IBLA
Institut fir Biologësch Landwirtschaft
an Agrarkultur Luxemburg a.s.b.l.
www.ibla.lu

EXKURS:
ERGEBNISSE ZUR MECHANISCHEN BEIKRAUTREGULIERUNG IM SOJAANBAU IN LUXEMBURG (PROJEKT LEGUTEC) UND WIRTSCHAFTLICHKEITSRECHNUNG

10. Leguminosentag in Luxemburg am 05.03.2021

Referenten: Dr. Stéphanie Zimmer, David Richard

LEGUTEC - PARTNER UND FINANZIERUNG

Projekt-koordination

IBLA
Institut fir Biologësch Landwirtschaft an Agrarkultur Luxemburg a.s.b.l.

Projektpartner

Lycée Technique Agricole

agri-distribution WOLFF-WEYLAND
L-8551 NOERDANGE - 00352 23637-200
www.wowey.eu - info@wowey.eu

GEOCOPTIX

Bio-Betrieb „An Dudel“ Emering, Sprinkange;
Bio-Betrieb Mehlen, Manternach,
Bio-Betrieb François, Hostert

Finanzierung

LE GOUVERNEMENT DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement rural

ŒUVRE Nationale de Secours Grande-Duchesse Charlotte

mit Unterstützung der König-Baudouin- Stiftung und der Nationalen Lotterie

Sponsoren

agri-distribution WOLFF-WEYLAND
L-8551 NOERDANGE - 00352 23637-200
www.wowey.eu - info@wowey.eu

PIET VAN LUIJK
Produits agricoles - Aliments bétails

MOTIVATION

- Soja (*Glycine max* (L.) Merr.)
  - **Proteingehalt** bis zu 40 % (36 % in unseren Breiten)
  - Hohe **biologische Wertigkeit** a.G. optimaler Aminosäurezusammensetzung (Lysin, Methionin)
  - eine der wichtigsten Proteinquellen in der Tierernährung
  - Vielzahl an **positiven Eigenschaften**: Erweiterung der Fruchtfolge, Erhöhung der Agrobiodiversität, Verbesserung der Bodenstruktur (ausgedehntes Wurzelsystem), Fähigkeit der N-Fixierung → Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, Einsparung von Stickstoffdünger
- **European Soja Declaration 2017**: Förderung regionalen Anbau von Soja und anderen Eiweißpflanzen
- **Abhängigkeit von Importen** ← Umwelt- und soziale Probleme

(Bernet et al., 2016; Beste et al., 2011)

MOTIVATION

- Sojabohne noch keine etablierte Kulturpflanze in LU
- Wissenslücken v.a. bei der mechanischen Beikrautbekämpfung (Zimmer et al., 2016)

→ bestmögliche mechanische Beikrautregulierungsmethode für den Sojaanbau

→ Anbauhemmnis überwinden und regional stabile und ausreichende Erträge im Sojaanabau zu gewährleistet

ZIELE IN LEGUTEC

i. Die **Effizienz** der unterschiedlichen mechanischen **Beikrautregulierungsmethoden** zu untersuchen um den Sojaertrag zu maximieren.

ii. Den Einfluss der Methoden auf **Beikraut-Gesellschaften** zu analysieren.

Material und Methoden

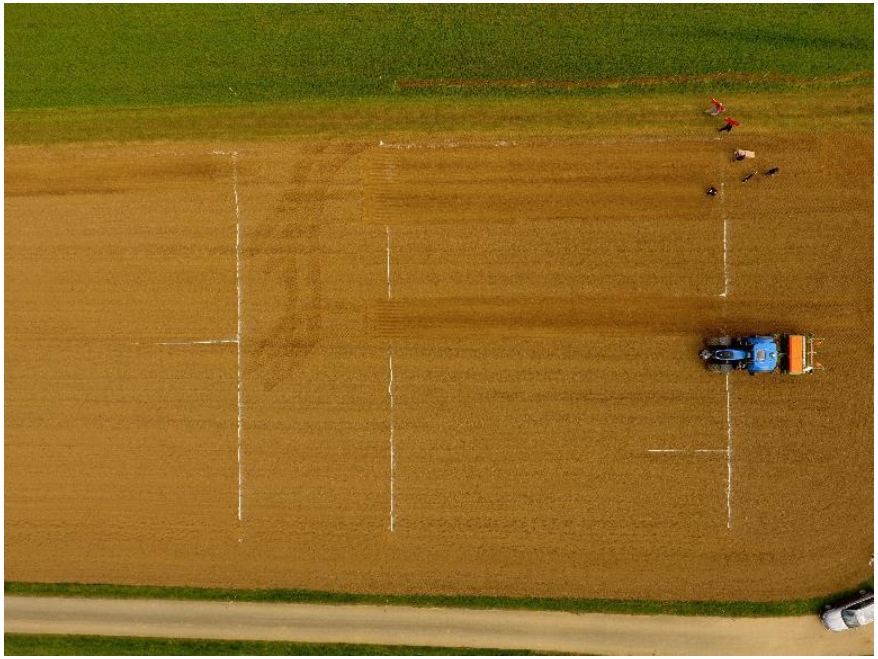


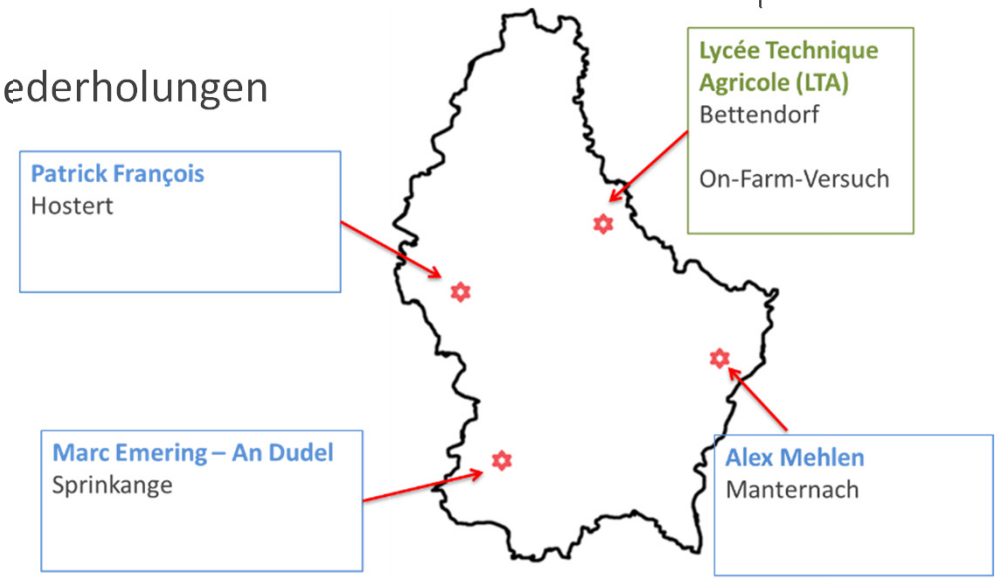
Foto: Serge Heuschling

EINGESETZTE GERÄTE

VERSUCHSDESIGN

- Exaktversuch auf 3 Versuchsstandorten in jeweils 2018 und 2019 auf Bio-Betrieben in Luxemburg (Manternach, Sprinkange, Hostert)
- randomisierte vollständige Blockanlage mit 4 Wiederholungen
- geprüfte Varianten:

$t.1_{neg}$	keine Beikrautregulierung
$t.2_{pos}$	manuelle Beikrautregulierung
$t.3_{Striegel}$	Striegel
$t.4_{Hacke}$	Hacken mit Gänsefußscharen
$t.5_{Hacke+}$	Hacken mit Gänsefußscharen und Fingerhacken
$t.6_{Komb}$	flexibles System, Kombination aus $t.3_{Striegel}$, $t.4_{Hacke}$, $t.5_{Hacke+}$
$t.7_{Mix}$	Mischfruchtanbau von Soja und Leindotter mit Striegel



MECHANISCHE REGULIERUNGSZEITPUNKTE

	2018	Manternach							Hostert							Sprinkange						
Zeitpunkt	Variante / Methode	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1. Termin	Blindstriegeln			x			x	x			x			x	x			x			x	x
2. Termin	Striegeln			x				x			x				x							x
	Gänsefußschare				x	x	x					x	x	x					x	x	x	
	Fingerhacken												x	x						x	x	

	2019	Manternach							Hostert							Sprinkange						
Zeitpunkt	Variante / Methode	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1. Termin	Blindstriegeln										x			x	x							
2. Termin	Striegel			x				x			x				x			x				x
	Rollstriegel																	x				x
	Gänsefussschare				x	x	x					x	x	x					x	x	x	
	Fingerhacke																					
3. Termin	Striegel			x							x							x				
	Gänsefussschare											x	x	x					x	x	x	
	Fingerhacke												x	x						x	x	

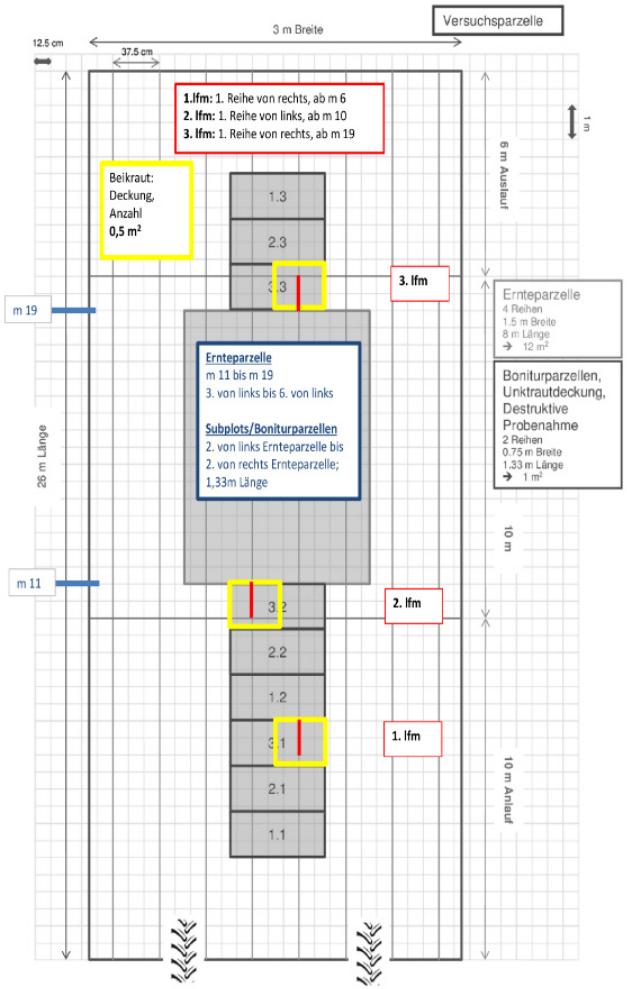
VERSUCHSDESIGN

1	2	3	4	5	6	7
negative Kontrolle	positive Kontrolle	Striegeln	Hacken zwischen Reihen	Hacken zwischen und in der Reihe	Kombination 3+5	Mischkultur Soja/Leindotter
3	3	6	3	3	6	6

Bild: Geocoptix GmbH

BONITUREN

Variante 4,5



- Bonituren zu vier Zeitpunkten (VOR, NACH, BLÜTE, ERNTE)
  - Soja-Pflanzenmerkmale, Pflanzenverluste, -schäden
  - Beikrautmerkmale und Beikrautarten
  - Ertragsparameter

Bild: Nikos Zompolas

BERECHNUNGEN (AUSZUG)

Effizienz der Beikrautregulierung:

$$WCE\ [\%] = \frac{(w_{BWC}\ -\ w_{AWC})}{w_{BWC}} * 100$$

where w_{BWC} is weed density (or cover) BWC and w_{AWC} is weed density (or cover) AWC. Both WCE, based on weed density ($WCE_{density}$) and based on weed cover (WCE_{cover}) is calculated.

Shannon index:

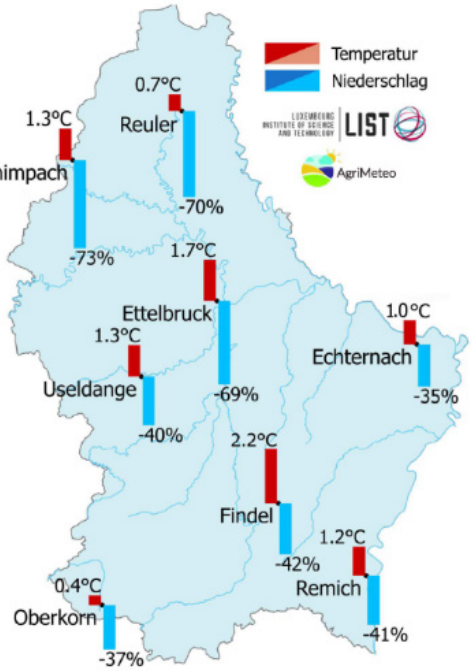
$$Shannon\ index(i) = -\sum_{i=1}^{S} pi\ \ln(pi)$$

where i is a weed species, S is the specific richness (total number of species), pi = ni /N where ni is the number of individuals of the species i and N is the total number of individuals.

STANDORTCHARAKTERISTIKEN

- Hoher Beikrautdruck auf Standort Hostert18 und Sprinkange19
- Manternach: geringsten Jahresniederschläge → trockener Standort
- Hostert19: sehr günstige Wachstumsbedingungen, aber Hagelereignis → Reifeverzögerung → während Ernte konstante Niederschläge
- Sprinkange: schwere, schlecht abtrocknende Böden

- **Wasserverfügbarkei**t als wichtigster limitierender Faktor: lange Trockenperioden und starker Wasserstress v.a. zur Blütezeit in beiden Versuchsjahren beeinflusste die Hülsenentwicklung negativ
- Trotzdem signifikante Unterschiede in Erträgen der verschiedenen Varianten



Anomalien der Luft-temperatur und des Niederschlages für den meteorologischen Sommer 2018 für verschiedene Orte in Luxemburg im Ver-gleich zur jeweiligen 10-jährigen Vergleichs-periode (2001 – 2010). Datenquelle: Rohdaten ASTA & MeteoLux.

LIST, 2018

RESULTATE IN LEGUTEC

i. Die **Effizienz** der unterschiedlichen mechanischen **Beikrautregulierungsmethoden** zu untersuchen um den Sojaertrag zu maximieren.

ii. Den Einfluss der Methoden auf **Beikraut-Gesellschaften** zu analysieren.

ERTRAG

Tabelle 7: Mittlerer Sojabohnenertrag [dt ha^{-1}] bei 86 % TM der verschiedenen Methoden für die drei Versuchsorte und die beiden Versuchsjahre. Die Mittelwerte, gefolgt von einem gemeinsamen Buchstaben innerhalb jeder Spalte, unterscheiden sich bei p<0,05 nicht signifikant nach dem Tukey-HSD-Test, oder dem Fisher-LSD-Test und der ANOVA p≤0.1 (*). Die Erträge für Hostert 2019 wurden anhand der Ertragsstruktur geschätzt (2019$_{est}$).

	Ertrag [dt ha^{-1}] 86 % TM					
	Manternach		Sprinkange		Hostert	
Variante	**2018**	**2019(*)**	**2018**	**2019**	**2018**	**2019$_{est}$**
t.1 neg	11,8 n.s.	8,1 bc	12,7 ab	5,4 c	6,7 b	7,8 b
t.2 pos	13,6	9,5 abc	16,2 a	-	15,1 a	14,6 ab
t.3 Striegel	13,8	7,2 c	10,3 b	7,5 bc	8,2 b	8,5 ab
t.4 Hacke	14,0	13,1 ab	13,9 ab	12,5 ab	10,1 ab	19,9 a
t.5 Hacke+	14,8	14,4 a	13,9 ab	12,5 ab	10,0 ab	17,8 ab
t.6 Kombi	13,9	12,6 abc	14,1 ab	14,5 a	10,4 ab	13,8 ab
t.7 Mix	12,8	7,8 bc	11,2 b	7,1 bc	7,5 b	7,2 b

→ sing. Unterschied Hacke vs. Striegel
→ kein Unterschied mit und ohne Fingerhacke
→ kein unterschied Striegel und negative Kontrolle
→ kein Unterschied Hacken und pos. Kontrolle

WCE_{COV}

*Tabelle 8: Mittlere Beikrautregulierungseffizienz (WCE) [%] basierend auf der Beikrautdeckung der verschiedenen Varianten der Versuchsstandorte in den beiden Versuchsjahren. Mittelwerte, auf die innerhalb jeder Spalte ein gemeinsamer Buchstabe folgt, unterscheiden sich nicht signifikant bei p≤0,05 gemäß Fisher-LSD-Test als post-hoc des Kruskal-Wallis-Test **.*

	WCE [%] der Deckung					
	Manternach		Sprinkange		Hostert	
Variante	**2018****	**2019****	**2018****	**2019****	**2018****	**2019****
t.1 neg	0,0 c	0,0 e	0,0 c	NA	0,0 c	0,0 d
t.2 pos	100,0 a	100,0 a	100,0 a		100,0 a	100,0 a
t.3 Striegel	83,3 ab	32,5 de	-		25,4 bc	15,0 d
t.4 Hacke	45,0 bc	70,8 b	70,6 b		43,4 b	77,0 ab
t.5 Hacke+	45,8 bc	69,3 bc	80,3 b		58,5 b	54,9 c
t.6 Kombi	71,2 ab	54,0 cd	80,7 b		55,3 b	57,4 bc
t.7 Mix	89,4 ab	28,7 de	17,9 c		23,9 bc	11,3 d

hohe signifikante Korrelation zwischen Breikrautdichte, -deckung und –biomasse (z. B. r = 0,98 mit *p* = 0,000 für Manternach18)

RESULTATE IN LEGUTEC

i. Die **Effizienz** der unterschiedlichen mechanischen **Beikrautregulierungsmethoden** zu untersuchen um den Sojaertrag zu maximieren.

ii. Den Einfluss der Methoden auf **Beikraut-Gesellschaften** zu analysieren.

ARTENVORKOMMEN

Beikrautarten botanische Name	Hostert 2018	Hostert 2019	Manternach 2018	Manternach 2019	Sprinkange 2018	Sprinkange 2019
ein- und zweijährige Zweikeimblättrige	**23**	**27**	**17**	**26**	**21**	**19**
Fuchsschwanz, Aufsteigender						✓
Amarant, Zurückgebogene				✓		
Gauchheil, Acker-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ochsenzunge, Gemeine		✓				
Melden						✓
Kreuzblütler spec.					✓	
Leindotter	✓		✓	✓		
Glokenblume,-Rapunzel		✓				
Hirtentäschel, Gewöhnliche	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kornblume **(VU)**	✓	✓				
Gänsefuss, Weiss-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Wolfsmilch, Zypressen-	✓	✓		✓		
Buchweizen, Echte	✓					
Erdrauch, Gemeiner	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hohlzahn, Gemeiner	✓	✓				
Labkraut, Klettten-					✓	✓
Storchschnabel, Schlitzblättriger		✓				
Storchschnabel, Rundblättriger **(R)**		✓		✓		
Soja	✓	✓	✓	✓		
Lattich, Kompass-					✓	✓
Taubnessel, Stängelumfassende	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rainkohl, Gemeiner		✓				
Vergissmeinicht, Acker-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mohn, Klatsch (NT)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Knöterich, Ampfer-	✓			✓	✓	✓
Phacelia				✓		
Knöterich, Vogel	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hederich				✓		
Greiskraut, Gewöhnliches-				✓		
Senf, Acker-	✓	✓		✓	✓	✓
Nachtschatten, Schwarzer				✓		
Vogelmiere, Gewöhnliche	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hellerkraut, Acker-	✓	✓	✓		✓	
Klee	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kamille, Geruchlose	✓	✓	✓	✓	✓	✓
unbekannt (nicht bestimt)	✓	✓	✓	✓	✓	
Feldsalat, Gewöntlicher		✓				
Ehrenpreis, Acker-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Wicken	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Stiefmütterchen, Acker-		✓		✓	✓	

Beikrautarten botanische Name	Hostert 2018	Hostert 2019	Manternach 2018	Manternach 2019	Sprinkange 2018	Sprinkange 2019
mehrjährige Zweikeimblättrige	**7**	**8**	**5**	**6**	**9**	**6**
Schnittlauch	✓					
Zaunwinde, Echte					✓	
Distel, Ackerkratz	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Distel, Kohl					✓	
Schachtelhalm, Acker-	✓					
Labkraut, Echtes					✓	
Wegerich, Breit	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Knöterich, Winden	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hahnenfuss, Kriechender		✓	✓	✓	✓	✓
Ampfer, Stumpfblättriger	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Gänsedistel, Acker-		✓		✓		✓
Löwenzahn, Gewöhnlicher	✓	✓			✓	
Brennnessel, Grosse		✓				
Einkeimblättrige	**3**	**2**	**4**	**2**	**2**	**1**
Hafer					✓	
Quecke, Gemeine	✓	✓	✓			
Weidelgras, Deutsches				✓		
Lieschgras, Wiesen-	✓		✓			
Rispe, Einjährige-			✓			
Süßgräser	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Summe	**33**	**37**	**26**	**34**	**32**	**26**

- **59 Beikraut Arten**
- 18 kamen **an allen Standorten** vor
- Nicht alle **zur gleichen Zeit** angetroffen

(NT): fast bedroht
(R): selten
(VU): gefährdet

PROBLEMATISCHE ARTEN

- **Problemunkräuter in Bezug auf die Abundanz**: Weißer Gänsefuß *(Chenopodium album),* Gemeine Quecke *(Elymus repens),* Ampfer-Knöterich *(Persicaria lapathifolia),* Winden-knöterich *(Polygonum convolvulus),* Geruchlose Kamille *(Tripleurospermum inodorum)* und Wicken *(Vicia spec).*

- **Ressourcenkonkurrenz** während der vegetativen Phasen und/oder **Beeinträchtigung** bei Ernte

Weißer Gänsefuß

Ampfer-Knöterich

Winden-knöterich

Geruchlose Kamille

Wicken

BEIKRAUT- DIVERSITÄT

Hostert	Shannon index							
	BWC		AWC		FLO		HAR	
Variante	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
t.1$_{neg}$	1.8 n.s.	1.3 n.s.	1.8 a	1.3 a	1.5 a	2.0 a	0.9 a	1.5 a
t.2$_{pos}$	1.8	1.6	0.0 c	0.0 b	0.0 b	0.0 d	0.0 b	0.0 b
t.3$_{étrille}$	1.7	1.5	1.3 ab	1.3 a	1.4 a	1.9 ab	0.9 a	1.1 a
t.4$_{bineuse}$	1.9	1.5	1.6 ab	0.8 ab	1.6 a	1.4 c	1.1 a	1.0 a
t.5$_{bineuse+}$	1.7	1.3	1.3 b	1.1 a	1.5 a	1.1 c	1.0 a	1.0 a
t.6$_{combi}$	1.9	1.4	1.6 ab	0.9 ab	1.6 a	0.8 cd	1.0 a	0.8 ab
t.7$_{assoc}$	1.7	1.0	1.5 ab	1.0 a	1.4 a	1.7 b	1.1 a	1.5 a

Manternach	Shannon index							
	BWC		AWC		FLO		HAR	
Variante	2018	2019	2018	2019	2018	2019^{+}	2018	2019
t.1$_{neg}$	1.3 n.s.	1.2 n.s.	1.3 a	1.2 ab	1.3 a	1.5 a	1.0 a	1.1 a
t.2$_{pos}$	1.2	1.4	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 d	0.0 b	0.0 b
t.3$_{étrille}$	1.0	1.2	0.1 b	1.2 ab	1.3 a	0.8 c	1.1 a	0.9 a
t.4$_{bineuse}$	1.0	1.5	0.2 b	0.9 ab	1.3 a	1.1 ab	1.0 a	1.1 a
t.5$_{bineuse+}$	1.3	1.4	0.2 b	0.7 b	1.3 a	0.5 c	1.0 a	0.7 a
t.6$_{combi}$	1.1	1.6	0.1 b	1.1 ab	1.3 a	0.9 bc	1.2 a	1.0 a
t.7$_{assoc}$	1.3	1.4	0.0 b	1.4 a	1.3 a	1.4 a	1.2 a	1.2 a

→ großer Unterschied Standort wenn einen Durchgang

→ sing. Unterschied Hacke vs. Striegel wenn zwei Durchgänge

→ kein unterschied Striegel vs. Hacke wenn zwei Durchgänge (nur in Manternach!)

DECKUNGSBEITRAGSRECHNUNG SOJA LUXEMBURG

Anbau-Ablauf (Berechnungsgrundlage für Variable Kosten basierend auf *MBR Lëtzebuerg und KTBL***)**

- Pflügen
- Bodenvorbereitung mit Kreiselegge (Falsches Saatbett): 2-mal
- Blindstriegeln
- Säen
- Hacken: 2-mal
- Ernten
- Grubbern
- Reinigen
- Trocknen

DECKUNGSBEITRAGSRECHNUNG SOJA LUXEMBURG

Schlaggröße	1	1	1	1	1
Ertrag nach Reinigung und Trocknung (dt/ha)	10	15	20	25	30
Leistungen					
Verkaufspreis Soja CURO (€/dt)[a]	**70,00**	**70,00**	**70,00**	**70,00**	**70,00**
Verkaufspreis Soja (€/ha)	700,00	1050,00	1400,00	1750,00	2100,00
N-Lieferung an nachfolgende Früchte (€/ha)[1,b]	69,92	104,88	139,84	174,80	209,80
Summe Leistungen (€/ha)	769,92	1.154,88	1.539,84	1.924,80	2.309,80
Variable Kosten					
Saatgut Merlin (€/ha)	280,00	280,00	280,00	280,00	280,00
Impfmittel (€/ha)	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
Variable Maschinenkosten (€/ha)[3,4]	512,54	512,54	512,54	512,54	512,54
Reinigungskosten Luxseeds (€/ha)	**100,00**	**150,00**	**200,00**	**250,00**	**300,00**
Trocknungskosten (€/ha)	27,40	41,10	54,80	68,50	82,20
Hagelversicherung (€/ha)[2]	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
Summe variable Kosten (€/ha)	953,39	1.017,09	1.080,79	1.144,49	1.208,19
Deckungsbeitrag (€/ha)	**-183,47**	**137,79**	**459,05**	**780,31**	**1.101,61**

Quelle: Zellinger, L. (2021). LfL[1], 2020; Esch[2], 2020; KTBL[3], 2020a, 2020b; MBR Lëtzebuerg[4], 2018, eigene Berechnung

Tabelle 1 Monetäre Stickstofflieferung für nachfolgende Früchte bei unterschiedlichen Ertragserwartungen

Ertrags-erwartung (dt/ha)	N-Lieferung (kg/ha)	N- Abfuhr (kg/ha)	N-Überschuss (kg/ha)	Reinnährstoff-kosten für N (€/kg)	Monetäre N-Lieferung an nachfolgende Früchte (€/ha)
10	60	44	16	4,37	69,32
15	90	66	24	4,37	104,88
20	120	88	32	4,37	139,84
25	150	110	40	4,37	174,80
30	180	132	48	4,37	209,80

Quelle: LfL, 2020

Markpreis EU-Bio-Soja (2015-2019): 82,52 € (Quelle: Lfl, 2021)

ZUSAMMENFASSUNG - FAZIT

- Mechanische Beikrautregulierung zeigte **hohe Wirksamkeit**: Hacke mit bestem Erfolg (Beikraut, Ertrag)
- **Wasserstress** als limitierender Faktor
- Schlüsselfaktor zur Maximierung des Sojabohnenertrags: rigorose **Feldbewirtschaftung** während der **gesamten Fruchtfolge**

- **Reges Interesse** der Landwirte am Sojaanbau (Feldbegehung, Anbau)
- Weitere Erfahrungen im **praktischen Sojaanbau** notwendig, Beratung essentiell, Klimaadaptation (Vegetationszyklus, Sortenwahl, alternative Anbaumethoden)
- **Fehlende Verarbeitungsinfrastruktur** hemmt weiterhin Anbau in LU
- **Anreize seitens Politik** erforderlich um nationale Sojaproduktion zu fördern und Eiweißautarkie zu erhöhen

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

IBLA – Institut fir biologësch Landwirtschaft an Agrarkultur Luxembourg a.s.b.l.
27, Op der Schanz | L-6225 Altier
Telefon: 26 15 23 – 84
sekretariat@ibla.lu