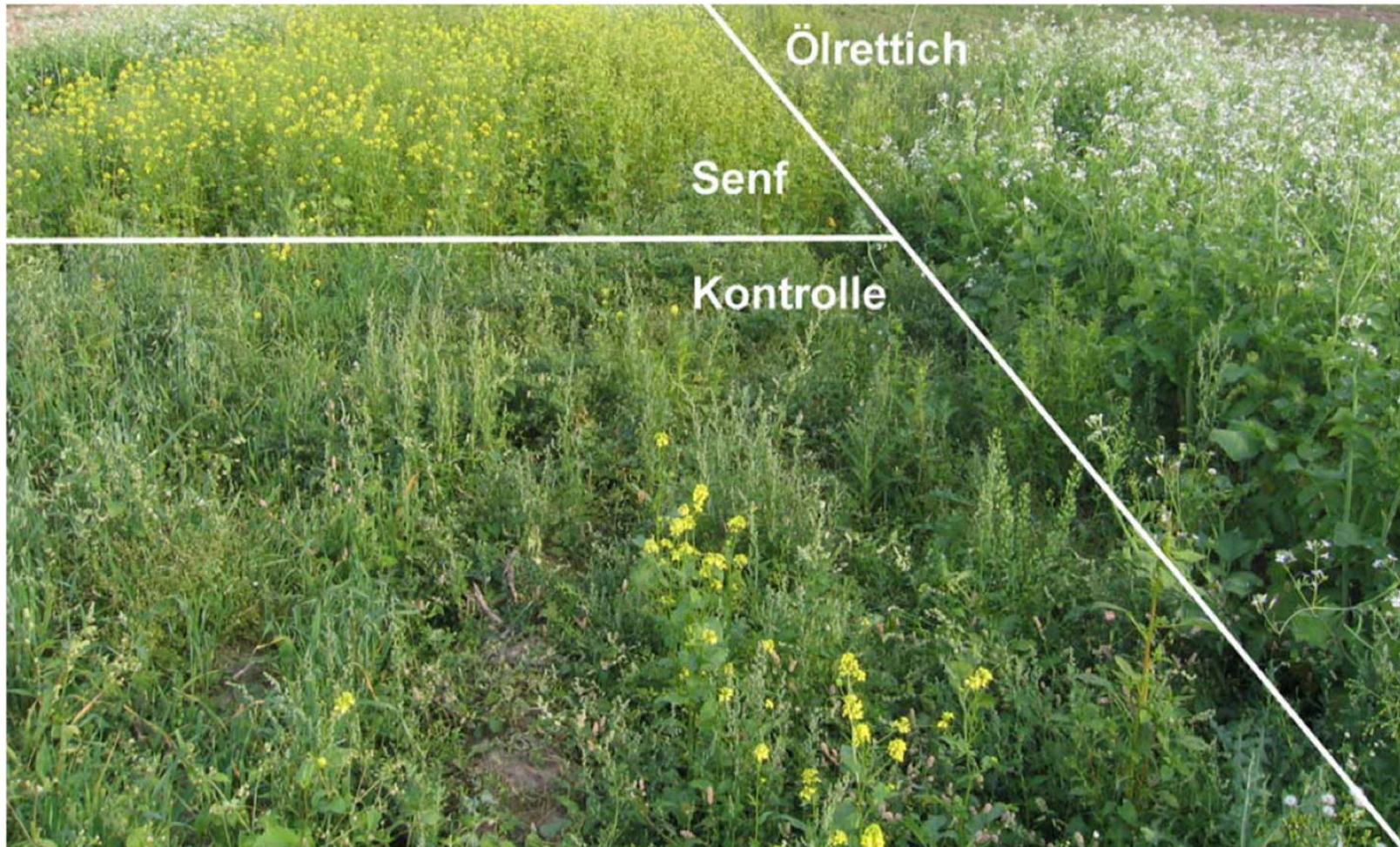
Abb. 10: Einfluss des Saatzeitpunktes der Untersaaten auf den Sprossertrag der Untersaaten und der Unkäter am 14. September 2005 (Stumm und Köpke 2008)

Untersaaten in Kartoffeln



Aufnahme: Stumm und Köpke 2008

Untersaaten in Kartoffeln



Aufnahme: Stumm und Köpke 2008

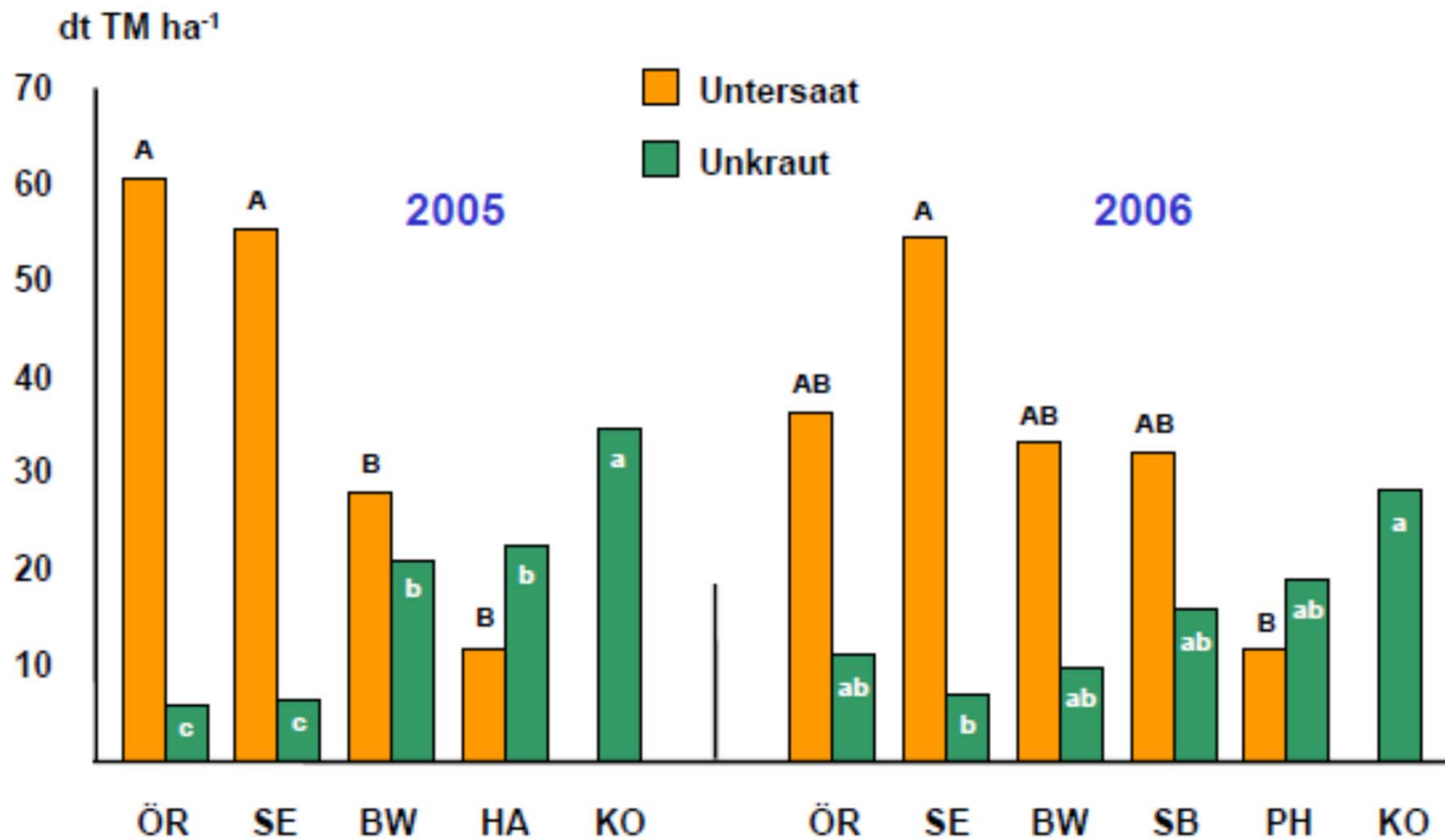


Abb. 11: Sprossertrag der Unkauser und der Untersaaten in Kartoffeln am 06. bzw. 07. September 2005 bzw. 2016 am Standort Viersen (Stumm und Kopke 2008)

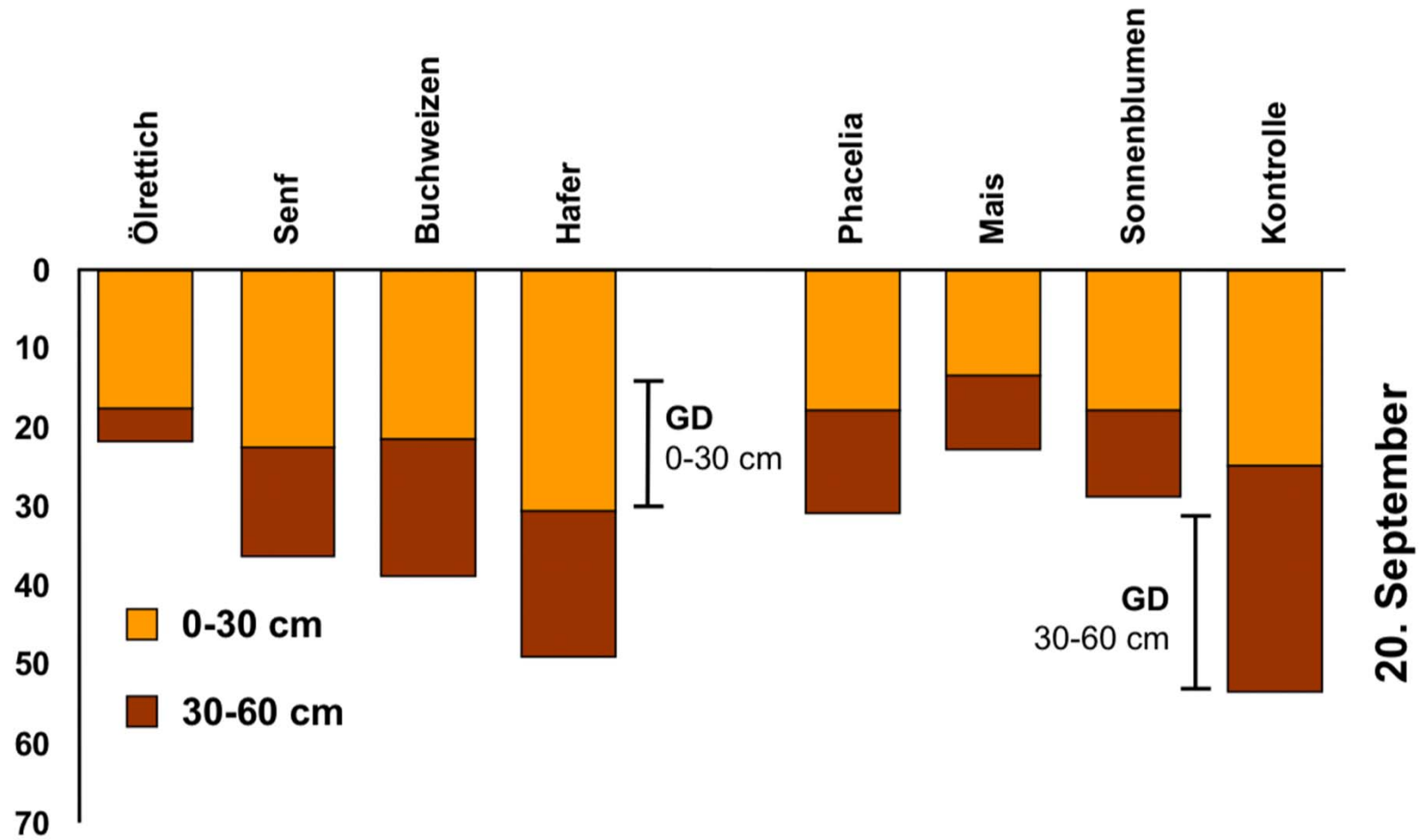


Abb. 12: Einfluss der Untersaaten in Kartoffel auf die Restnitratmengen im Boden
(Stumm und Köpke 2008)

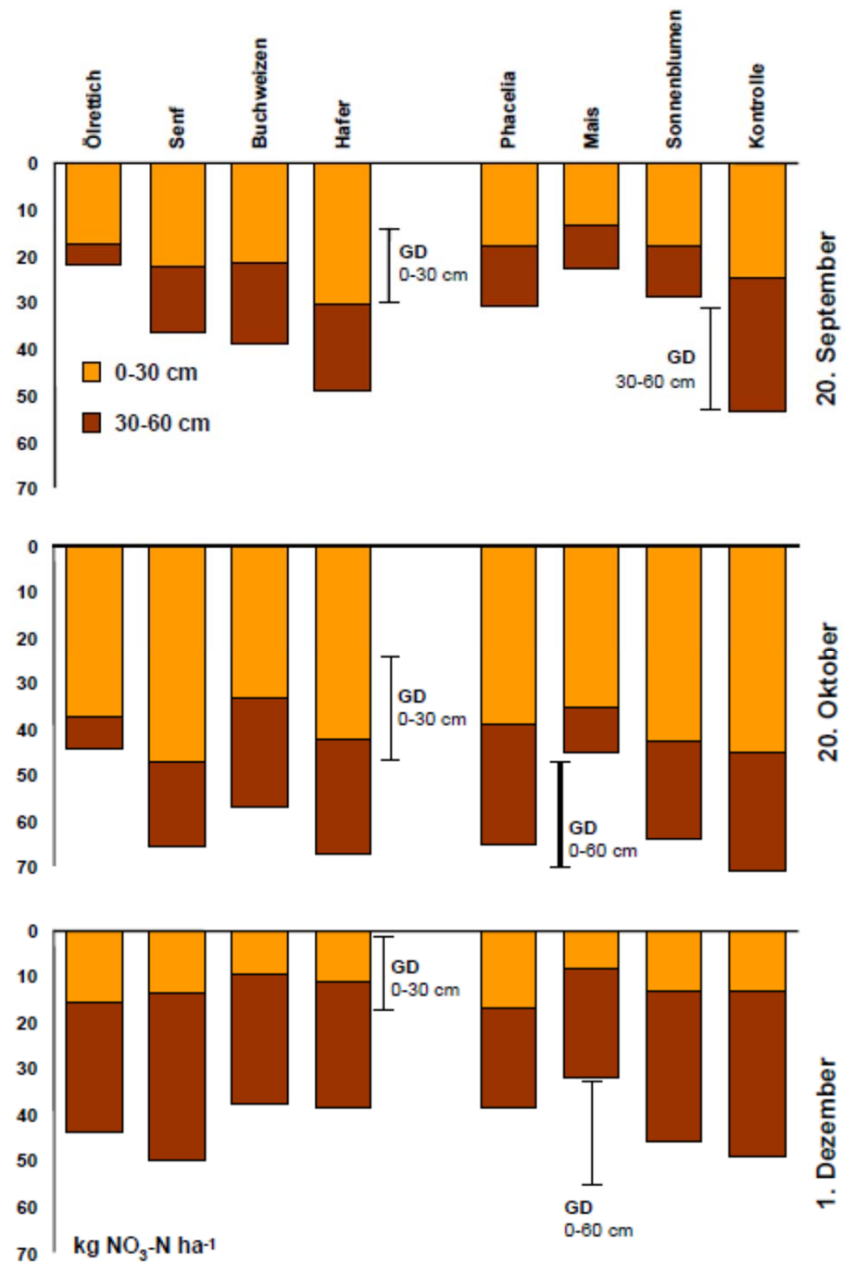


Abb. 13: Einfluss der Untersaaten in Kartoffel auf die Restnitratmengen im Boden (Stumm und Köpke 2008)

20. Juli



23. August



Abb. 14: Spitzwegerich-Untersaat in Kartoffeln (Aufnahmen Liebenau, 2002)

Einsaat von Spitzwegerich: 44 (2002) bzw. 21 Tage (2004) nach dem Pflanzen der Kartoffeln



Abb. 15: Spitzwegerich-Untersaat in Kartoffeln zur Ernte (Liebenau, 2004)

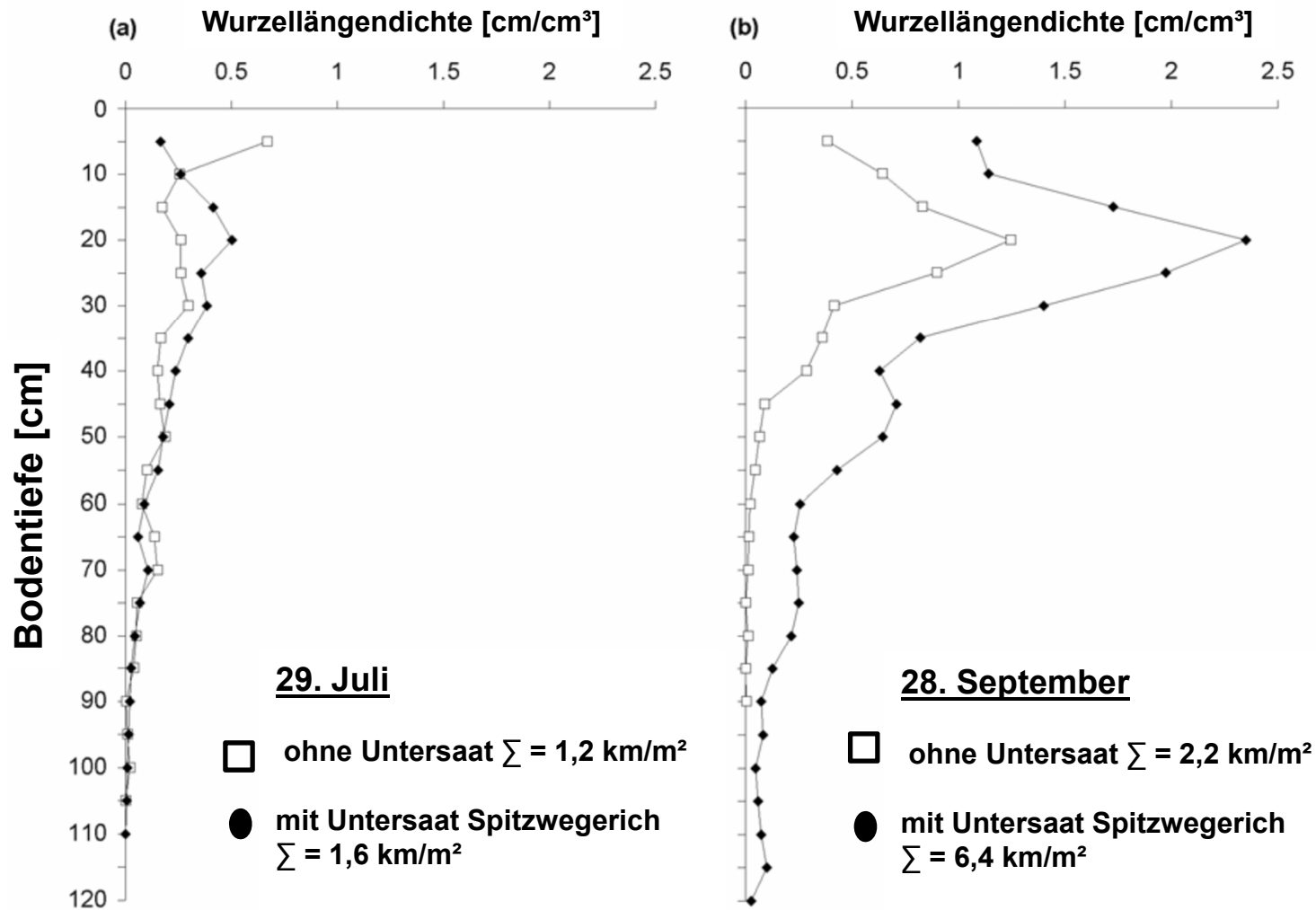


Abb. 16: Einfluss einer Untersaat mit Spitzwegerich in Kartoffeln auf die Durchwurzelungsintensität des Bodens (Rauber et al. 2008)

**Ort der
Probenahme**
D: Damm
S: Sohle

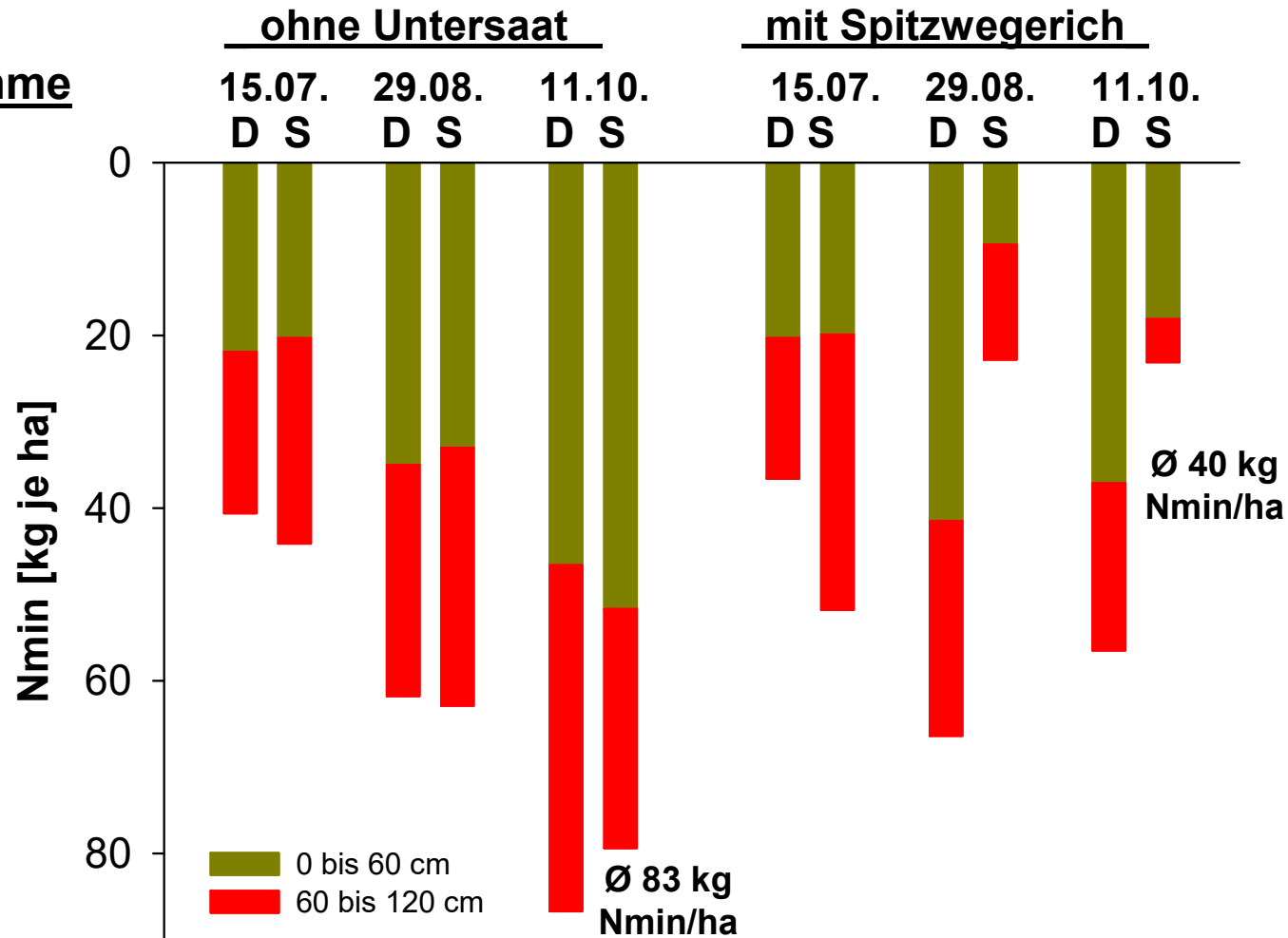


Abb. 17: Einfluss einer Untersaat mit Spitzwegerich in Kartoffeln auf Nmin-Vorrat im Boden im Jahr 2002 (Rauber et al. 2008)

**Ort der
Probenahme**
D: Damm
S: Sohle

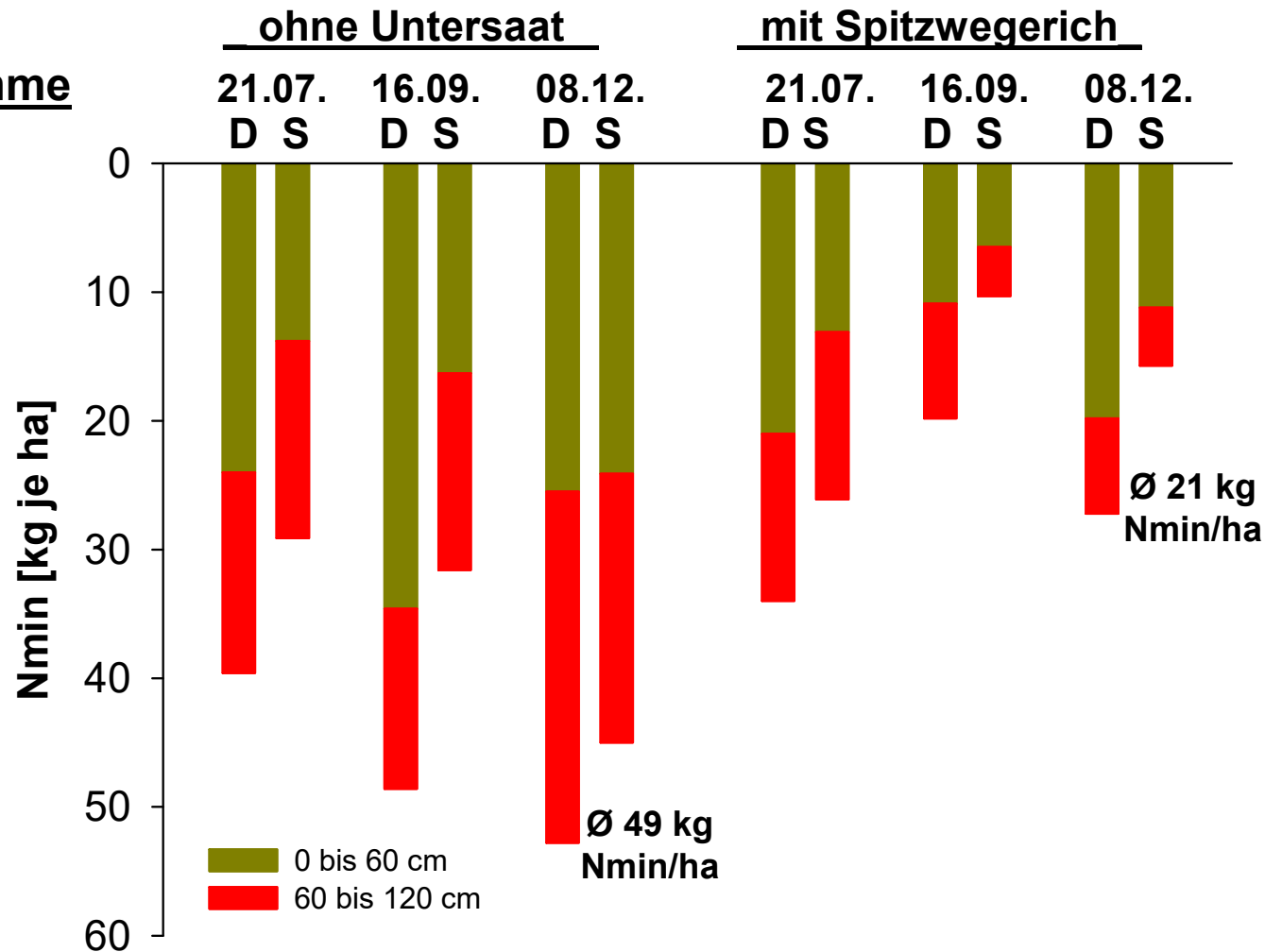
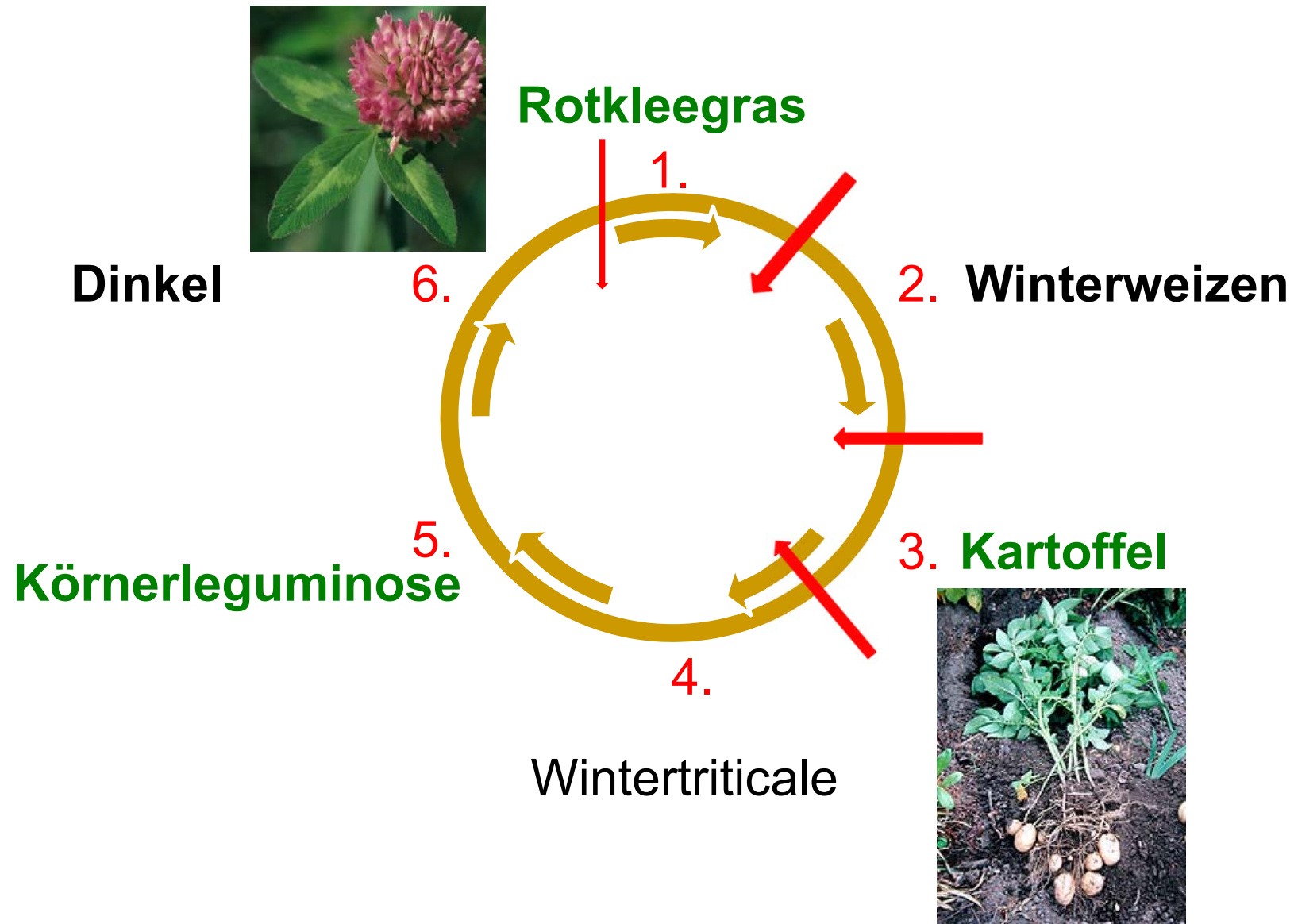



Abb. 18: Einfluss einer Untersaat mit Spitzwegerich in Kartoffeln auf Nmin-Vorrat im Boden im Jahr 2004 (Rauber et al. 2008)

Fruchtfolge im ökologischen Landbau

Kritische Phasen erhöhter Nitrataustragsgefahr



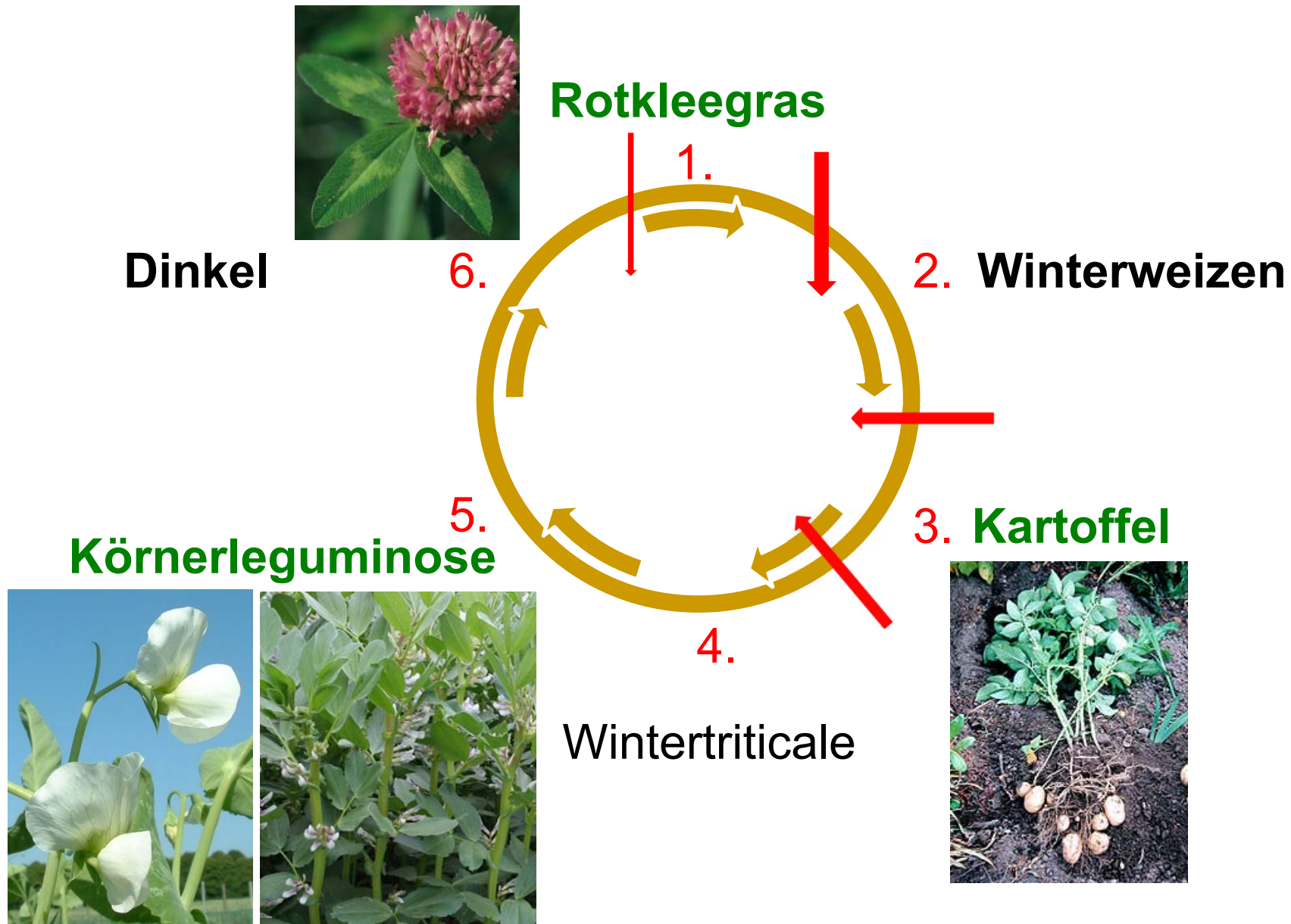


Maßnahmen zur Verminderung der Nitratstickstoffauswaschung beim Anbau von Kartoffeln

- 1. Untersaat von stark Stickstoff zehrenden Zwischenfrüchten, vorrangig Kruziferen - Ölrettich oder Senf – in Kartoffeln bindet Nitratstickstoff nur temporär**
- 2. Eine Untersaat von Spitzwegeich in die Dammschicht in Kartoffeln wirkt auch nach Ernte der Kartoffeln nachhaltig reduzierend auf den Nitratstickstoffgehalt im Boden**

Fruchtfolge im ökologischen Landbau

Kritische Phasen erhöhter Nitrataustragsgefahr



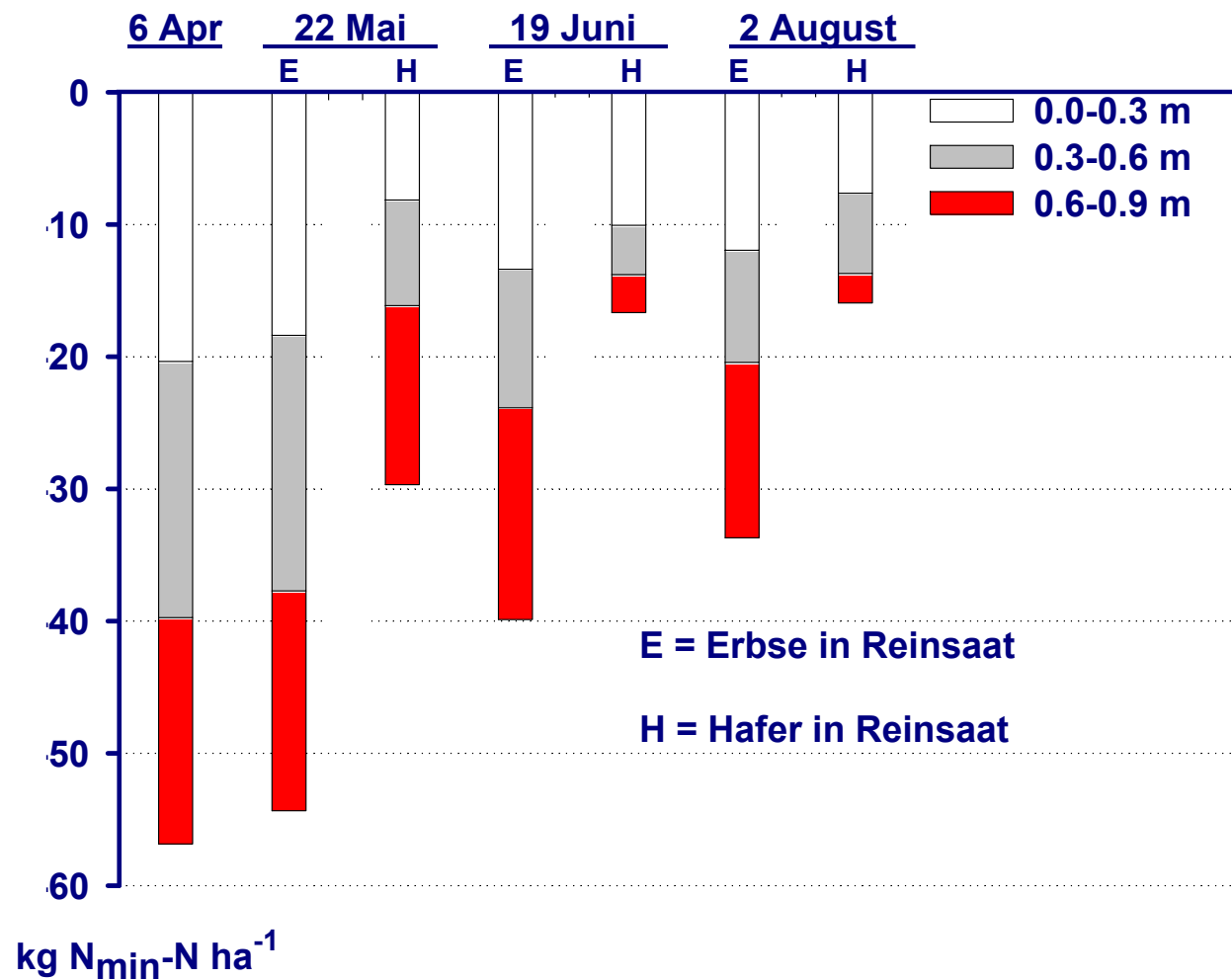


Abb. 20: N_{min}-Vorrat im Boden unter ökologisch angebautem Hafer und Erbse in Reinsaat (Schmidtke 1997)



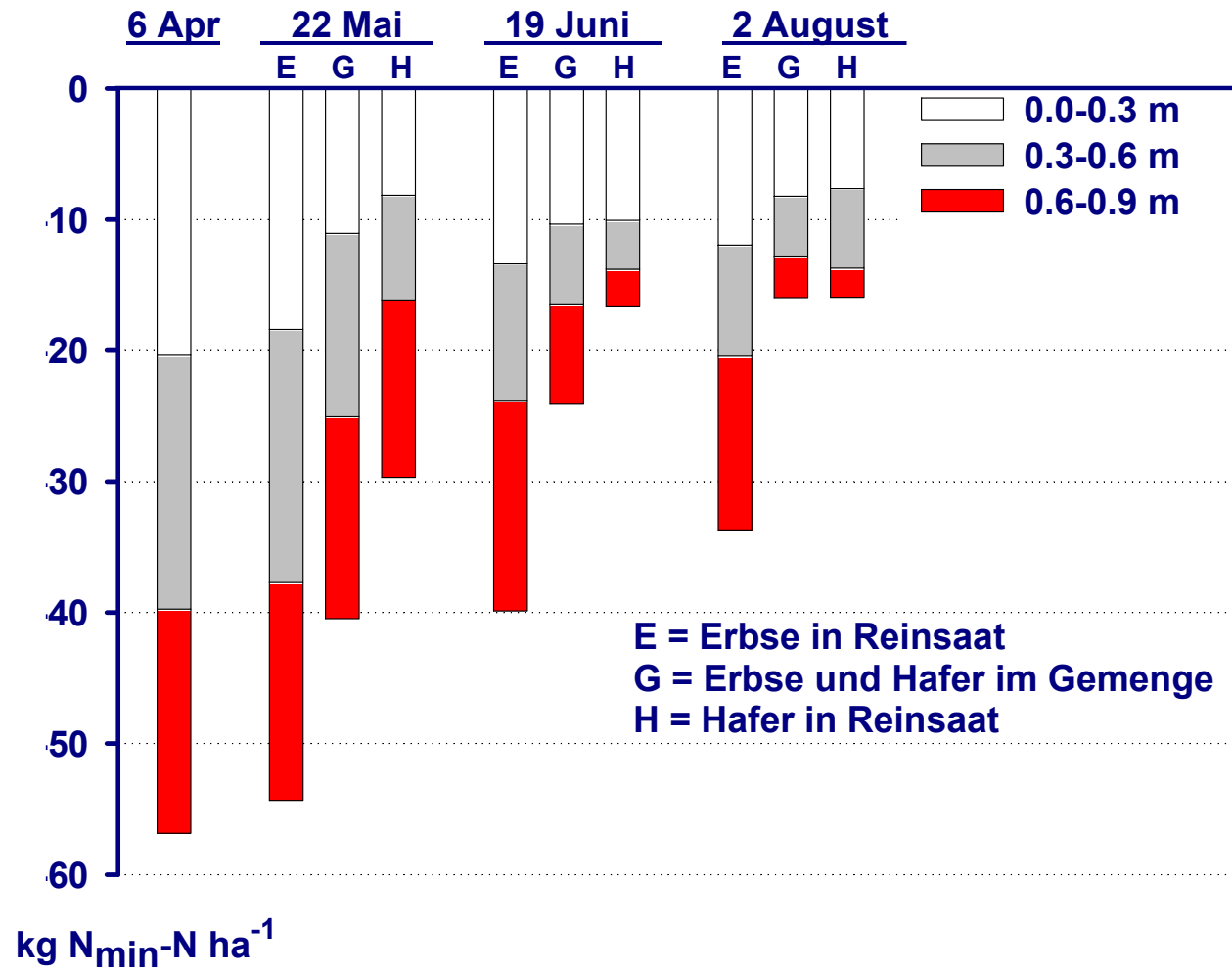


Abb. 21: N_{min}-Vorrat im Boden unter ökologisch angebautem Hafer und Erbse in Rein- und Gemengesaat (Schmidtke 1997)

Grasuntersaat in Ackerbohne



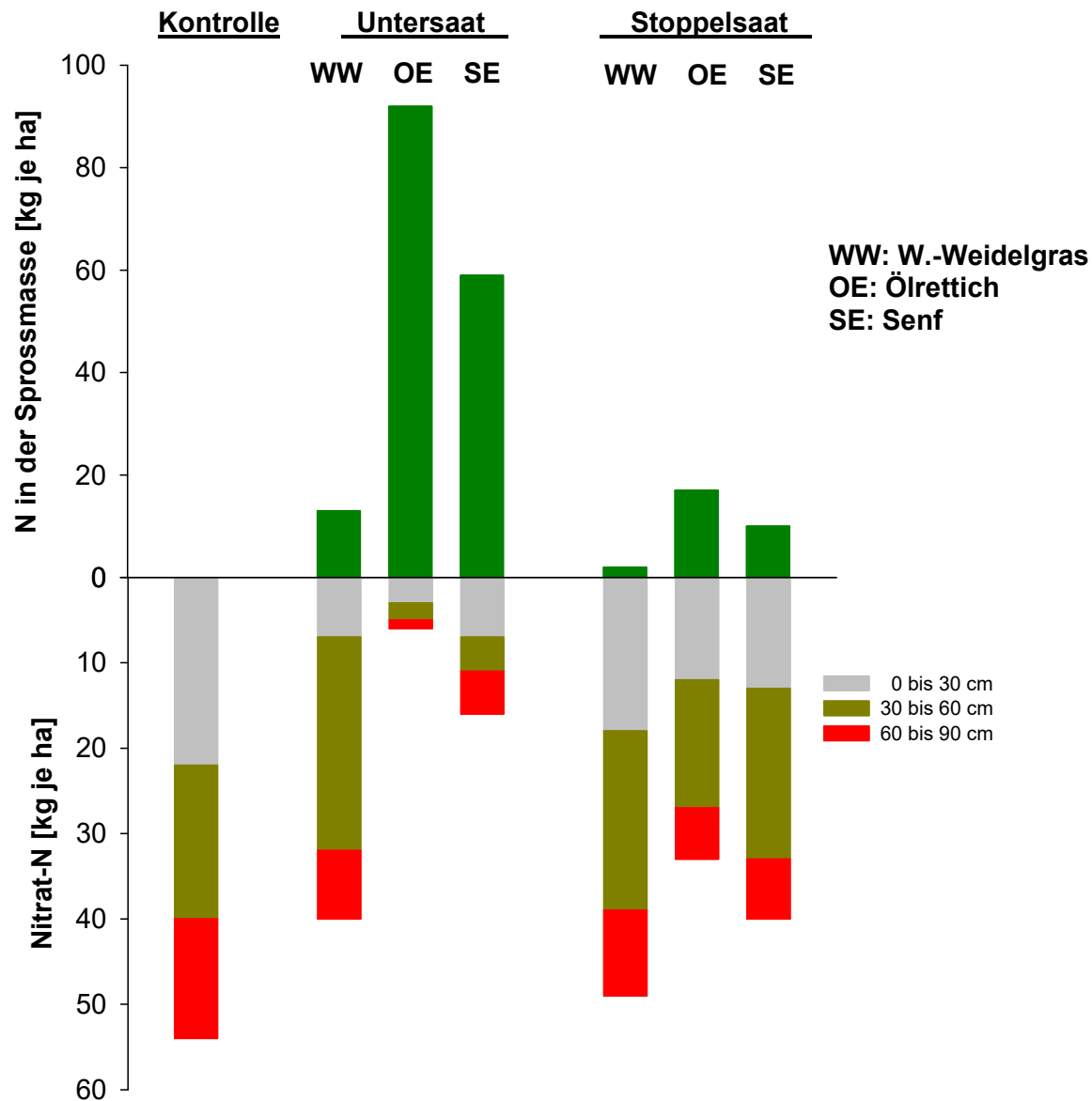


Abb. 22: Einfluss einer Untersaat in und Stoppelsaat nach Ackerbohnen auf den Nitratstickstoffvorrat im Boden im Herbst (Justus & Köpke, 1990)

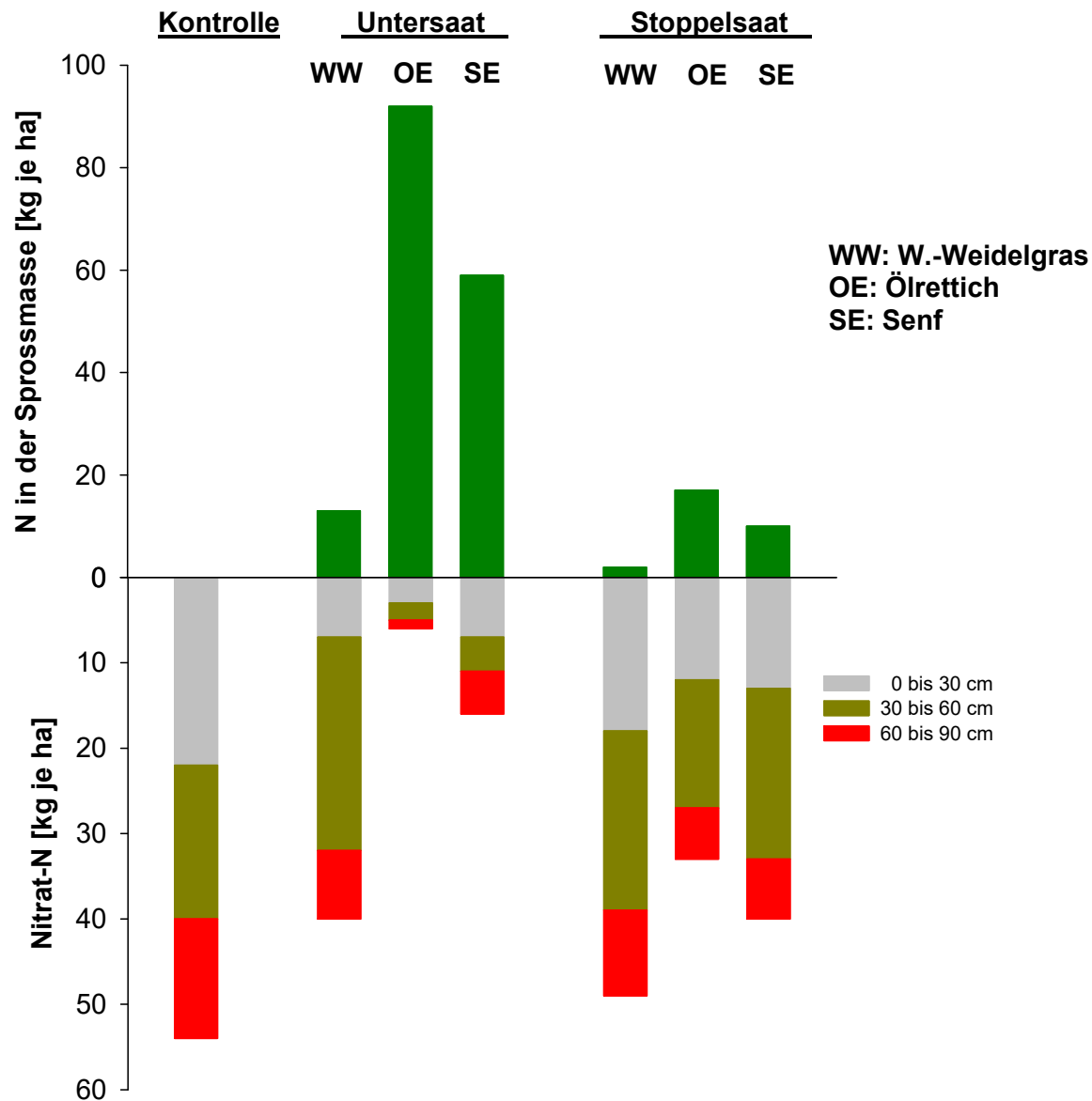


Abb. 23: Einfluss einer Untersaat in und Stoppelsaat nach Ackerbohnen auf den Nitratstickstoffvorrat im Boden im Herbst (Justus & Köpke, 1990)

Nichtlegumer Zwischenfruchtbau vor Körnerleguminosen



FOTO: Mick 16.09.13

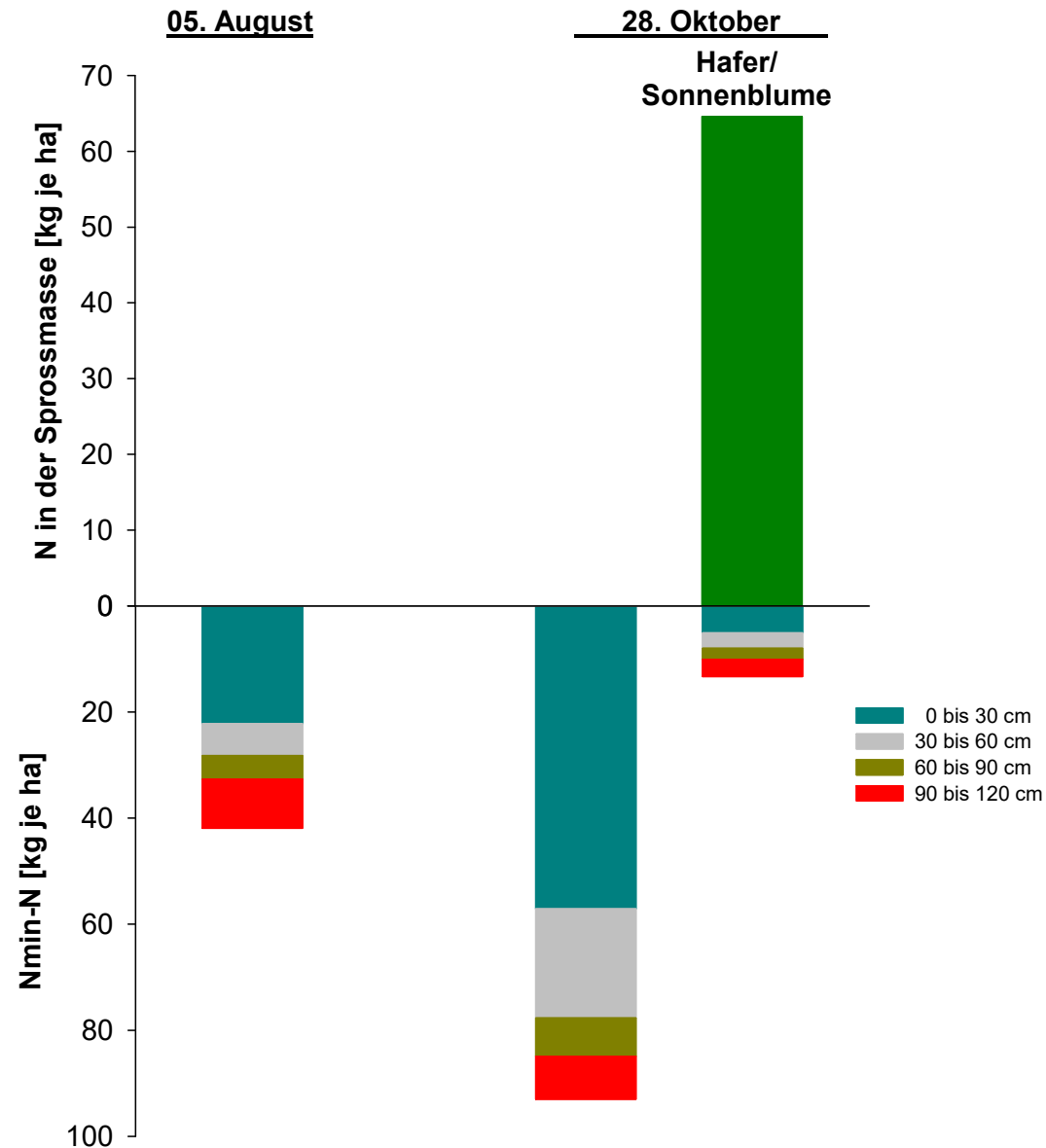


Abb. 24: Einfluss des Zwischenfruchtanbaus mit einem Gemenge aus Hafer/Sonnenblume nach Getreide Vorfrucht auf die Nmin-Menge im Boden sowie N-Menge im SPROSS (Jung und Rauber 2011)

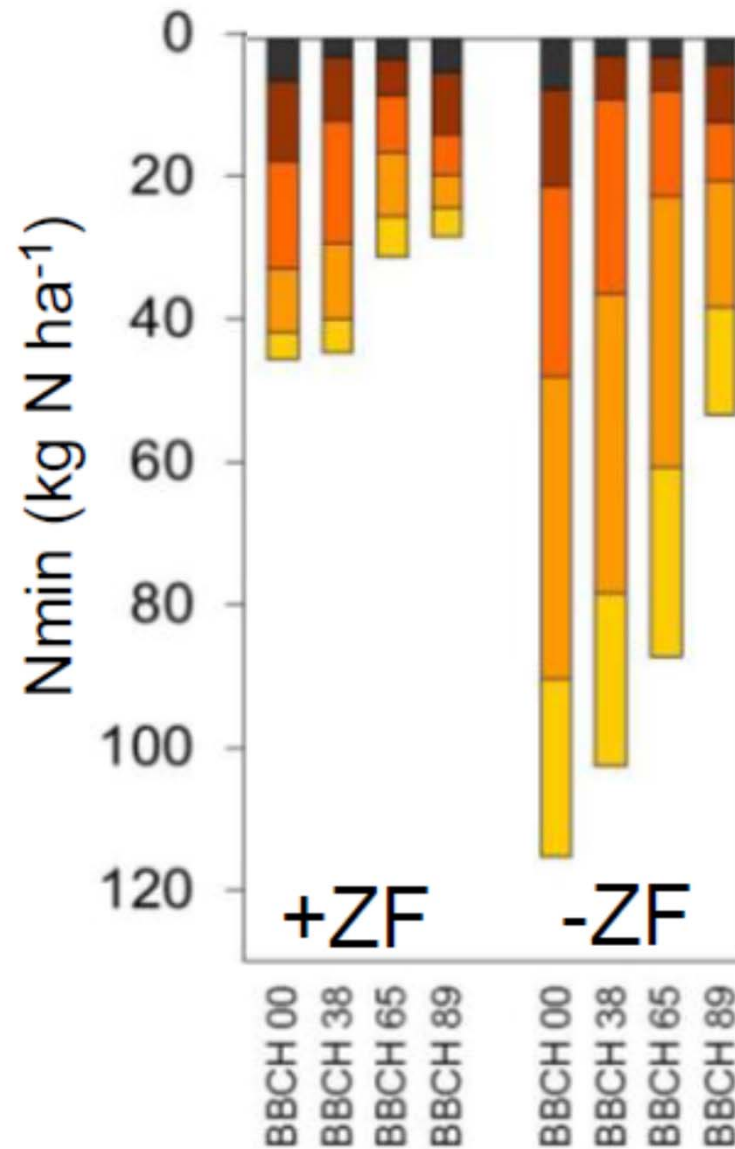


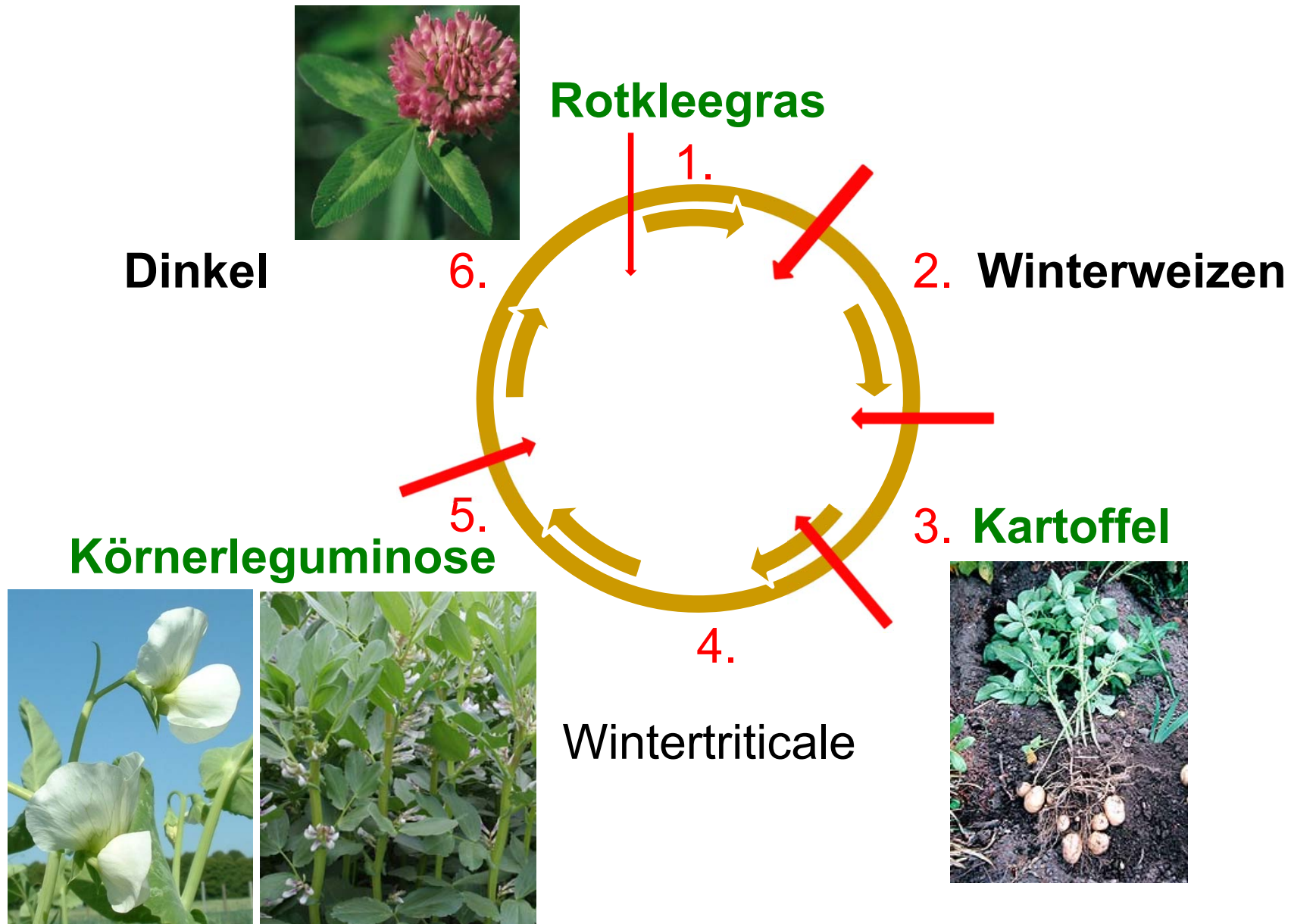
Abb. 25: Nmin-Vorrat im Boden unter Ackerbohne nach Zwischenfruchtanbau (+ZF) und ohne Zwischenfruchtanbau mit einem Gemenge aus Hafer/Sonnenblume (Jung und Rauber 2011)

Maßnahmen zur Verminderung der Nitratstickstoffauswaschung beim Anbau von Körnerleguminosen

- 1. Anbau einer nichtlegumen Zwischenfrucht vor Körnerleguminosen, die hohe N-Mengen aufnimmt und zugleich in der Spossmasse ein weites C/N-Verhältnis (> 50) aufweist**
- 2. Anbau von Erbse oder Ackerbohne mit Getreide im Gemenge**
- 3. Untersaat einer stark stickstoffzehrenden Untersaat in Ackerbohne (z.B. Ölrettich)**
- 4. Zwischenfruchtbau nach Erbse mit einer stark stickstoffzehrenden Pflanze (z.B. Ölrettich, Senf)**

Fruchtfolge im ökologischen Landbau

Kritische Phasen erhöhter Nitrataustragsgefahr



**Biologische Nitrifikationshemmung –
eine neue nachhaltige Strategie zur Minderung
der Nitratauswaschung im
ökologischen Landbau?**



Abb. 25: Stickstoffhaushalt und N-Flüsse im Boden

verändert nach Coskun et al. 2017

Biologische Nitrifikationshemmung durch Pflanzen

**AMO: Ammonium
monooxygenase**
**HAO: Hydroxylamin
oxidoreduktase**

**Abb. 26: Biologische Nitrifikationshemmer aus Wurzelausscheidungen
verschiedener Pflanzenarten und deren Zielenzyme (Coskun et al. 2017)**



Inhibitory effects of *Plantago lanceolata* L. on soil N mineralization

Marko Dietz, Susanne Machill,
Herbert C. Hoffmann &
Knut Schmidtke 2013:
Plant and Soil 368, 445-458

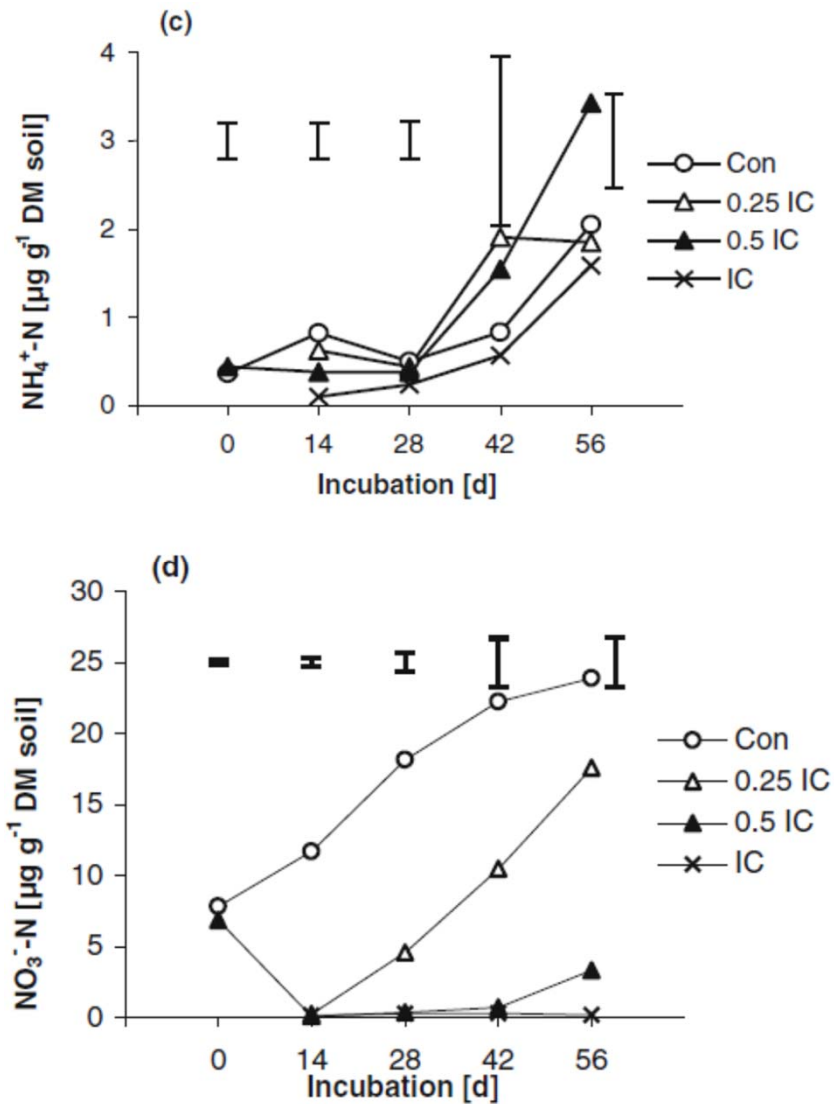


Abb. 27: Einfluss der Zugabe von Pflanzenpresssaft von Spitzwegerich auf die N-Mineralisation im Boden (Dietz et al. 2013)

Ort der
Probenahme
D: Damm
S: Sohle

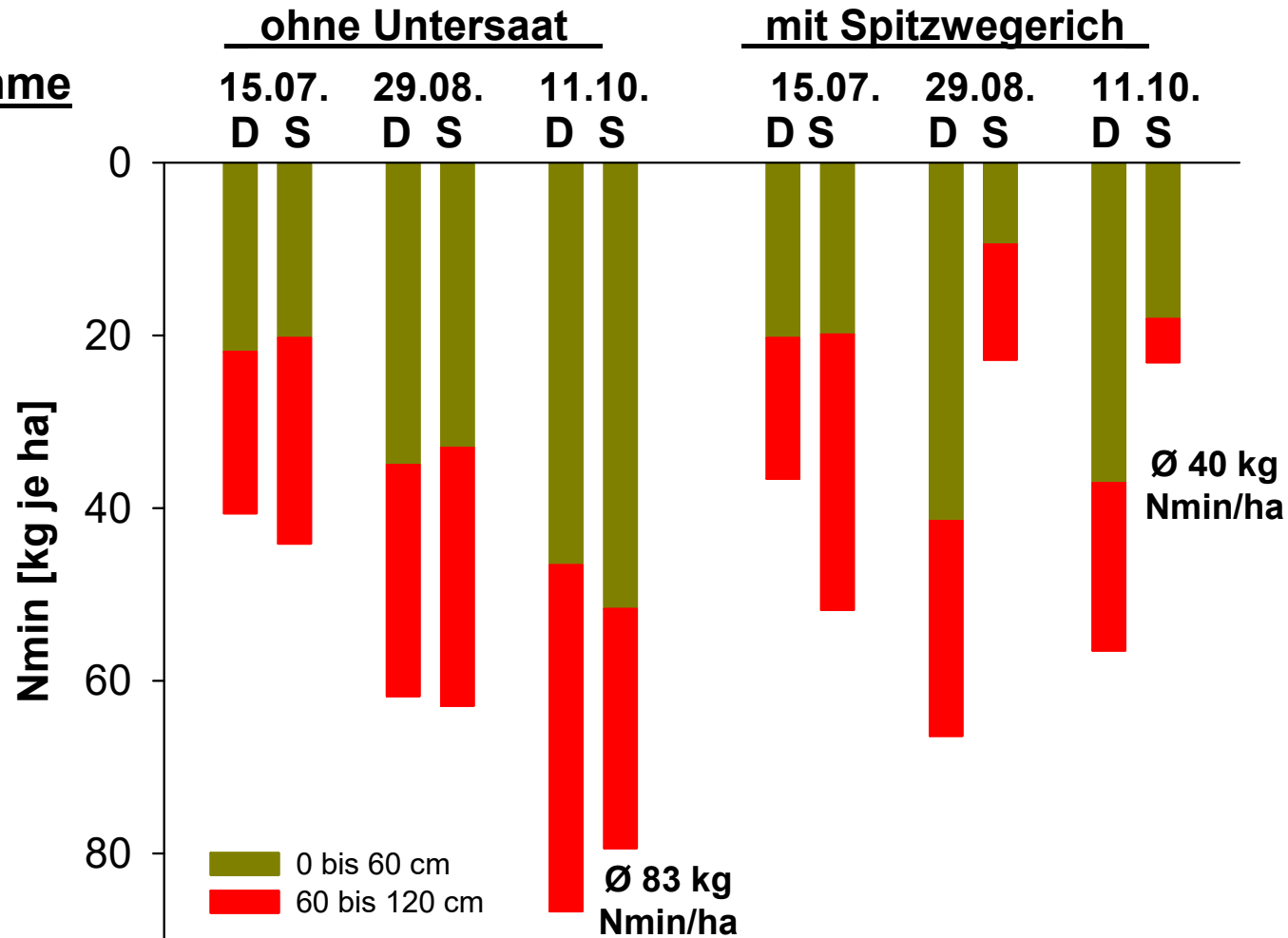


Abb. 17: Einfluss einer Untersaat mit Spitzwegerich in Kartoffeln auf Nmin-Vorrat im Boden im Jahr 2002 (Rauber et al. 2008)

Biologische Nitrifikationshemmung durch Pflanzen als neue nachhaltige Strategie zur Minderung der Nitratauswaschung im ökologischen Landbau entwickeln und nutzen



Bewährte und neue Strategien im Ökologischen Landbau für mehr Grundwasserschutz

von
Prof. Dr. Knut Schmidtke

