

# Grünland und Futterbau

LT3 - Wintersemester 2025/26

Prof. Dr. Carl-Philipp Federolf

08.10.2025

# Düngung

# Nährstoffbedarf – Stickstoff – Ertragserwartung: 4 t / ha

- Ertrag (t) x Protein (%) → Proteinertrag
  - 4 t x 0,4 → 1,6 t
- N im Protein → 6,25 %
- Proteinertrag / 6,25 → kg N Korn
  - 1,6 t / 6,25 → 256 kg N Korn
- 80 bis 100 kg N in Wurzel + Stroh
- 100 kg N (Wu/St) + 256 kg N Korn → 356 kg N / ha
- Pro Tonne Ertrag braucht die Sojabohne 80 – 90 kg N

# Düngung: N-Versorgung

- $N_{\min}$
  - $N_{\text{mob}}$
  - Rhizobien
  - Düngung
- → Ziel 350 kg N / ha



# Knöllchenbakterien - *Bradyrhizobium japonicum*

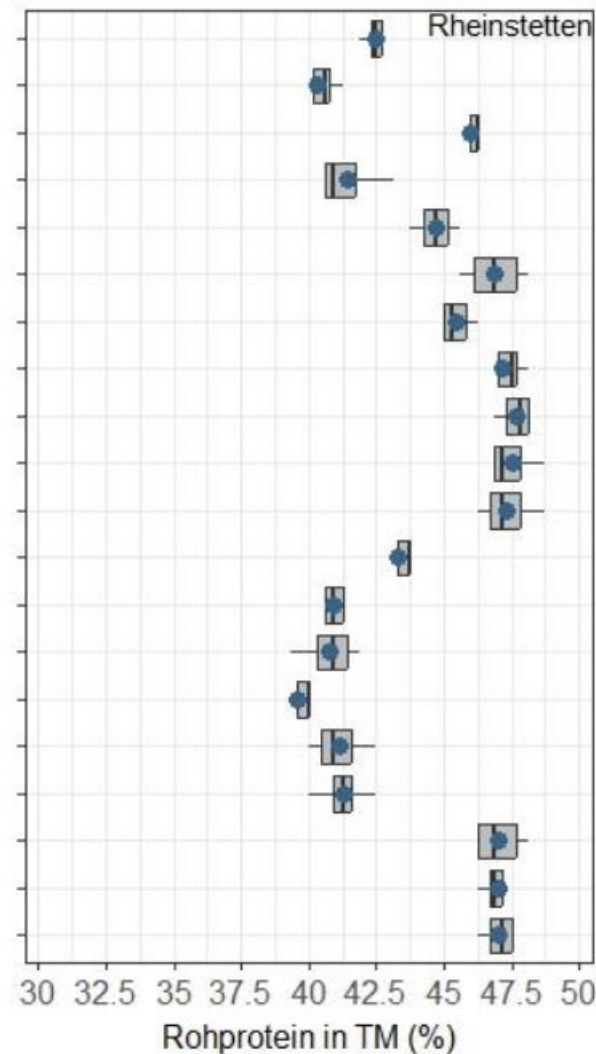
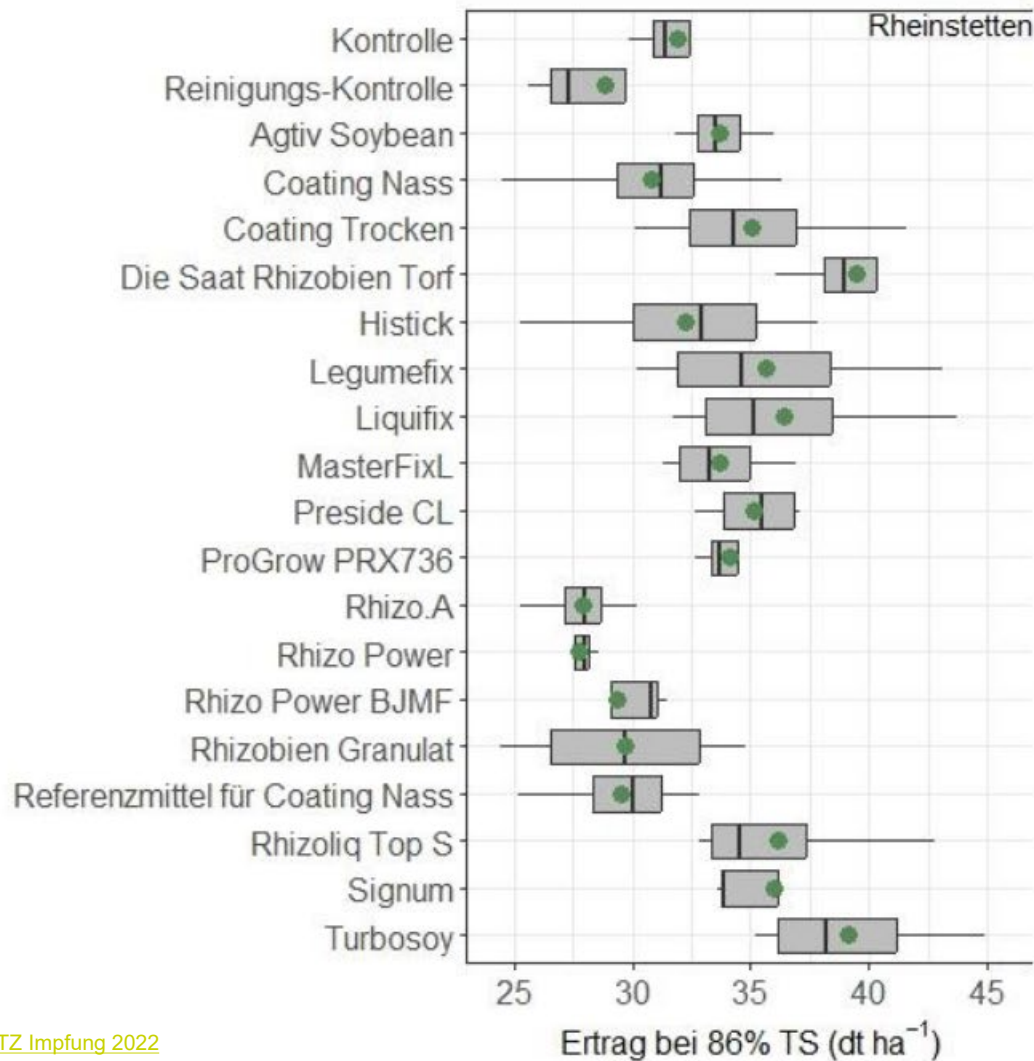






## **Rhizobien-Impfung – zwei mögliche Impfverfahren mit Rhizobien:**

- Bodenimpfung mit Mikrogranulat: Ausbringung mit Granulatstreugeräten
- Saatgut-Kontaktimpfung (Rhizoliq Top, HiStick)
- Impfung ist beim Erst-Anbau zwingend notwendig, wenn kein mineralischer Stickstoff gedüngt werden soll

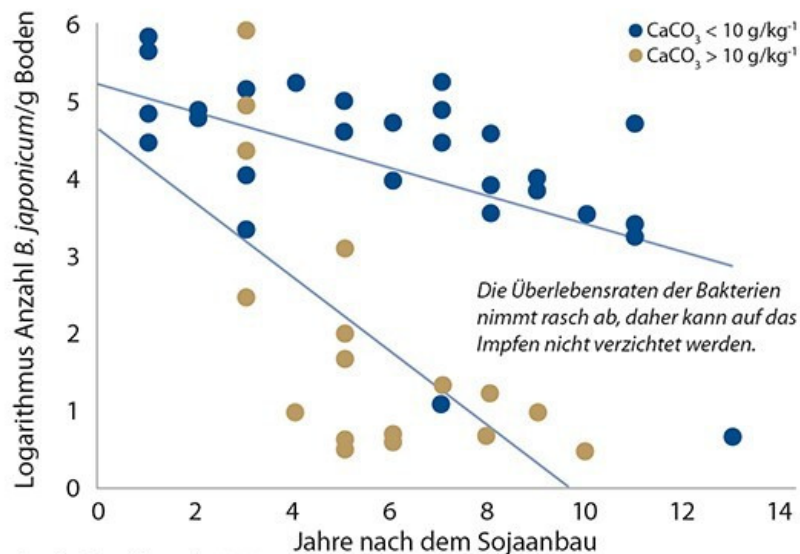




# Rhizobien-Impfung

- Rhizobien können in neutralem bis schwach saurem Boden mind. 4 Jahre überdauern deutlich kürzer auf basischen und sandigen Böden

Abb. 1: Überleben der Bakterien im Boden abhängig von Bodeneigenschaften wie dem Kalziumcarbonat-Gehalt



Quelle: Revellin et al. 1996

# Rhizobien-Impfung – Grundregeln beim Impfen

- Saatgut erst kurz vor der Saat impfen und kurz trocknen lassen
  - (verhindert Verklebungen in der Sämaschine)
  - je kürzer der Abstand, desto besser (innerhalb von 24 h)
- Impfmittel während des Impfens nicht der UV-Strahlung (Sonne) aussetzen
- Geimpft gekauftes Saatgut immer nachimpfen
- In den ersten 2 bis 3 Anbaujahren mit doppelter Aufwandmenge impfen, um Bakteriendichte im Boden anzureichern
- Geimpftes Saatgut nicht der Hitze oder Sonne aussetzen
  - Bakterien sind empfindlich und sterben ab

# Düngung – Grenzen der N<sub>2</sub> – Fixierung der Sojabohne

- Niedrige Temperatur während der V-Phasen begrenzt die Nodulierung
- N<sub>min</sub>-Gehalt des Bodens (Nitrattoleranz)
- Sojasorte–Rhizobienstamm - Wechselwirkung
- Trockenstress u.a. Umwelteffekte
- Generell: 50-80% des N-Bedarfs aus Fixierung,
  - in Mitteleuropa eher 30-50% N-Bilanz
- N-Fixierung 100 kg/ha
- Höheres Ertragsniveau → negative N-Bilanz zu erwarten

## Düngung zu Sojabohnen

- Wenn keine oder kaum ( $< 2$  St.)  $\checkmark$  Wurzeln zu finden (bei einer Wuchshöhe  $< 1,5$  m)
- Knöllchen da aber nicht (man weiß)
- Düngung von  $N$  (je nach  $N_{\min}$ )  $\rightarrow$  vor Blüte (Mitte bis Ende)
- nach  $N$  mehr streuen  $\rightarrow$  Reifeverzögerung

**Laut Düngeverordnung hat Soja keinen N-Bedarf  $\rightarrow$  Keine Düngung erlaubt**



# Düngung zu Sojabohnen – Nährstoffgehalte

Ernteprodukte	Nährstoffgehalte	[kg/dt]		
Sojabohne	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
Korn	5,8	1,62	1,94	0,3
Stroh (bezogen auf Einheit Erntegut)	1,5	0,38	1,56	0,64
Korn + Stroh	7,3	2	3,5	0,94

1

<sup>2</sup>Grunddüngung bei 3 t / ha:                      45                      51                      15,  
 Empfehlung: bei ausgeglichenen Bodengehalten reagiert die  
 Sojabohne kaum auf GD → Nährstoffausgleich zu  
 bedürftigeren Kulturen

Quellen:

<sup>1</sup> LTZ Augustenberg, 2011. Beratungsgrundlagen für die Düngung im Ackerbau und auf Grünland in Baden-Württemberg, S. 84 in: [www.sojafueroederring.de](http://www.sojafueroederring.de)

<sup>2</sup> RP Freiburg

# Düngung zu Sojabohnen – Schwefel und Calcium

- Schwefel → Bedarf 40 bis 60 kg/ha
  - notwendig für Eiweißbildung,
  - beeinflusst die Lebensdauer von Rhizobien
  - Aber: kein Mehrertrag, da S-Bedarf zur Kornfüllung während hoher S-Mineralisierung<sup>1</sup>
- Calcium → idealer pH 6,5 - 7
  - Verschlämmung reduzieren
  - fördert Rhizobien
  - speziell auf kalten Standorten

# Düngung zu Sojabohnen - Mikronährstoffe

- Mo und Fe Bestandteil von Nitrogenasen bzw. Leghämoglobin; Fe-Verfügbarkeit kritisch auf alkalischen Böden
- Kobalt notwendig für Stickstofffixierung Bestandteil von Vitamin B12  
→ Leghämoglobin
- Zink notwendig für Eiweißstoffwechsel, knapp in Mais-Fruchtfolgen
- Mangan notwendig für Assimilatversorgung der Rhizobien
- Bor knapp auf alkalischen Böden, bei Trockenheit und  $\text{pH} > 7$   
→ Aber: In Literatur und Versuchen durchwachsenes Ergebnis ohne einheitliche Mehrerträge<sup>1</sup>

# Pflanzenschutz



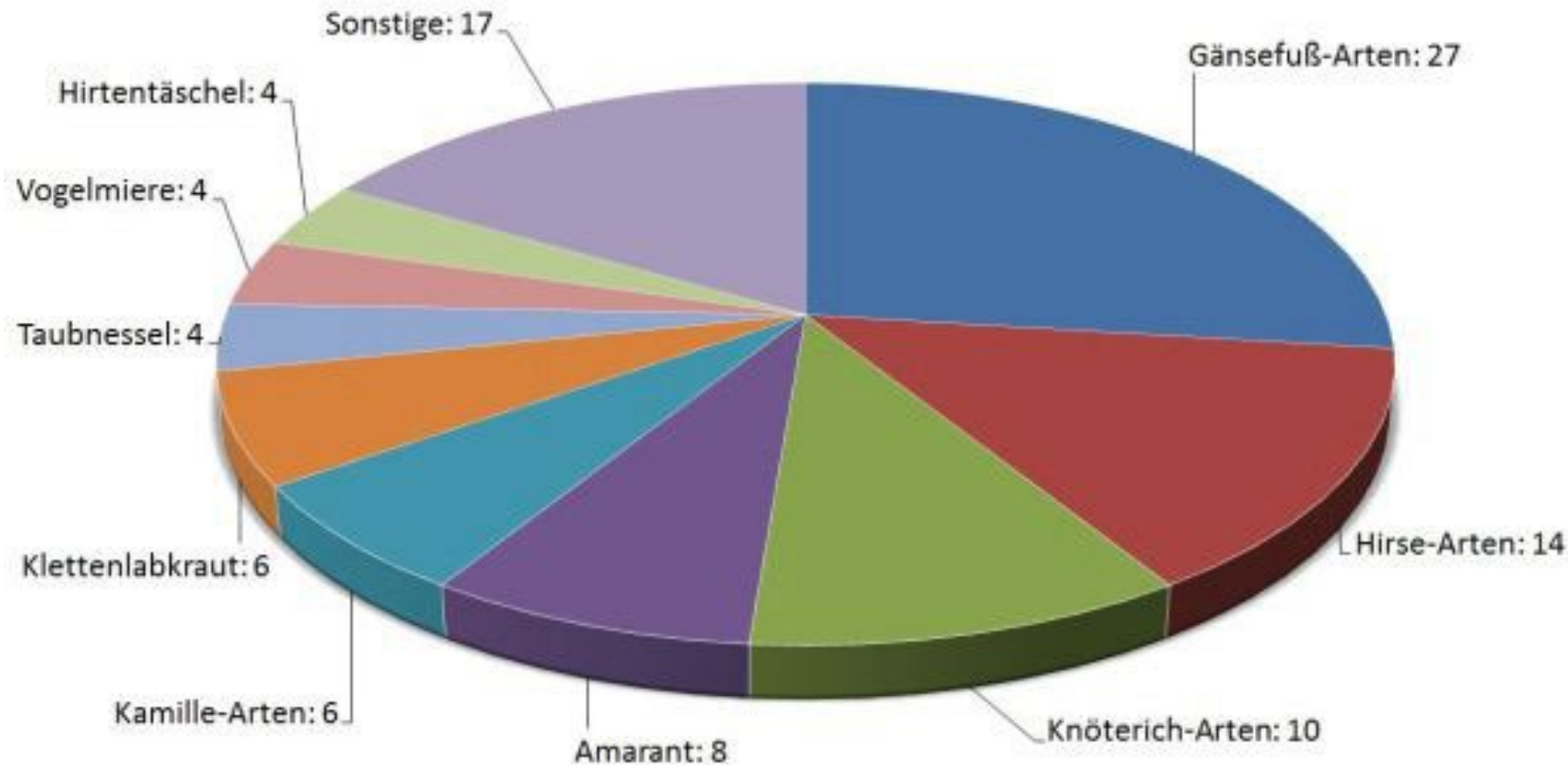
**Wichtigste Maßnahme ist die Unkrautbekämpfung !**

**Die Unkrautbekämpfung entscheidet über den  
Anbauerfolg!**

**...weil die Sojabohne eine langsame Jugendentwicklung  
hat...**

## Unkräuter in Sojabohnen

Anteil am Unkrautspektrum (%), 31 Feldversuche in Bayern und Baden-Württemberg, 2010 - 2013



## Temperatursumme nach der Saat und Auflauf verschiedener Unkräuter

70 bis 90° C	120 bis 150° C	200 bis 250° C
Kamille Raps Hederich Vogelmiere Ehrenpreis Rauke	Knöterich-Arten Hellerkraut Stiefmütterchen Klettenlabkraut Hundspetersilie Zweizahn	Sonnenblume Melde Weißer Gänsefuß Bingelkraut Amarant

# Acker-Winde

- Auf Standorten mit Acker-Windenbesatz wird von einem Sojaanbau abgeraten
- Keine Bekämpfung möglich



# Grundsätzliches

- Auswahl von „sauberen“ Flächen
- Rasche Keimung und gute Jugendentwicklung fördern
  - Geeignete Aussaatbedingungen und Saatgutqualität

# Mechanische Regulierung

- Wichtig: Trockene Bedingungen
- Saatbettbereitung
  - Mehrfach oberhalb des Saathorizontes
  - Bringt Begleitflora zum Auflaufen



# Mechanische Regulierung

- Wichtig: Trockene Bedingungen
- Striegeln
  - Bei gleichmäßiger Saattiefe und warmer Witterung 4 Tage nach Saat blindstriegeln → **Kontrollieren**
  - Wenn Pflanzen standfest (häufig nach 1. Laubblatt), kann weiter gestriegelt werden



# Mechanische Regulierung

- Wichtig: Trockene Bedingungen
- Hacken
  - Drei bis fünf Durchgänge
  - Bis Reihenschluss





# Mechanische Regulierung

pp Federolf





# Chemische Regulierung

- Fokus auf Voraufbau! → Weißer Gänsefuß
- Vorher Walzen um eine gute Bodenbedeckung zu erhalten
  - Walze würde sonst Herbizidfilm stören
- Auf optimale Saattiefe und gute Bedeckung des Saatgutes achten
- Im Voraufbau keine Wirkung gegen Distel, Winden und Ampfer!

Präparat	Wirkstoff in g/l oder g/kg	Anwendungs-zeitraum	Zugel. Aufw.menge in l/ha oder g/ha	Empfohlene Aufwandmenge in l/ha oder g/ha	Gewässer-abstand	Auflagen	Gräser/Hirse					Leitunkräuter						
							Ackerfuchs-schwanz	Windhalm	Flughäfer	Hirsearten	Amarant	Franzosenkraut	Gänsefuß Nachtschatt	Melde / Gänsefuß	Klettenlabkraut	Kamille	Knöterich	
Vorauslaufherbizide																		
Spectrum	Dimethenamid-P 720	Vorauslauf	0,8 - 1,4 l	0,6 - 0,8 l	**** (90%)	NT 101 NW 701 / 706	-	+	-	+++	+++	++(+)	++	+	-	++	-	
Spectrum Plus **	Dimethenamid-P 212,5	Vorauslauf	4,0 l	2,75 l	5 m (90%)	NT 112 NG 405 NW 706	+	++	-	+++	+++	++(+)	++(+)	++(+)	+(+)	++	+	
	Pendimethalin 250					NT 145/146/170												
Stomp Aqua **	Pendimethalin 455	Vorauslauf	2,6 l	1,5 l	5 m (90%)	NT 112 NT 145/146/170	+	++	-	+(+)	++(+)	++	++	+++	+(+)	+	+	
Quantum	Pethoxamid 600	Vorauslauf	2,0 l	1,5 - 2,0 l	**** (90%)	NT 101 NW 706 NG 405	+	++	-	++	++	++	++	++	+	++(+)	+	
Centium 36 CS Gamit 36 AMT	Clomazone 360	Vorauslauf, bis 5 Tage nach der Saat	0,25 l	0,20 - 0,25 l	****	NT 102 NT 127 NT 149	-	-	-	-	-	-	+	+	+++	-	++(+)	

Die Einstufung der Wirkungsgrade von Clearfield Clentiga und Harmony SX geht von einer Vorbehandlung aus. Eine alleinige Nachauflaufbehandlung ist in Soja nicht möglich! Die Unkräuter dürfen bei der Nachbehandlung mit Clearfield Clentiga und Harmony SX nicht wesentlich über das erste Laubblattstadium sein um eine gute Bekämpfung zu gewährleisten!

\*\* Stomp Aqua und Spectrum Plus: Schäden an Soja möglich, exakte Mindestsaatgutablage von 5 cm erforderlich

\*\*\* Harmony SX: keine Verwendung behandelter Pflanzen als Grünfütter

\*\*\*\*\* Länderspezifischer Mindestabstand und Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung muss beachtet werden

Präparat	Wirkstoff in g/l oder g/kg	Anwendung s-zeitraum	Zugel. Aufw.menge in l/ha oder g/ha	Empfohlen e Aufw. in l/ha oder g/ha	Gewässer -abstand	Gräser/Hirse					Leitunkräuter							
						weitere Schwam Auflagen	gfs- Äckerfu	et- Windha	ff- Lugha	Hirseart	secktraf Almalan	franzö- erhaften	Nachts- hirs	Gänsel- Weide/	Äckerauf- Weide	Kleienl	Kanille	Knöteri
Nachauflaufherbizide (Einstufung nur zur Nachbehandlung, Vorauflaufbehandlung muss erfolgt sein, alleinige Unkrautbekämpfung im Nachauflauf nicht möglich!)																		
Unkräuter																		
Clearfield Clentiga + Dash	Imazamox 12,5 Quinmerac 250	Nachauflauf	1,0 l + 1,0 l	1,0 l + 1,0 l	****	NT 108-1, NT 140 NG 343,354	+	+	+	+(+ )	++(+ )	++(+ )	++(+ )	++(+ )	++(+ )	++(+ )	++	++
Harmony SX***	Thifensulfuron 500	2 x im Splitting Nachauflauf bis BBCH 14 der Sojabohne	2 x 7,5 g	5,0 - 7,5 g	****	NT 101	-	-	-	-	++(+ )	++(+ )	+	+(+ )	+	++	+(+ )	
Ungräser																		
Agil S	Propaquizafop 100	Nachauflauf	0,8 l	0,5 - 0,8 l	****		++++	++++	++++	++++	-	-	-	-	-	-	-	-
Focus Ultra	Cycloxydim 100	Nachauflauf bis Blüten- anlagen sichtbar	2,5 - 5,0 l	1,5 - 2,5 l	****	NT 101/102	++++	++++	++++	++++	-	-	-	-	-	-	-	-
Targa Super	Quizalafop-P 46,3	anlagen sichtbar	1,5 - 2,5 l	1,0 - 1,5 l	****	NT 101/102	++++	++++	++++	++++	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusilade Max	Fluazifop-P- butyl 125		1,0 - 2,0 l	0,8 - 1,0 l	****	NT 101 / 103	++++	++++	++++	++++	-	-	-	-	-	-	-	-

Die Einstufung der Wirkungsgrade von Clearfield Clentiga und Harmony SX geht von einer Vorbehandlung aus. Eine alleinige Nachauflaufbehandlung ist in Soja nicht möglich!

# Ernte

# Ernte - Zeitpunkt

- Mitte September bis in den Oktober
- Blätter meist abgefallen
- Körner lose in der Hülse (klappern beim Schütteln)
- Kornfeuchte 14 - 20 %
- früher Drusch: Verschmutzung der Kornoberfläche geringer
- später Drusch: hohe Kornfeuchte durch hohe Luftfeuchte
  
- Anteil von Bruchkörnern und Hülsen gering halten
  - → Drehzahl der Dreschtrommel niedrig (400 - 600 U/min), Dreschkorb und Siebe entsprechend einstellen
- Gefahr von Besatz mit Mais, Erbsen etc.
  - → Sauberkeit bei Mähdrescher, Transport und Lager









## Lagerung

- lagerfähig ab 13 % Feuchte
- Langzeitlagerung: 9 %
- möglichst schonende Trocknung (unter 40° C)
- getoastete Sojabohnen bis 10 Monate lagerfähig

Erntegut so schnell wie möglich:

- reinigen
- kühlen (15° C)
- trocknen, um Toxinbildung zu unterbinden

	Weinbauregion >1800°C	Gäulagen >1600°C	Höhenlagen >1450°C
Grunddüngung	50 bis 200 kg K <sub>2</sub> O (je nach Vorfrucht und Boden) z.B. KSO <sub>4</sub>		
Bodenbearbeitung	tiefe intensive, ebene Oberfläche		
Sorte	0 bis 00	00 / 000	000
Impfung	Immer! Bei Erst- und Zweitanbau doppelt impfen flüssige Präparate i.d.R. besser (z.B. mit Rizoliq Top S)		
Ca-Düngung	VSE - 100 bis 400 kg CaO → z.B. Branntkalk		
Aussaat (ab 10°C BoTemp)	05-20.04.	15-30.04	25.04. bis 10.05.
Reihenweite	45 cm	45 cm	15 bis (45 cm)
Aussaatstärke	35 - 45 Kö/ha	40 – 50 Kö/ha	50 – 60 Kö/ha
Unkraut- bekämpfung	Mechanisch oder Chemisch VA + NA		
N-Düngung	wenn in EC 14-16 keine Knöllchen → in D nicht erlaubt		
Blattdüngung	pH > 7,0 → Fe, Zn, Mn, B, Co pH < 6,0 → Mo, B, Mn (lockere Böden), Zn (Humus < 1,5%)		
Ernte	Verluste reduzieren → Flex-Schneidwerk		

# Verwertung, Vermarktung

- Monogastrier:
  - Sojabohnen müssen getoastet werden (Tripsin-Inhibitor senkt Verdaulichkeit)
- Rinderfütterung:
  - Bis 1,5 kg/Tag Sojabohnen können „roh“ verfüttert werden (Im Pansen wird Eiweiß aufgeschlossen)
- Vertragsanbau von Soja für Tofuherstellung
  - (vorwiegend im ökologischen Landbau)
- Nachfrage nach GVO-freier, konventioneller Ware aus regionalem Anbau ist eine Chance

# Alternative Anbausysteme

- Direktsaat – Planting green
- Hohes Risiko
- Nur bei guter Wasserversorgung



2 Roggendurchwuchs ließ sich nicht immer vollständig vermeiden. | 3 Die Messerwalze soll die Halme zusätzlich knicken und somit den Assimilatfluss unterbrechen. | Fotos: Haak



# Relay cropping – aktuelle Ergebnisse aus Brandenburg



**Fig. 1.** Phases of soy-wheat relay intercropping. a) The established first crop, winter wheat, with empty rows for the second crop, b) soy seedlings in between wheat, c), fully ripe wheat with the growing soy, and d) wheat that has been harvested leaving the growing soy.

## Relay cropping – aktuelle Ergebnisse aus Brandenburg

- ...zu trocken für das System...



**Figure 1** Grain yields (86% DW) from each cropping treatment in the on-farm experiment. Yields are averaged over both experimental years.

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit**