

ITADA

Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft



Abschlussbericht zum Projekt 05

Entwicklung praxistauglicher Strategien für den ökologischen Anbau von Eiweißpflanzen am Oberrhein

- Projektverantwortlicher:** Dr. Reinhold Vetter (IfuL), D-Müllheim
- Projektpartner:** Prof. Dr. Wilhelm Claupein - Projektleitung,
Dr. Dirk Kauter, Jens Poetsch (Univ. Hohenheim),
D-Stuttgart-Hohenheim
Dr. Thomas Hebeisen, Claudia Frick (agroscope FAL),
CH-Zürich-Reckenholz
Joseph Weissbart, Armelle Buisson (OPABA), F-Colmar
- Assoziiert:** Gabi Schwittek, Christa Siebert (LAP),
D-Rheinstetten-Forchheim
Dr. Peter Römer (SWS), D-Rastatt

Gefördert durch die EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG III Oberrhein Mitte-Süd

ITADA-Sekretariat: 2 Allée de Herrlisheim, F-68000 Colmar
Tel.: 0(033)389 22 95 50 Fax: 0(033)389 22 95 59 eMail: itada@wanadoo.fr <http://www.itada.org>

ITADA

**Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft**

Das Arbeitsprogramm III des ITADA unterstand der Trägerschaft des
Conseil Régional d'Alsace und wurde kofinanziert durch:

Europäischer Regionalentwicklungsfonds (INTERREG Programm III Oberrhein Mitte-Süd)
Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg
Conseil Régional d'Alsace
Agence de l'Eau Rhin Meuse
Landwirtschaftliche Berufsverbände des Elsass
Schweizer Eidgenossenschaft
Kantone Aargau, Basel-Landschaft und Basel-Stadt

Projekt 05

**Entwicklung praxistauglicher Strategien für den ökologischen Anbau
von Eiweißpflanzen am Oberrhein**

wurde durchgeführt von:

Projektverantwortlicher: Dr. Reinhold Vetter (IfuL)
Projektpartner: Prof. Dr. Wilhelm Claupein – Projektleitung,
Dr. Dirk Kauter, Jens Poetsch (Univ. Hohenheim)
Dr. Thomas Hebeisen, Claudia Frick (FAL)
Joseph Weissbart, Armelle Buisson (OPABA)
Assoziiert: Gabi Schwittek, Christa Siebert (LAP)
Dr. Peter Römer (SWS)

Institut für umweltgerechte Landwirtschaft, D-Müllheim (IfuL)
Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, D-Stuttgart-Hohenheim
Eidgen. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-Zürich-Reckenholz (FAL)
Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace, F-Colmar (OPABA)
Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim, D-Rheinstetten (LAP)
Südwestdeutsche Saatzucht Späth, D-Rastatt (SWS)

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 AUSGANGSSITUATION UND PROBLEMSTELLUNG	14
2 FRAGESTELLUNGEN UND ZIELSETZUNG	16
3 MATERIAL UND METHODEN	18
3.1 Befragungen und Erhebungen bei Praktikerbetrieben	18
3.1.1 Lupinenanbau in der Schweiz 2001/2002	18
3.1.2 Körnerleguminosenanbau in Deutschland 2003/2004	19
3.1.3 Gemengeanbau Getreide mit Körnerleguminosen im Elsass 2003	20
3.2 Merkmale der Versuchsstandorte	20
3.3 Feldversuche zur Ökologischen Unkrautregulierung	27
3.3.1 Sojabohne	27
3.3.2 Weiße und Schmalblättrige Lupine	40
3.4 Sortenversuche	45
3.4.1 Körnererbse	45
3.4.2 Weiße und Schmalblättrige Lupine	51
3.4.3 Tastversuche	60
3.5 Feldversuche mit Sommer- und Winterformen von Körnerleguminosen	61
3.5.1 Winterackerbohne	61
3.5.2 Wintererbse	67
3.5.3 Winterlupine	71
3.6 Versuche zur Bekämpfung der Lupinen-Anthraknose	80
3.6.1 Fungizidversuch in der Schweiz 2002	81
3.6.2 Feldversuche zu Saatgut- und Blattbehandlung	82
3.7 Stickstoffdynamik nach der Ernte von Körnerleguminosen	87
3.7.1 N-Rückstände im Stroh nach verschiedenen Kulturen	88
3.7.2 N _{min} -Dynamik im Boden	88
4 ERGEBNISSE UND DISKUSSION	92
4.1 Literaturlauswertung	92
4.1.1 Anbauverfahren	92
4.1.2 Bodenansprüche der Lupinenarten	98
4.1.3 Stickstoffdynamik nach Körnerleguminosenanbau	105
4.1.4 Futterwert	106
4.1.5 Wirtschaftlichkeit	110
4.2 Befragungen und Erhebungen bei Praktikerbetrieben	112
4.2.1 Lupinenanbau in der Schweiz 2001/2002	112
4.2.2 Körnerleguminosenanbau in Deutschland 2003/2004	114

4.2.3	Gemenge von Körnerleguminosen und Getreide im Elsass 2003	116
4.3	Feldversuche zur Ökologischen Unkrautregulierung	119
4.3.1	Sojabohne	119
4.3.2	Weiße und Schmalblättrige Lupine	143
4.3.3	Diskussion der ökologischen Unkrautregulierung	150
4.4	Sortenversuche	154
4.4.1	Körnererbse	154
4.4.2	Weiße und Schmalblättrige Lupine	159
4.4.3	Tastversuche	177
4.4.4	Diskussion der Sortenversuche	178
4.5	Feldversuche mit Sommer- und Winterformen von Körnerleguminosen	181
4.5.1	Winterackerbohne	181
4.5.2	Wintererbse	195
4.5.3	Winterlupine	211
4.5.4	Diskussion zum Anbau von Sommer- und Winterformen bei Körnerleguminosen	227
4.6	Versuche zur Bekämpfung der Lupinen-Anthraknose	231
4.6.1	Fungizidversuch in der Schweiz 2002	231
4.6.2	Feldversuche zu Saatgut- und Blattbehandlung	233
4.6.3	Diskussion der Lupinen-Anthraknose	240
4.7	Stickstoffdynamik nach der Ernte von Körnerleguminosen	243
4.7.1	N-Rückstände im Stroh nach verschiedenen Kulturen	244
4.7.2	N _{min} -Dynamik im Boden	244
4.7.3	Diskussion der N-Dynamik nach Körnerleguminosen	254
4.8	Gesamtdiskussion	255
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN	258
6	ZUSAMMENFASSUNG	261
7	ANHANG	263
7.1	Wetterdaten	263
7.1.1	Deutschland	263
7.1.2	Schweiz	265
7.1.3	Frankreich	266
7.2	Befragungen und Erhebungen bei Praktikerbetrieben	267
7.2.1	Erhebungsbogen Lupinenanbau in der Schweiz 2001/2002	267
7.2.2	Erhebungsbogen zu Betriebsdaten und Sojaanbau 2003	269
7.3	Feldversuche zur Ökologischen Unkrautregulierung	273
7.3.1	Sojabohne	273
7.3.2	Weiße und Schmalblättrige Lupine	280

7.4 Sortenversuche	284
7.4.1 Körnererbse	284
7.4.2 Weiße und Schmalblättrige Lupine	285
7.4.3 Tastversuche	285
7.5 Feldversuche mit Sommer- und Winterformen von Körnerleguminosen	286
7.5.1 Winterackerbohne	286
7.5.2 Wintererbse	290
7.5.3 Winterlupine	294
7.6 Versuche zur Bekämpfung der Lupinen-Anthraknose	296
7.6.1 Fungizidversuch in der Schweiz 2002	296
7.6.2 Feldversuche zu Saatgut- und Blattbehandlung	296
7.7 Stickstoffdynamik nach der Ernte von Körnerleguminosen	297
7.7.1 N-Rückstände im Stroh nach verschiedenen Kulturen	297
7.7.2 N _{min} -Dynamik im Boden	297
7.8 Literatur	300

Übersichtstabelle der Feldversuche nach Kulturen

Kultur	Thema	Fragestellung	Land/Jahr	Versuchsnr.	Seitenzahl		
					Methoden	Ergebnisse	Anhang
Ackerbohne	<i>Winterformen</i>	Sortenwahl, Saattermin	D 2004-05	01	61	181	286
		Sortenwahl	F 2004-05	02	63	186	287
Erbse	<i>Sortenversuche</i>	Sortenwahl	F 2002-03	03	45	154	284
	<i>Winterformen</i>	Sortenwahl, Saattermin	D 2004-05	04	67	195	290
		Sortenwahl	F 2004-05	05	69	200	291
Kichererbse	<i>Anbauwürdigkeit</i>	Tastversuche	D 2004-05	06	60	177	285
Gelbe Lupine	<i>Anbauwürdigkeit</i>	Tastversuche	CH 2003-04	07	61	177	285
Schmalblättrige Lupine	<i>Sortenversuche</i>	Sortenwahl	CH 2002-04	08	51	159	285
		Sortenwahl	D 2003	09	53	166	285
		Sortenwahl	F 2003	10	55	169	285
	<i>Unkrautkontrolle</i>	mechanisch, Sortenwahl	D 2003	11	40	143	280
Weiße Lupine	<i>Sortenversuche</i>	Sortenwahl	CH 2002-04	12	51	159	285
		Sortenwahl	D 2003	13	53	166	285
		Sortenwahl	F 2003	14	55	169	285
	<i>Unkrautkontrolle</i>	mechanisch, Anbauverfahren	D 2004-05	15	42	144	281
	<i>Winterformen</i>	Tastversuch	CH 2003	16	72	211	294
		Sortenwahl, Saattiefe, Saattiefe	CH 2004	17	72	211	294
		Sortenwahl, Saattermin	D 2004-05	18	73	214	295
Sortenwahl		F 2004-05	19	73	221	296	
S./W. Lupine	<i>Anthraknose</i>	Fungizidversuch	CH 2002	20	81	231	296
		Saatgut- /Blattbehandlung	CH 2002-04	21	82	233	296
		Saatgutbehandlung, Sortenwahl	D 2003	22	86	239	296
Sojabohne	<i>Unkrautkontrolle</i>	mechanisch, Sortenwahl	D 2003	23	27	119	273
		mechanisch, Anbauverfahren	D 2004-05	24	29	121	274
		mechanisch, thermisch	F 2003-04	25	33	129	278
		Einfluss d. Saattermines	F 2004	26	39	140	280
N-Dynamik		N in Strohrückständen	D 2003-05	27	88	244	297
		N _{min} nach versch. Kultu- ren	D 2003-05	28	88	244	297
		N _{min} nach Winter- u. Sommerformen	F 2004	29	89	249	297

Tab. 1:	Anbaufläche der Proteinpflanzen in Hektar in der Schweiz in den Jahren 1998 – 2003	18
Tab. 2:	Anzahl der für die Umfrage angefragten Landwirte pro Kanton sowie Fragebogen-Rücklaufquoten und die dadurch erfassten Lupinenflächen in Aren	19
Tab. 3:	Standorte der Feldversuche in der Schweiz	21
Tab. 4:	Standorte der Feldversuche in Deutschland	22
Tab. 5:	Standort des Sortenversuchs Erbse, F-Appenwihr 2002	23
Tab. 6:	Standorte der Sortenversuche mit Erbsen, F-Sausheim und F-Appenwihr 2003	23
Tab. 7:	Standorte der Sortenversuche mit Lupinen, F-Sausheim und F-Herbsheim 2003	24
Tab. 8:	Standort des Versuchs zur Unkrautregulierung in Soja, F-Holtzwihr 2003	25
Tab. 9:	Standorte der Versuche zur Unkrautregulierung in Soja, F-Holtzwihr und F-Appenwihr 2004	25
Tab. 10:	Versuchsstandorte für Lupinen, Ackerbohnen und Erbsen, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004	26
Tab. 11:	Versuchsstandorte Lupinen, Ackerbohnen und Erbsen, Elsass 2005	27
Tab. 12:	Varianten, Reihenweiten und Aussaatdichten im Soja-Unkrautversuch (D-Buggingen, 2003)	28
Tab. 13:	Varianten zur Unkrautregulierung in Soja, D-Heitersheim 2004 und D-Buggingen 2005	31
Tab. 14:	Miteinander verglichene Unkrautbekämpfungsverfahren	35
Tab. 15:	Geräte und Termine der Unkrautbekämpfung bei Soja in den verschiedenen Varianten, F-Holtzwihr 2004	38
Tab. 16:	Anbaumaßnahmen bei den beiden Saattermin-Varianten in Soja, F-Appenwihr 2004	40
Tab. 17:	Varianten, Reihenweiten und Aussaatdichten im Unkrautversuch mit Schmalblättriger Lupine (D-Buggingen, 2003)	41
Tab. 18:	Varianten zur Unkrautregulierung in Weißer Lupine, D-Heitersheim 2004 und 2005	43
Tab. 19:	Geprüfte Sommererbsensorten und Herkunft, F-Appenwihr und F-Sausheim 2003	47
Tab. 20:	Niederschläge und Beregnung in den Erbsen-Sortenversuchen, F-2004	47
Tab. 21:	Anbauverfahren in den Erbsen-Sortenversuchen, F-2004	48
Tab. 22:	Übersicht der Erhebungen in den Erbsen-Sortenversuchen, F-2004	50
Tab. 23:	In den Sortenversuchen 2002 bis 2004 geprüfte Sorten der weißen und schmalblättrigen Lupinen	52
Tab. 24:	Saat- und Erntetermine der Sortenvergleiche mit schmalblättrigen (LUB) und weißen (LUW) Lupinen in den Versuchsjahren 2002 bis 2004	53
Tab. 25:	Sorten, Saatkichten und Züchter im Lupinen-Sortenversuch (D-Buggingen, 2003)	54
Tab. 26:	Varianten im Lupine-Sortenversuch, F-Sausheim und F-Herbsheim 2003	56
Tab. 27:	Niederschläge und Beregnung in den Lupine-Sortenversuchen, F-2004	57
Tab. 28:	Anbauverfahren in den Lupine-Sortenversuchen, F-2004	57
Tab. 29:	Übersicht der Erhebungen in den Lupine-Sortenversuchen, F-2004	59
Tab. 30:	Varianten in den Winterackerbohnenversuchen (D-Heitersheim, 2004-05)	62

Tab. 31: In den verschiedenen Ackerbohnenformen an den Standorten F-Elsenheim und F-Sausheim 2004 durchgeführte Anbaumaßnahmen _____	64
Tab. 32: Bonituren in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Ackerbohnen, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004 _____	65
Tab. 33: Bewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von der Ackerbohnenform, F-Elsenheim 2005 _____	66
Tab. 34: Varianten in den Wintererbsenversuchen (D-Heitersheim, 2004-05) _____	67
Tab. 35: In den verschiedenen Erbsenformen an den Standorten F-Elsenheim und F-Sausheim 2004 durchgeführte Anbaumaßnahmen _____	70
Tab. 36: Bewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von der Kulturform, F-Elsenheim 2005 _____	71
Tab. 37: Charakteristika der im Winterlupinen-Versuch 2003/2004 an der FAL geprüften Sorten _____	72
Tab. 38: Die verschiedenen Verfahren des dreifaktoriellen Winterlupinen-Versuches 2003/2004 _____	73
Tab. 39: Varianten in den Winterlupinenversuchen (D-Heitersheim, 2004-2005) _____	74
Tab. 40: In den verschiedenen Lupinenformen an den Standorten F-Elsenheim und F-Sausheim 2004 durchgeführte Anbaumaßnahmen _____	77
Tab. 41: Bonituren in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Lupinen, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004 _____	78
Tab. 42: Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Lupinenversuchen F-Ensisheim und F-Elsenheim 2005 _____	80
Tab. 43: Varianten im Fungizidversuch 2002 in Dielsdorf _____	81
Tab. 44: Übersicht über die Anthraknoseversuche in den Jahren 2002 bis 2004 in der Schweiz _____	83
Tab. 45: Saatgut- und Blattbehandlungsverfahren der Anthraknoseversuchen in den drei Versuchsjahren 2002 bis 2004 mit weißen und schmalblättrigen Lupinen ____	84
Tab. 46: Pflegemaßnahmen und Eckdaten der Bestandesentwicklung der Anthraknoseversuche 2002 bis 2004 in der Schweiz _____	85
Tab. 47: Übersicht der beprobten Varianten zur N _{min} -Bestimmung im deutschen Projektgebiet _____	89
Tab. 48: Die wichtigsten Bodeneigenschaften und Bewirtschaftungsmaßnahmen nach der Ernte an den verschiedenen Beprobungsstellen (Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenversuche; F-Elsenheim und F-Sausheim 2004). _____	91
Tab. 49: Kältetoleranz verschiedener Winterleguminosen in Abhängigkeit von Organ und Entwicklungsstadium (CHAILLET I, Arvalis, aktualisiert am 02.12.03) _____	94
Tab. 50: Gehalte an Rohprotein, wichtigen Aminosäuren und Aminosäurenverhältnissen verschiedener Körnerleguminosen _____	108
Tab. 51: Deckungsbeitragsberechnung für verschiedene Körnerleguminosen im ökologischen Anbau am Oberrhein _____	110
Tab. 52: Die wichtigsten Merkmale der Körnerleguminosen-Getreide-Gemenge des Jahres 2003 im Elsass _____	116
Tab. 53: Ergebnisse im Versuch Unkrautregulierung Soja, D-Buggingen 2003 _____	120
Tab. 54: Ergebnisse im Versuch Unkrautregulierung Soja, D-Heitersheim 2004 _____	122
Tab. 55: Ergebnisse im Versuch Unkrautregulierung Soja, D-Buggingen 2005 _____	123
Tab. 56: Zeitliche Entwicklung der Sojabestände, D-Heitersheim 2004 und D-Buggingen 2005 _____	124

Tab. 57: Irrtumswahrscheinlichkeit für das Bestehen von Unterschieden in der mittleren Unkrautdichte zwischen zwei Wiederholungsblöcken _____	130
Tab. 58: Termine der wichtigsten Entwicklungsstadien von Soja in Abhängigkeit vom Aussattermin, F-Appenwihr 2004 _____	143
Tab. 59: Korn- und Eiweißertrag in Abhängigkeit vom Saattermin, F-Appenwihr 2004 ____	143
Tab. 60: Ergebnisse im Versuch Unkrautregulierung Weiße Lupine, D-Heitersheim 2004 _____	145
Tab. 61: Ergebnisse im Versuch Unkrautregulierung Weiße Lupine, D-Heitersheim 2005 _____	146
Tab. 62: Zeitliche Entwicklung der Bestände von Weißer Lupine, D-Heitersheim 2004 und 2005_____	147
Tab. 63: Übersicht der Sortenergebnisse Erbse, Sausheim/Appenwihr 2003 _____	159
Tab. 64: Boniturnoten der Lagerung der verschiedenen Sorten der schmalblättrigen und weißen Lupine an den verschiedenen Versuchsstandorten der Jahre 2002-2004 als Mittelwert der vier Wiederholungen _____	161
Tab. 65: Kornerträge der einzelnen Sorten in dt/ha (13% H ₂ O) an den verschiedenen Versuchsstandorten als Mittelwert aus 4 Wiederholungen Mittelwerte des Ertrages einer Art auf einem Standort mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant im t-Test auf dem 5%-Niveau) _____	164
Tab. 66: Proteingehalt in Prozent der Trockensubstanz der verschiedenen Sorten an den Versuchsstandorten_____	165
Tab. 67: Ergebnisse im Sortenversuch Weiße Lupine, D-Buggingen 2003 _____	167
Tab. 68: Ergebnisse im Sortenversuch Schmalblättrige Lupine, D-Buggingen 2003 ____	167
Tab. 69: Übersicht der Sortenergebnisse Schmalblättrige Lupine, Sausheim/Herbsheim 2003 _____	173
Tab. 70: Übersicht der Sortenergebnisse Weiße Lupine, Sausheim/Herbsheim 2003 __	176
Tab. 71: Ergebnisse im Versuch Winterackerbohne, D-Heitersheim 2004 _____	182
Tab. 72: Ergebnisse im Versuch Winterackerbohne, D-Heitersheim 2005 _____	183
Tab. 73: Korn- und Eiweißertrag nach Formen und Orten, F-Elsenheim und F-Sausheim-2004 _____	189
Tab. 74: Erträge an Korn und Eiweiß in Abhängigkeit vom Ackerbohmentyp, F-Elsenheim 2005 _____	194
Tab. 75: Ergebnisse im Versuch Wintererbse, D-Heitersheim 2004 _____	196
Tab. 76: Ergebnisse im Versuch Wintererbse, D-Heitersheim 2005 _____	197
Tab. 77: Ungefähre Anzahl grüner Erbsenläuse pro Pflanze in Abhängigkeit von Form und Ort, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004 _____	202
Tab. 78: Vergleich der TKM von Eiweißerbsen in Abhängigkeit von Sorte und Standort (in g bei 14 % Feuchte) _____	205
Tab. 79: Korn- und Eiweißerträge von Winter- und Sommererbsensorten, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004 _____	205
Tab. 80: Korn- und Eiweißerträge von Erbsensorten, F-Elsenheim 2005 _____	210
Tab. 81: Ausgezählte Pflanzendichten der einzelnen Verfahren zu verschiedenen Zeitpunkten als Mittelwert (MW) aus 4 Wiederholungen und Standardabweichung (kursiv)_____	213
Tab. 82: Pflanzendichte im Mai, Kornertrag, Tausendkorngewicht und Proteingehalt der einzelnen Sorten im Winterlupinenversuch am Reckenholz 2003/2004 _____	214
Tab. 83: Ergebnisse im Versuch Winterlupine, D-Heitersheim 2004 _____	215
Tab. 84: Ergebnisse im Versuch Winterlupine, D-Heitersheim 2005 _____	216

Tab. 85: Vergleich der Wuchshöhen (cm) beim Ende der Blüte der verschiedenen Lupinensorten, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004 _____	223
Tab. 86: Korn- und Eiweißerträge von Lupinen in Abhängigkeit von Sorte und Standort, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004 _____	225
Tab. 87: Mittelwert aus fünf Wiederholungen der Bonituren des Anthraknose-Befalls zu verschiedenen Zeitpunkten des Fungizidversuches in Dielsdorf 2002 _____	232
Tab. 88: Auszählungen der Hülsen als Mittelwert aus 10 Pflanzen pro Wiederholung (n=50) und Parzellenertrag als Mittelwert der 5 Wiederholungen bei den verschiedenen Verfahren sowie die statistische Auswertung * _____	233
Tab. 89: Durchschnittliche Bestandesdichte und früher Anthraknosebefall in Prozent der weißen Lupine in Reckenholz 2002 * _____	234
Tab. 90: Später Anthraknosebefall, Bestandesdichte und Hülsenertrag in Reckenholz 2002 * _____	235
Tab. 91: Pflanzendichte sowie Krankheits- und Lagerbonituren im Anthraknoseversuch mit weißen Lupinen als Mittelwert aus vier Wiederholungen * _____	238
Tab. 92: Erträge als Mittelwert aus vier Wiederholungen in dt/ha der verschiedenen Verfahren im Anthraknoseversuch 2004 mit schmalblättrigen Lupinen _____	239
Tab. 93: Zusammenfassung der Resultate des Saatgutbehandlungsversuches am Standort Reckenholz 2002 _____	241
Tab. 94: N-Rückstände und C:N-Verhältnisse im Stroh, Verhältnis der absoluten N-Mengen in Korn und Stroh _____	244
Tab. 95: Für den Vergleich der Versuchsjahre bedeutsame Wetterdaten im deutschen Projektgebiet _____	264
Tab. 96: Monatliche Durchschnittstemperatur und Niederschlagsmenge an den Versuchsstandorten der Sommer-Lupinen in der Schweiz _____	265
Tab. 97: Monatliche Durchschnittstemperatur und Niederschlagsmenge während der Vegetationsperiode der Winterlupinen in der Schweiz _____	265
Tab. 98: Terminübersicht der Feldarbeiten zur Unkrautregulierung in Soja, D-2003 _____	273
Tab. 99: Terminübersicht der Feldarbeiten zur Unkrautregulierung in Soja, D-2004 _____	274
Tab. 100: Terminübersicht der Feldarbeiten zur Unkrautregulierung in Soja, D-2005 _____	277
Tab. 101: Kalendarische Übersicht der Bewirtschaftungsmaßnahmen und Bonituren im Versuch Unkrautregulierung in Soja, F-Holtzwihr 2003 _____	279
Tab. 102: Terminübersicht der Feldarbeiten zur Unkrautregulierung in Schmalblättriger Lupine, D-2003 _____	280
Tab. 103: Terminübersicht der Feldarbeiten zur Unkrautregulierung in Weißer Lupine, D-2004 _____	282
Tab. 104: Terminübersicht der Feldarbeiten zur Unkrautregulierung in Weißer Lupine, D-2005 _____	283
Tab. 105: Ergebnisse im Sortenversuch Erbse, F-Appenwihr 2002 _____	284
Tab. 106: Terminübersicht der Feldarbeiten in Winterackerbohnen, D-2003/04 und 2004/05 _____	286
Tab. 107: Entwicklungsstadien der Ackerbohnen, F-Elsenheim 2005 _____	288
Tab. 108: Ergebnisse von Sommer- und Winterackerbohnen, F-Elsenheim 2005 _____	288
Tab. 109: Vergleich der Ertragskomponenten von Ackerbohnen nach Standort und Versuchsjahr _____	289
Tab. 110: Terminübersicht der Feldarbeiten in Wintererbsen, D-2003/04 und 2004/05 _____	291
Tab. 111: Entwicklungsstadien der Erbsen, F-Elsenheim 2005 _____	291
Tab. 112: Ergebnisse von Sommer- und Wintererbsen, F-Elsenheim 2005 _____	292

Tab. 113: Vergleich der Ertragskomponenten von Erbsen nach Standort und Versuchsjahr _____	293
Tab. 114: Terminübersicht der Feldarbeiten in Winterlupinen, D-2003/04 und 2004/05 ____	295

Abbildungsverzeichnis

Seite

Abb. 1: Ertrag von weißen Lupinen bei 13 % Feuchtigkeit auf Praxisfeldern der Kantone Basel, Bern, Aargau, Solothurn und Zürich in den Jahren 2001 und 2002 aufgetrennt nach Bio und ÖLN _____	112
Abb. 2: Anzahl Betriebe pro pH-Kategorie der Jahre 2001 und 2002 sowie die Mittelwerte der auf diesen Betrieben erzielten Erträge mit weißen Lupinen ohne Berücksichtigung der Totalausfälle _____	113
Abb. 3: Verteilung der Antworten zwischen Bio- und ÖLN-Betrieben sowie zwischen den angebauten Lupinenarten auf die Frage, ob nächstes Jahr wieder Lupinen angebaut würden _____	113
Abb. 4: Unkrautzählungen in Soja, D-Buggingen 2005 _____	128
Abb. 5: Korndruscherträge und oberirdischer Unkrautaufwuchs in Soja, D-Heitersheim 2004 und D-Buggingen 2005 _____	129
Abb. 6: Unkrautdichte am 28.05.03 in den verschiedenen Varianten _____	131
Abb. 7: Entwicklung der Unkrautdichte in der Reihe in Abhängigkeit von den Unkrautbekämpfungsvarianten _____	131
Abb. 8: Entwicklung der mittleren Unkrautdichte je m ² _____	132
Abb. 9: Anzahl Chenopodien je m ² in der Reihe in Abhängigkeit von den Bekämpfungsvarianten _____	133
Abb. 10: Verlauf der mittleren Chenopodiendichte in Abhängigkeit von den Bekämpfungsvarianten _____	134
Abb. 11: Entwicklung der mittleren Dichte von Amaranth in Abh. von den Bekämpfungsvarianten _____	134
Abb. 12: Art und Dichte der Unkräuter am 28.05.03 in den verschiedenen Varianten ____	135
Abb. 13: Bestandesdichte von Soja in den Unkrautbekämpfungsvarianten _____	137
Abb. 14: Ertrag von Soja in Abhängigkeit vom Verfahren der Unkrautbekämpfung _____	138
Abb. 15: Sehr ungleicher Feldaufgang im Sojaversuch (Anfang Juni 2004), F-Holtzwihr 2004 _____	139
Abb. 16: Entwicklung der Unkrautdichte in den Sojareihen in Abhängigkeit von der Unkrautbekämpfungsstrategie, F-Holtzwihr 2004 _____	140
Abb. 17: Niederschlag, Unkrautbekämpfungsmaßnahmen und Entwicklung der Unkrautdichte in der Soja-Reihe in Abhängigkeit vom Saattermin, F-Appenwihr 2004 _____	141
Abb. 18: Dichte der vorherrschenden Unkräuter in den Sojareihen in Abhängigkeit von Saat- und Zähltermin, F-Appenwihr 2004 _____	142
Abb. 19: Korndruscherträge und oberirdischer Unkrautaufwuchs in Weißer Lupine, D-Heitersheim 2004 u. 2005 _____	150
Abb. 20: Feldaufgang und Bestandeshöhe Ende Juni der Sommererbsensorten, F-Appenwihr 2002 _____	155
Abb. 21: Erträge Weißer und Schmalblättriger Lupinen im Sortenversuch D-Buggingen, 2003 _____	169
Abb. 22: Erträge von Winter- und Sommerackerbohnen, D-Heitersheim 2004 und 2005	185

Abb. 23: Entwicklung der Bestandesdichten von Winterackerbohnen in Abhängigkeit von Sorten und Versuchsstandorten, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004	187
Abb. 24: Erträge von Winter- und Sommerackerbohnen in Abhängigkeit von Sorte und Versuchsort, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004	189
Abb. 25: Tägliche Minimaltemperaturen in Schlettstadt während der Winter 2003/04 und 2004/05	190
Abb. 26: Mittlere Hülsenzahl pro Pflanze im vom Herbizid betroffenen und nicht betroffenen Bereich bei den beiden Sommerackerbohnsorten AURELIA und DIVINE, F-Elsenheim 2005	192
Abb. 27: Vergleich des Netto-Kornertrags zwischen Ackerbohnsorten, Standorten und Versuchsjahren im Elsass	193
Abb. 28: Vergleich der TKM zwischen Sorten, Standorten und Versuchsjahren im Elsass.	193
Abb. 29: Niederschläge und Beregnung für die Sommerackerbohnen in Elsenheim zwischen 1. März und 31. Juli in den Jahren 2004 und 2005	194
Abb. 30: Erträge von Winter- und Sommererbsen, D-Heitersheim 2004 und 2005	200
Abb. 31: Entwicklung der Bestandesdichte von Wintererbsen in Abhängigkeit von Sorte und Standort, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004	201
Abb. 32: Vergleich der Dichten bei Winter- und Sommererbsen in F-Elsenheim 2004	203
Abb. 33: Vergleich der Dichten von Winter- und Sommererbsen am Standort F-Sausheim 2004	203
Abb. 34: Vergleich der Kornerträge von Winter- und Sommererbsen in Abhängigkeit von Sorte und Standort, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004	204
Abb. 35: Saatstärke und Bestandesdichte im Frühjahr von Winter- und Sommererbsen, F-Elsenheim 2005	207
Abb. 36: Vergleich von Bestandesdichte und Kornertrag der Erbsensorten, F-Elsenheim 2005	208
Abb. 37: Vergleich der Netto-Kornerträge zwischen Erbsensorten, Standorten und Versuchsjahren im Elsass	208
Abb. 38: Vergleich der Kornzahl pro Pflanzen zwischen Erbsensorten, Standort und Jahr	209
Abb. 39: Vergleich der Tausendkornmasse (g) zwischen Sorten, Standorten und Versuchsjahren im Elsass	209
Abb. 40: Niederschläge und Beregnung zu Sommererbsen in Elsenheim in den Monaten März bis Juli der Jahre 2004 und 2005	210
Abb. 41: Erträge von Winter- und Sommerlupinen, D-Heitersheim 2004 und 2005	220
Abb. 42: Entwicklung der Bestandesdichte von Winterlupinen in Abhängigkeit von Sorte und Ort, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004	221
Abb. 43: Vergleich der Saat- bzw. Bestandesdichte von Winter- und Sommerlupinen, F-Elsenheim 2004	223
Abb. 44: Vergleich der Saat- bzw. Bestandesdichte von Winter- und Sommerlupinen, F-Sausheim 2004	223
Abb. 45: Vergleich der Erträge von Winter- und Sommerlupinen in Abhängigkeit von Sorte und Standort, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004	224
Abb. 46: Entwicklung des Anteils an Winterlupinenpflanzen in Bezug auf die Aussaatmenge in F-Elsenheim 2005	226
Abb. 47: Entwicklung des Anteils von Winterlupinenpflanzen in Bezug auf die Aussaat (im Bereich mit den geringsten Wildschäden), F-Elsenheim 2005	226

Abb. 48: Feldaufgang der Weißen Lupine Sorten in Abhängigkeit von der Saatgutbehandlung (D-Buggingen 2003)	239
Abb. 49: N_{\min} nach Sojaernte in Abhängigkeit von Sorte und Messpunkt, D-Buggingen 2003	245
Abb. 50: N_{\min} -Entwicklung nach Ernte verschiedener Körnerleguminosen, D-Heitersheim 2004/2005	245
Abb. 51: N_{\min} nach Ernte verschiedener Körnerleguminosen, D-Heitersheim/Buggingen 2005	245
Abb. 52: Entwicklung des Bodenwassergehaltes, D-Heitersheim 2004/2005	247
Abb. 53: Entwicklung des prozentualen Anteils von Ammonium-Stickstoff am mineralischen Gesamt-Stickstoff, D-Heitersheim 2004/2005	248
Abb. 54: Bodennitratgehalte bei der Ernte, vor und nach dem Winter in Abhängigkeit von Pflanzenart und Standort (F-Elsenheim und F-Sausheim 2004)	250
Abb. 55: Bodennitratgehalte am Standort Elsenheim in Abhängigkeit von Pflanzenart, Bodenhorizont und Beprobungstermin	250
Abb. 56: Bodennitratgehalte nach Erbsen in Abhängigkeit von Sorte, Standort und Beprobungstermin	251
Abb. 57: Bodennitratgehalte nach der Ernte, zu Beginn und Ende des Winters sowie Stickstoffverluste über Winter in Abhängigkeit von Standort und Pflanzenart.	252
Abb. 58: Verteilung der Winterniederschläge (vom 01.10.04 bis 31.03.05) in Marckolsheim	252
Abb. 59: Zunahme des Bodennitratgehalts zwischen Ernte und Ende des Winters in Abhängigkeit von Standort und Pflanzenart	253
Abb. 60: Allgemeine Wetterdaten 2003-2005 im deutschen Projektgebiet	263
Abb. 61: Höchsttemperaturen in der Vegetationsperiode, Elsass 2004/2005	266
Abb. 62: Parzellenplan Unkrautregulierung in Soja, D-2003	273
Abb. 63: Parzellenplan Unkrautregulierung Soja, D-Heitersheim 2004	274
Abb. 64: Parzellenplan Unkrautregulierung Soja, D-Buggingen 2005	276
Abb. 65: Parzellenplan Unkrautregulierung in Soja, F-Holtzwihr 2003	278
Abb. 66: Parzellenplan Unkrautregulierung in Schmalblättriger Lupine, D-2003	280
Abb. 67: Parzellenplan Unkrautregulierung Weiße Lupine, D-Heitersheim 2004	281
Abb. 68: Parzellenplan Unkrautregulierung Weiße Lupine, D-Heitersheim 2005	283
Abb. 69: Parzellenplan Sortenversuch Erbse, F-Appenwihr 2002	284
Abb. 70: Schematischer Parzellenplan Lupine-Sorten/Anthraknose-Versuch (D-Buggingen, 2003)	285
Abb. 71: Parzellenpläne Winterackerbohnen D-2003/04 und 2004/05	286
Abb. 72: Parzellenplan der Versuche Winterackerbohne und Wintererbse, F-Elsenheim 2005	287
Abb. 73: Parzellenpläne Wintererbsen D-2003/04 und 2004/05	290
Abb. 74: Parzellenpläne Winterlupinen D-2003/04 und 2004/05	295

Projektstruktur

Projektverantwortlicher

Dr. Reinhold Vetter
Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung (IfuL)
Auf der Breite 7
D-79379 Müllheim
Tel. 0(049)7631/3684-0

Projektpartner

Prof. Dr. Wilhelm Claupein – Projektleitung
Dr. Dirk Kauter, Jens Poetsch; Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und
Grünland (340), D-70593 Stuttgart
Joseph Weissbart, Armelle Buisson; Organisation Professionnelle de l'Agriculture
Biologique en Alsace (OPABA), F-68000 Colmar
Dr. Thomas Hebeisen, Claudia Frick; Eidgen. Forschungsanstalt für Agrarökologie und
Landbau (agroscope-FAL), CH-8046 Zürich-Reckenholz

Assoziiert

Dr. Peter Römer, Südwestdeutsche Saatzucht, D-76437 Rastatt
Gabi Schwittek, Christa Siebert, Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim, D-76287
Rheinstetten

Mitarbeit

K. Hansmann, K. Heitz, K.-H. Gebhardt (Versuchstechnik IfuL); H. Hunziker (Versuchs-
technik FAL); Naturlandbetriebe K. Ehrler und F. Ruesch (Deutschland); Bio-Landwirte
J.J. Bolchert, J.M. Frieh, M. Stegle, F. Tritsch (Elsass)

Autoren

Armelle Buisson (F)
Claudia Frick (CH)
Jens Poetsch (D) – Koordination des Abschlussberichtes

Projektkoordination und Übersetzungen

H. Clinkspoor, J. Recknagel (ITADA, F-Colmar)

Projektlaufzeit

01.03.2003 bis 28.02.2006

1 Ausgangssituation und Problemstellung

Der Selbstversorgungsgrad mit pflanzlichem Protein für die Tierfütterung lag sowohl in der EU-15 (2002/03) als auch in der EU-25 (2003/04) bei nur 23% bzw. 24%. Das Defizit wurde fast vollständig durch Soja-Importe gedeckt (AEP, 2005). Vor dem Hintergrund der ab 2005 festgeschriebenen ausschließlichen Verwendung ökologisch erzeugter Futtermittel in der ökol. Tierhaltung nach EU-Richtlinie muss mit einem wachsenden Protein-Defizit auf dem Markt für biologisch erzeugte Futtermittel gerechnet werden, dem vor allem durch eine Ausweitung des ökologischen Anbaus von Körnerleguminosen begegnet werden kann. Für die steigende Zahl viehloser Betriebe im ökologischen Landbau bieten Körnerleguminosen aufgrund ihres Marktwertes zudem eine wirtschaftlich attraktive Stickstoffquelle. Neben der Sojabohne zeichnen sich auch die Lupinenarten durch eine hohe biologische Wertigkeit des Eiweißes und Rohproteingehalte von bis zu 40% im Korn aus. Etablierte Körnerleguminosen, wie Erbse und Ackerbohne, können aufgrund hoher Gesamterträge vergleichbare Rohprotein-Erträge liefern, besitzen jedoch ein niedrigeres Protein-Energie-Verhältnis. Einer Ausweitung des Anbaus stehen Bedenken hinsichtlich der Ertragssicherheit, besonders bei Lupinen, entgegen. Der Lupinenanbau hat in der Schweiz keine Tradition und konzentriert sich in Deutschland auf Erfahrungen in Ostdeutschland.

Die Region Oberrhein im Dreiländereck Deutschland (badisches Rheintal) / Frankreich (Elsass) / Schweiz (Basler Umgebung) ist charakterisiert durch sehr warme Sommer (Durchschnittstemperaturen Juni bis August je nach Höhenlage bis zu 20°C), von West nach Ost zunehmende Jahresniederschlagsmengen (Nord u. West: 550-700 mm, zum Schwarzwald hin bis 1100 mm) und relative Sommertrockenheit (warme Sommermonate häufig unter 80 mm Niederschlag). Die Bodenverhältnisse wechseln sehr stark von Sand (teilweise mit Kies) über Schwemmlandböden (teilweise Lehm oder Ton) bis zu Lößböden (MLR, 2001). Teilweise, besonders in der Schweiz, liegen die Boden-pH-Werte deutlich über 7,0.

Im deutschen Oberrheintal werden aufgrund der klimatischen Lage und der günstigen Absatzmöglichkeiten für die Tofuproduktion überwiegend Sojabohnen als ökologische Körnerleguminose angebaut. Im Elsass nimmt der Anbau von Öko-Soja ebenfalls zu, während in der Schweiz aufgrund der kühleren Witterung besonders Lupinen interessant für einen zukünftigen Anbau sind.

Im Rahmen der EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd (1999-2001) wurden Sojabohnen und Lupinen hinsichtlich ökologischer Anbaustrategien in der Region, ihrer Wertigkeit für die Human- und Tierernährung sowie ihres Marktpotenzials untersucht. Darüber hinaus wurden nicht-chemische Verfahren für die Bekämpfung der samenbürtigen Lupinen-Anthraknose getestet, und die Nitratdynamik nach dem Anbau von Soja und Lupinen unter dem Aspekt des Grundwasserschutzes untersucht. Es wurde festgestellt, dass in der Region ein weiterhin steigender Bedarf nach ökologisch erzeugten Körnerleguminosen besteht, und dass von einer Gefährdung des Grundwassers bisher nicht ausgegangen werden könne, da beispielsweise bei Sojabohnen fast der gesamte symbiontisch gebundene Stickstoff mit dem Erntegut abgefahren wird. Ferner wurden Erkenntnisse über ökologische Anbaustrategien von Körnerleguminosen in der Region Oberrhein gewonnen, insbesondere bezüglich der Unkrautkontrolle im ökologischen Anbau, der Sortenwahl bei Soja und der Wirksamkeit von Verfahren zur Lupinensaatgutbehandlung gegen die Anthraknose.

Trotz der vorliegenden Ergebnisse bestehen nach wie vor offene Fragen zu den folgenden Punkten:

- nicht-chemische Unkrautregulierung (besonders unter dem Aspekt der Spätverunkrautung)
- Wahl standortangepasster Sorten (besonders bei der Lupine)
- Optimierung der Wassernutzungseffizienz in der sommertrockenen Oberrheinregion
- ökologische Anbaustrategien für andere Körnerleguminosen (außer Soja und Lupine) in der Region Oberrhein, besonders mit Blick auf eine abwechslungsreiche Fruchtfolge
- praxistaugliche und hinreichend wirksame Methoden der nicht-chemischen Anthraknosebekämpfung bei der Lupine
- allgemeine Ertrags(un)sicherheit von Körnerleguminosen im ökologischen Anbau.

2 Fragestellungen und Zielsetzung

Mit Blick auf die offenen Probleme wurden im Rahmen der Projektphase 2003-2005 folgende Fragestellungen bearbeitet:

- Optimierung und Entwicklung von Strategien für das ökologische Unkrautmanagement in Körnerleguminosen unter Anwendung von klassischen Verfahren (Striegeln und Hacken), Spezialgeräten (Kress Fingerhacke, Yetter Rotorhacke), nicht-mechanischen Verfahren (thermische Unkrautbekämpfung, Untersaaten) sowie Variation anbautechnischer Parameter (Reihenweite, Saattermin)
- Identifizierung von für die Region geeigneten Sorten mit besonderer Berücksichtigung der Standortansprüche der Lupine (pH-Verträglichkeit)
- Tastversuch zur Anbauwürdigkeit der Kichererbse in der Oberrheinregion
- Untersuchung der Anbauwürdigkeit von Winterformen der Weißen Lupine, Erbse und Ackerbohne im Oberrheingebiet anhand von Sortenvergleichen (mehrere Winter- und Sommerformen) und Anbaustrategien (Saattermin, Saatlücke, Saattiefe)
- Möglichkeiten der Bekämpfung der Lupinen-Anthraknose im Ökolandbau mit Schwerpunkt auf der Saatgutbehandlung
- weitere Untersuchungen zu den Stickstoff-Rückständen nach Körnerleguminosen.

Zusätzlich wurden Ergebnisse von in Frankreich und der Schweiz zwischen den Projektphasen II und III (im Versuchsjahr 2002) durchgeführten Versuchen in den vorliegenden Bericht einbezogen.

Die im Rahmen des Projektes durchgeführten Feldversuche wurden durch Laboruntersuchungen bei den Projektpartnern ergänzt. Praxiserhebungen lieferten Kenntnisse über übliche Verfahren und häufige Probleme der Landwirte. Eine Auswertung der aktuellen Literatur unterstützt die Einordnung der Ergebnisse und ergänzt diese um weitere Informationen.

Durch die grenzüberschreitende Zusammenarbeit unterschiedlich zwischen Wissenschaft und Praxis positionierter Projektpartner aus Deutschland, Frankreich und der Schweiz wurde ein gewinnbringender Transfer verschiedener Ansätze und so ein effizientes, praxisnahes Erreichen der folgenden Ziele angestrebt:

- Entwicklung praxistauglicher Richtlinien und Empfehlungen für den Anbau von Sojabohnen, Süßlupinen und ggf. anderer Körnerleguminosen, insbesondere von Winterformen, in der Region Oberrhein
- Entwicklung von wirksamen Strategien zur ökologischen Unkrautregulierung in Körnerleguminosen mit Schwerpunkt auf der Sojabohne
- Schaffung der anbautechnischen Grundlagen für eine Einführung von Winterformen der Körnerleguminosen in die Fruchtfolge ökologisch wirtschaftender Betriebe im von Sommerungen geprägten Oberrheingebiet
- Entwicklung von Maßnahmen zur Prävention bzw. Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen im ökologischen Anbau von Körnerleguminosen, insbesondere der Lupinen-Anthraknose

- Schaffung der anbautechnischen Grundlagen für eine Ausweitung des ökologischen Anbaus von Eiweißpflanzen zur Reduzierung des regionalen Anbaudefizits aufgrund höherer Ertragssicherheit und Wirtschaftlichkeit
- Lieferung von Daten zur Abschätzung der Grundwassergefährdung durch Nitrat-Auswaschung nach dem Anbau von Körnerleguminosen.

3 Material und Methoden

Einzelheiten, wie Fragebögen zu den Praxiserhebungen oder Parzellenpläne und detaillierte Maßnahmenprotokolle zu den Feldversuchen, sind im Anhang aufgeführt.

3.1 Befragungen und Erhebungen bei Praktikerbetrieben

3.1.1 Lupinenanbau in der Schweiz 2001/2002

In der Schweiz werden seit dem Jahr 2000 flächengestützte Direktzahlungen von 1'500 sFr. pro Hektare für Lupinen, Eiweißerbsen, Ackerbohnen und Soja ausgezahlt. Die Lupinenflächen sind im Vergleich zu den übrigen Eiweißkulturen nach wie vor gering, wie die untenstehende Tab. 1 zeigt:

Tab. 1: Anbaufläche der Proteinpflanzen in Hektar in der Schweiz in den Jahren 1998 – 2003

Jahr	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Eiweißerbsen [ha]	2468	2680	2581	2919	3989	4989
Ackerbohnen [ha]	398	270	275	300	308	311
Lupinen [ha]	-	-	36	51	79	101

Quelle: www.swissgranum.ch

Um die wichtigsten Praxisprobleme zu erkennen und um die weitere Entwicklung des Lupinenanbaus in der Schweiz abschätzen zu können, wurde Ende 2002 eine schriftliche Umfrage im Schweizer Mittelland mittels Fragebogen durchgeführt. Der Fragebogen findet sich im Anhang C.

Es wurden 67 Landwirte angeschrieben, die in den Jahren 2001 oder 2002 Lupinen angebaut haben. Die Adressen wurden von den Landwirtschaftsämtern der Kantone Zürich, Basel, Bern, Aargau, Solothurn und Fribourg (deutschsprachig) bezogen. Die Landwirte wurden zur Sortenwahl, der Anbautechnik, zu Krankheiten, zum Unkrautauftreten, zur Ertragsleistung und dem Verwendungszweck der Lupinenernte befragt. Zudem sollten sie angeben, ob sie das nächste Jahr wieder Lupinen anbauen würden.

Der Rücklauf war mit beinahe 50% für eine schriftliche Befragung sehr hoch. Von den in der Schweiz für die Jahre 2001 und 2002 angemeldeten Lupinenflächen wurden dadurch ungefähr 50% der Fläche mit den Fragebogen erfasst.

Die Verteilung der angeschriebenen Landwirte sowie der Rücklauf der Fragebogen ist aus der Tab. 2 ersichtlich.

Tab. 2: Anzahl der für die Umfrage angefragten Landwirte pro Kanton sowie Fragebogen-Rücklaufquoten und die dadurch erfassten Lupinenflächen in Aren

	2001		2002		2001 und 2002
	# angeschriebene Landwirte / Rücklauf	Total Lupinen Fläche / Fläche Rücklauf in Aren	# angeschriebene Landwirte / Rücklauf	Total Lupinen Fläche / Fläche Rücklauf in Aren	# angeschriebene Landwirte / Rücklauf
Basel	1 / 0	45 / 0	3 / 1	178 / 50	3 / 1
Bern	14 / 8	1045 / 715	13 / 8	894 / 568	25 / 16
Aargau	9 / 3	670 / 274	2 / 1	100 / 20	10 / 3
Fribourg	1 / 0	25 / 0	0	0	1 / 0
Solothurn	4 / 0	450 / 0	1 / 0	122 / 0	5 / 0
Zürich	10 / 2	? / 180	16 / 10	1415 / 840	23 / 12
Total	39 / 13	? / 1169	35 / 20	2709 / 1478	67 / 32

3.1.2 Körnerleguminosenanbau in Deutschland 2003/2004

2003

Um vergleichbare Informationen von ökologisch wirtschaftenden Praxisbetrieben im deutschen Oberrheingebiet zum Anbau von Körnerleguminosen zu erhalten, wurde ein einheitliches Befragungsprotokoll (s. Anhang) erstellt, nach dem Angaben zu folgenden Punkten erhoben wurden:

- Betrieb: Haupt-/Nebenerwerb, Flächenaufteilung, Hauptbetriebszweige
- Standort: Lage, Klima, Böden (Wasserhaushalt, Nährstoffversorgung)
- Fruchtfolge, Düngung
- Anbau der einzelnen Kulturen: Bodenbearbeitung, Aussaat, Sorten, Unkrautbekämpfung, Bewässerung
- Beobachtungen in den Kulturen: Feldaufgang, Bestandesschluss, Lager, Verunkrautung, Krankheiten, Schädlinge
- Ertrag, Verwertung der Ernte
- Eigene Einschätzung zu Problemfeldern, Zufriedenheit mit dem Anbau.

Es wurden ca. zweistündige persönliche Befragungen mit anschließender Schlagbesichtigung bei neun Landwirten in der Region durchgeführt.

Auf sechs der befragten Betriebe wurden zusätzlich kurz vor der Ernte (August und September) Felderhebungen durchgeführt, um den Erfolg unterschiedlicher Anbaustrategien bewerten zu können. Dabei wurden folgende Parameter erhoben:

- Bestandesdichte (Zählstrecken von 1m Länge)
- Verunkrautung nach Arten, unterteilt nach „in der Reihe“ (auf einer Breite von 10 cm um die Säspur) und „zwischen der Reihe“ (Zwischenraum ab 5 cm Entfernung von der Säspur)
- mittlere Bestandeshöhe
- Unkrautdeckungsgrad (prozentual mit 0,25 m²-Schätzrahmen)

- Kulturpflanzendeckungsgrad (prozentual mit 0,25 m²-Schätzrahmen).

2004

Die Praxiserhebung 2004 war inhaltlich ähnlich gelagert wie im Vorjahr und sollte auf dem Postweg erfolgen, weshalb an sieben Landwirte Fragebögen (s. Anhang) mit Rückumschlag versendet wurden. Aufgrund des Rücklaufes von nur einem Bogen trotz Nachfragen wurde die Erhebung ersatzweise in Form telefonischer Interviews durchgeführt.

Auswertung

Die Auswertung der Erhebungen erfolgt deskriptiv, wobei einerseits Praxiswissen in Form von Konsens bei einzelnen Fragen und andererseits offene Probleme aufgezeigt werden sollen.

3.1.3 Gemengeanbau Getreide mit Körnerleguminosen im Elsass 2003

Ziele

Im Wirtschaftsjahr 2002/03 wurde eine Erhebung zwecks **Bestandsaufnahme** des Gemengeanbaus im Elsass und Identifizierung der **wichtigsten Vor- und Nachteile** sowie der wichtigsten technischen Hemmnisse für dessen Ausdehnung durchgeführt.

Methodik

Die Betriebe mit Anbau von derartigen Gemengen wurden über die Mitgliederkartei der OPABA in Verbindung mit einer telefonischen Befragung ermittelt. Anschließend wurden bei einem Teil der Betriebe anlässlich zweier Besuche, davon einer im Frühjahr (Nach der Aussaat) und einer im Herbst (nach der Ernte), weitergehende Informationen gesammelt.

Die Befragung erstreckte sich auf die Merkmale des oder der angebauten Gemenge(s), die Anbautechnik, die Stellung des Gemenges in der Fruchtfolge, die Rahmenbedingungen (Art des Betriebs, Standortverhältnisse, ...), die technischen und ökonomischen Ergebnisse, die Verwertung des geernteten Gemenges sowie die Erfahrungen des Landwirts mit Gemengen.

Stichprobenumfang

Befragt wurden 8 von 19 ermittelten Betrieben mit insgesamt 88,5 ha Anbau von Getreide-Körnerleguminosen-Gemengen, davon 1 Betrieb je Gemengetyp. Diese Zahl entspricht nicht dem Anteil der Betriebe mit einem bestimmten Gemengetyp, gestattet jedoch einen Überblick über die Vielfalt der existierenden Situationen.

3.2 Merkmale der Versuchsstandorte

Grundsätzlich sind die Standorte im deutschen Oberrheingebiet und im Elsass als warm und sommertrocken anzusprechen, während die Schweizer Standorte aufgrund der Höhenlage etwas kühler und niederschlagsreicher sind. Im Folgenden sind die wesentlichen Standortigenschaften für die durchgeführten Feldversuche auf Schlagebene dargestellt. Von den dargestellten Mittelwerten abweichende Besonderheiten sind ggf. bei den entsprechenden Versuchen aufgeführt.

Beim Vergleich von Boden-pH-Werten muss berücksichtigt werden, dass die Ergebnisse einer pH-Messung nach der H₂O-Methode (Frankreich) im Allgemeinen um 0,3 - 0,7 Einheiten höher liegen als nach der CaCl₂-Methode (Deutschland) (HOFFMANN, 1991).

Tab. 3: Standorte der Feldversuche in der Schweiz

Jahr	Ort	m.ü.M	pH-Wert ¹	pH-Wert ²	Kalk %	P ₂ O ₅ -Versorgung (CO ₂) ³	K ₂ O-Versorgung (CO ₂) ³	Mg-Versorgung (CO ₂) ³	Bodenart	Lupinen-Art
2002	Möhlin	308	6,5	7	0,2	Vorrat	genügend	genügend	sandiger Lehm	weiße / smbl.
2002	Wil	415	6	6,5	0	Vorrat	genügend	genügend	Lehmbo-den	weiße / smbl.
2002	Thun	560	k.A.	k.A.	k.A.	mäßig	arm	Vorrat	sandiger Lehm	smbl.
2002	Chan-gins	425	7,3	8,1	5,2	-	-	-	Lehmbo-den	weiße / smbl.
2003	Möhlin	308	7	7,7	0,4	Vorrat	genügend	genügend	sandiger Lehm	weiße / smbl.
2003	Katzen-rüti	450	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	smbl.
2004	Möhlin	308	6,9	7,4	0,2	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	smbl.
2004	Wil	415	5,2	5,9	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	smbl.
2004	Adlikon	433	7,4	7,9	4,4	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	weiße / smbl.

k.A. = keine Angaben

¹ CaCl₂-Methode

² H₂O-Methode

³ nach WALTHER U., MENZI H., RYSER J.P., FLISCH R., JEANGROS B., KESSLER W., MAILLARD A., SIEGENTHALER A.F. UND P.A. VUIOLLOU.1994. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. Agrarforschung 1 (7)

Tab. 4: Standorte der Feldversuche in Deutschland

Versuchsjahr	2003		2004	2005	
Betrieb ¹	Ruesch, Buggingen	Ruesch, Buggingen	Ehrler, Heitersheim	Ehrler, Heitersheim	Ruesch, Buggingen
Schlag ¹	Pearl-Acker	unterm Berg	Im Boden	Schwarzer Kirschbaum	Bienenmatt
Versuche	Sortenversuch Lupine	Unkraut Soja/Lupine	Winterleguminosen Unkraut Soja/Lupine Kichererbse	Winterleguminosen Unkraut Lupine Kichererbse	Unkraut Soja
Bodenart	sandiger Lehm, hoher Kiesanteil	schluffiger Lehm	lehmiger Schluff	toniger Lehm	schluffiger Lehm
pH ²	7,2	7,3	6,6	6,1	7,5
P ₂ O ₅ (mg/100g) ³	19 (C)	34 (D)	7 (B)	4 (A)	8 (B)
K ₂ O (mg/100g) ³	27 (D)	29 (D)	10 (B)	14 (B)	8 (B)
Mg (mg/100g) ³	12 (C)	7 (B)	14 (D)	24 (E)	16 (D)
Humus (%)	1,7	1,9	k.A.	k.A.	k.A.
Beregnung	ja	nein	ja	ja	nein
Fruchtfolge					
2001	Soja	Erbse, Senf	Soja	Dinkel	Triticale
2002	Soja	Ackerbohne, Senf	Dinkel, SZF	Hafer/Gerste/ Erbse, Wickroggen	Ackerbohne
2003	<i>Versuch</i>	<i>Versuch</i>	W'Weizen, SZF	Soja	Weizen
2004			<i>Versuch</i>	S'Weizen, SZF mit Roggen	Sonnenblume
2005				<i>Versuch</i>	<i>Versuch</i>
Grundbodenbearbeitung vor Versuch	Winterfurche	Herbstfurche, Winterfurche nach Senf	Schälfurche nach Weizen, Herbstfurche nach SZF	Schälfurche nach Weizen, Herbstfurche nach SZF	Herbstfurche

k.A. = keine Angabe

SZF = Sommerzwischenfrucht (Alexandrinert- u. Perserklee, Sommerwicke, Weidelgras)

1 beide Betriebe wirtschaften ökologisch (Naturland), alle Versuchsfelder lagen auf ca. 220 m ü.NN

2 nach CaCl₂-Methode

3 in Deutschland übliche Gehaltsklassen:

A/B = starker/mäßiger Mangel C = optimale Versorgung D/E = mäßige/starke Überversorgung

Tab. 5: Standort des Sortenversuchs Erbse, F-Appenwahr 2002

Versuchsstandort	Appenwahr (68)
Bodentyp	SL
Ton (%)	21
Schluff (%)	24
Sand (%)	52
Steingehalt (%)	stark kiesig
Organische Substanz (%)	2,3
pH (Wasser)	7,9
Beginn der Umstellung auf Öko	1974
Vor-Vorfrucht	Winterweizen
Vorfrucht	Mais / Futterrüben

Tab. 6: Standorte der Sortenversuche mit Erbsen, F-Sausheim und F-Appenwahr 2003

	Sausheim	Appenwahr
Umstellung	seit 2001	seit 1983
Bodentyp	tonig sandiger Lehm	stark sandiger Ton
% Ton	23,7	23,5
% Schluff	53,5	23,7
% Sand	19,3	48,7
Steingehalt	vernachlässigbar	hoch
% organische Substanz	3,3	2,4
CaCO ₃ (%)	0,3	1,1
Freier Kalk (%)	0	
P ₂ O ₅ (mg/kg)	< 10	180
K ₂ O (mg/kg)	190	360
MgO (mg/kg)	290	260
CaO (mg/kg)	4560	7710
pH (in Wasser)	6,5	7,8

Sausheim

Vorfrüchte	Kultur	Beregnung	Düngung	Ertrag (dt/ha)
1998-1999	Mais	ja		100
1999-2000	Mais	nein	20 t/ha Mist	100
2000-2001	Mais	nein	200 kg N/ha	100
2001-2002	Mais (danach Gründüngung)	nein		84

Appenwahr

Vorfrüchte	Kultur	Beregnung	Düngung	Ertrag (dt/ha)
1998-1999	Lupine	Ja		18
1999-2000	Wintergerste		Mist	32
2000-2001	Soja	ja		25
2001-2002	Winterweizen (+ Gründüngung)			37

Tab. 7: Standorte der Sortenversuche mit Lupinen, F-Sausheim und F-Herbsheim 2003

	Sausheim	Herbsheim
Umstellung	<i>seit 2001</i>	<i>seit 1983</i>
Bodentyp	tonig sandiger Lehm	
% Ton	23,7	21,3
% Schluff	53,5	33,1
% Sand	19,3	42,4
Steingehalt	vernachlässigbar	hoch
% organische Substanz	3,3	3,2
CaCO ₃ (%)	0,3	0,42
Freier Kalk (%)	0	0
P ₂ O ₅ (mg/kg)	< 10	493
K ₂ O (mg/kg)	190	563
MgO (mg/kg)	290	361
CaO (mg/kg)	4560	4091
pH (in Wasser)	6,5	7,4

<u>Sausheim</u>				
Vorfrüchte	Kultur	Beregnung	Düngung	Ertrag (dt/ha)
1998-1999	<i>Mais</i>	<i>ja</i>		100
1999-2000	<i>Mais</i>	<i>nein</i>	<i>20 t/ha Mist</i>	100
2000-2001	<i>Mais</i>	<i>nein</i>	<i>200 kg N/ha</i>	100
2001-2002	<i>Mais</i> <i>(danach Senf-Gründüngung)</i>	<i>nein</i>		84

<u>Herbsheim</u>				
Vorfrüchte	Kultur	Beregnung	Düngung	Ertrag (dt/ha)
1998-1999	<i>Lauch</i>	<i>ja</i>	<i>20 t/ha Kompost</i>	250
1999-2000	<i>Ackerbohne</i>	<i>ja</i>	<i>20 t/ha Kompost</i>	35
2000-2001	<i>Sellerie</i>	<i>ja</i>	<i>20 t/ha Kompost</i>	200
2001-2002	<i>Wechselweizen</i> <i>(+ Senf-Gründüngung)</i>	<i>nein</i>	<i>20 t/ha Kompost</i>	40

Die Untersuchungen ergaben auf beiden Standorten, dass kein freier Kalk vorliegt. In Herbsheim lag der pH-Wert jedoch im alkalischen Bereich. Außerdem sind in Herbsheim die Gehalte an Gesamtkarbonat, an Sand und an Steinen höher als in Sausheim.

Tab. 8: Standort des Versuchs zur Unkrautregulierung in Soja, F-Holtzwihr 2003

% Ton	44,3
% Schluff	45,0
% Sand	5,1
Steingehalt	vernachlässigbar
% organische Substanz	4,3
pH (in Wasser)	7,2

Vorfrüchte	Kultur	Düngung	Ertrag (dt/ha)
1998-1999	So-Ackerbohne		35
1999-2000	Winterweizen (Phacelia-Zwischenfrucht)	300 kg Guano 200 kg Federmehl	45
2000-2001	Körnermais	15 t/ha Kompost + Zuckerrübenmelasse-Vinasse	75
2001-2002	Körnermais	15 t/ha Kompost + Zuckerrübenmelasse-Vinasse	75

Bodenuntersuchung 1999

Tab. 9: Standorte der Versuche zur Unkrautregulierung in Soja, F-Holtzwihr und F-Appenwihr 2004

Versuchsstandort	Holtzwihr	Appenwihr
Bodenart	lehmiger Ton	stark sandiger Ton
Ton (%)	28	21
Schluff (%)	56	24
Sand (%)	11	52
Steingehalt (%)	Null	viele Steine
Organische Substanz (%)	2,2	2,3
pH (in Wasser)	6,6	7,9
Umstellungsbeginn auf Öko-Landbau	1998	1974
Vor-Vorfrucht	Körnermais	Soja
Vorfrucht	Wechselweizen danach Gründüngung	Weizen danach Gründüngung (Senf)
Bodenbearbeitung vor Versuchsbeginn	Scheibenegge + Pflug (15 cm) + Kreiselegge + Walze	Pflug (20/12) + 2 Arbeitsgänge Federzahnegge ('Blindsaat')

Wegen der unterschiedlichen Bodenansprüche der verschiedenen Leguminosenarten (sehr speziell bei Lupinen), wurden die Vergleichsversuche mit Winter- und Sommerformen im Elsass auf verschiedenen Standorten durchgeführt. Die Merkmale der verschiedenen Versuchspartellen sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst:

Tab. 10: Versuchsstandorte für Lupinen, Ackerbohnen und Erbsen, F-Eisenheim und F-Sausheim 2004

Standort	Eisenheim			Sausheim		
	Lupine	Ackerbohne	Erbsen	Lupine	Ackerbohne	Erbsen
Bodenart	Ton	lehmiger Ton		toniger Lehm	sandig lehmiger Ton	tonig sandiger Lehm
% Ton	45,0	32,0		24,1	28,0	20,7
% Schluff	30,0	44,1		59,9	49,4	40,2
% Sand	14,5	14,3		11,5	18,0	34,8
Steingehalt	0	kleine Steine	unbedeutend	0	0	unbedeutend
Organ. Subst. (%)	4,06	12,1		2,09	1,89	2,11
pH (Wasser)	8,21	8,0		6,2	6,1	7,6
CaCO ₃ total (%)	1,6	19,4		0	0	0
CaCO ₃ aktiv (%)	0	-		0	-	-
P ₂ O ₅ (g/kg)	0,128 (JH*)	0,10 (Methode JH*)		0,66 (Meth. D*)	0,50 (Meth. D*)	0,26 (JH*)
K ₂ O (g/kg)	0,323	0,17		0,52	0,44	
Umstellungsbeginn auf Ökolandbau	2001			2000		
Vorfrucht	Weizen	Silomais	Körner- oder Silomais (?)	Wintergerste	Sommerweizen 2003 und Hafer im Oktober 2004	Wintergerste
übliche Bodenbearbeitung	Grubber + Pflug + Kreisel- oder Federzahnegge			Scheiben- (Sept.) + Federzahnegge (=> pfluglos)		
Beregnung	Ja			Nein		

Für die Untersuchung auf pflanzenverfügbaren Phosphor:

JH = Methode Jorêt-Hébert (Referenzniveau = 0,16)

D = Methode Dyer (Referenzniveau = 0,25)

- = unbekannt, da nicht untersucht.

Die Ackerbohnen- und Erbsenversuche 2005 wurden, wie 2004, in der Gemeinde Eisenheim angelegt, allerdings auf einer ganz anderen Fläche (kiesiger, flachgründiger und humusärmer). Der Lupinenversuch in Eisenheim wurde 2005 auf der Nachbarparzelle des Versuchs von 2004 mit recht ähnlichen Eigenschaften angelegt.

Tab. 11: Versuchsstandorte Lupinen, Ackerbohnen und Erbsen, Elsass 2005

Gemeinde	Ensisheim	Elsenheim	
Versuche	Lupine	Lupine	Ackerbohne - Erbse
Naturraum		kalkhaltiges schwarzes Ried	kiesiges braunes Ried
Bodentyp	sL	sIT	stL
% Ton	-	33,1	23,2
% Schluff	-	34,2	30,5
% Sand	-	24,7	39,5
Steingehalt	0	sehr gering	sehr kiesig
% Org. Subst.	1,7	5,4	3,9
pH (Wasser)	5,9	8,1	8,0
CaCO ₃ total (%)	ND	7	9,9
CaCO ₃ aktiv (%)	ND	3,3*	3,3
P ₂ O ₅ (g/kg)	0,49 (D)	0,17 (JH)	0,59 (JH)
K ₂ O (g/kg)	0,42	4,3	20,0
Beginn der Umstellung Öko	2000	2001	
übliche Bodenbearbeitung	Scheiben+Federzahnegge	Grubber + Pflug + Kreiselegge od. Federzahnegge	
Beregnung	Nein	Ja	

Analyse des pflanzenverfügb. Phosphats, JH = Methode Jorêt-Hébert (Referenzniveau = 0,16),

D = Methode Dyer (Referenzniveau = 0,25)

* Der Versuch wurde dort angelegt, wo es beim Beträufeln des Bodens mit Säure nicht aufbraust.

3.3 Feldversuche zur Ökologischen Unkrautregulierung

Die erfolgreiche nicht-chemische Unkrautregulierung ist ein wichtiger Ertragsfaktor im ökologischen Anbau von Körnerleguminosen. Dabei bestehen Wechselwirkungen zwischen Standraumausnutzung und Konkurrenzkraft des Bestandes (Pflanzendichte, Reihenweite, Saattermin, Jugendentwicklung) einerseits und Durchführbarkeit, Zeitpunkt und Wirkung direkter Maßnahmen (Hacken, Striegeln, thermische Bekämpfung) andererseits. Von besonderer Bedeutung ist die nicht direkt bekämpfbare Spätverunkrautung in Körnerleguminosen.

Versuche zur Unkrautregulierung wurden in Soja und Lupinen durchgeführt. Bei den Versuchen mit Erbse und Ackerbohne (Kap. 3.5) wurden zudem unterschiedliche Strategien bei den Projektpartnern angewandt.

3.3.1 Sojabohne

Die Sojabohne ist die derzeit im ökologischen Anbau im Oberrheingebiet bedeutendste Körnerleguminose. Der Arbeitsaufwand für die Unkrautregulierung ist meist sehr hoch, während sich eine starke Restverunkrautung, häufig in der Reihe, beim Drusch qualitätsmindernd auswirkt. Hier besteht Optimierungsbedarf.

3.3.1.1 Mechanische Unkrautregulierung und Sortenwahl (D-Buggingen, 2003)

Um die Effekte von Hacke und Striegel in Beständen von Soja (*Glycine max*) festzustellen, wurde im Versuchsjahr 2003 ein Tastversuch mit vier Varianten und zwei Sorten unterschiedlicher Konkurrenzkraft durchgeführt.

Versuchsanlage

Der Versuch wurde auf einem Praxisschlag in der Projektregion (Buggingen) durchgeführt (s. Tab. 4). Bei den Varianten ohne Hacke wurden engere Reihenabstände und eine erhöhte Saatkichte angewandt, um das Potenzial höherer Konkurrenzskraft dieser Varianten durch früheren Reihenschluss auszuschöpfen. Die Saatkichte der Variante "Praxis" wurde von der von den übrigen Varianten abweichenden Sätechnik (Einzelkorn) bestimmt. Eine Übersicht der Varianten mit Reihenweiten und Saatkichten zeigt Tab. 12.

Tab. 12: Varianten, Reihenweiten und Aussaatdichten im Soja-Unkrautversuch (D-Buggingen, 2003)

Unkrautregulierung	Sorte	Reihenweite	Saatdichte	Maßnahmen
keine (Kontrolle)	Quito (00)	15 cm	100 kmf. Kö./m ²	Blindstriegeln
	Dolly (00/000)			
Striegel	Quito (00)	15 cm	100 kmf. Kö./m ²	Blindstriegeln
	Dolly (00/000)			1x Bestandesstriegeln
Hacke	Quito (00)	30 cm	70 kmf. Kö./m ²	Blindstriegeln
	Dolly (00/000)			1 x Hacken
Praxis	Quito (00)	50 cm	78 kmf. Kö./m ²	Blindstriegeln
	Dolly (00/000)			3 x Hacke + Striegel

Reifegruppen: 00 später als 00/000

kmf. Kö. = keimfähige Körner

Der Tastversuch wurde als Spaltanlage mit 2 Wiederholungen angelegt, wobei die Unkrautregulierungsmaßnahmen als Großteilstücke und die Sorten als Kleinteilstücke randomisiert wurden. Die effektive Parzellengröße betrug 3,00 x 6,70 m (20 m²) bzw. 4,50 x 6,70 m (30 m²) bei der Variante "Praxis".

Durchführung

- Saatbettbereitung: Eggenstrich im Frühjahr sowie kurz vor der Aussaat
- Saatgut-Impfung: Präparat „fix-fertig“ 4 Tage vor Aussaat, Flüssiganwendung
- Aussaat: 28.04.2003
 - Drillsaat in Doppelparzellen mit Parzellensämaschine (2x Arbeitsbreite 1,50 m, Ablagetiefe ca. 4 cm)
 - Variante „Praxis“ mit Einzelkornsämaschine (Arbeitsbreite 4,50 m, Ablagetiefe ca. 7 cm)

Alle Varianten, einschließlich der Kontrolle, wurden blindgestriegelt, da eine positive Wirkung als gegeben angenommen wurde. Die Variante „Praxis“ wurde durch den flächenbereitstellenden Landwirt mit eigenem Gerät und zu selbst gewählten Terminen durchgeführt. Die Varianten "Striegel" und "Hacke" waren auf Versuchstechnik der passenden Arbeitsbreite angewiesen und konnten aus arbeitswirtschaftlichen Gründen nicht so häufig durchgeführt werden.

Parametererhebung

Bestandesentwicklung

Es wurden die Termine von folgenden Stadien festgehalten:

- Feldaufgang (BBCH 09)
- Blühbeginn (BBCH 61)
- Blühende (BBCH 69)
- Erntereife (BBCH 89)

Die Bestandesdichte (Pflanzen/m²) wurde zu folgenden Zeitpunkten ermittelt:

- Feldaufgang (feste Zählstrecke)
- nach Abschluss der mechanischen Pflegemaßnahmen (feste Zählstrecke)
- zur Ernte (im Probeschnitt mit Quadratmeterrahmen)

Jeweils zu Blühbeginn und zu Blühende wurden folgende Parameter erhoben:

- Bestandeshöhe (Abstand Boden → Blätterdach)
- Bodendeckung durch die Kulturpflanzen (prozentual mit Göttinger Schätzrahmen)
- Lager (sofern auftretend)

Verunkrautung

- Auszählung der Unkräuter, getrennt nach Arten, auf 1m² je Parzelle zu den Stadien Blühbeginn und Blühende
- Ermittlung der Unkraut-Trockenmasse in Probeschnitten zur Ernte

Ernte

Anhand eines Probeschnittes (Quadratmeterrahmen) wurden die Trockenmasseerträge von Korn und Stroh sowie Unkrautbiomasse ermittelt. Ferner wurden TKM, Kornproteingehalt und N-Gehalt im Stroh bestimmt.

Für die Ermittlung des Parzellenertrages wurde die verbleibende Erntefläche gedroschen. Anhand von Druschproben wurden Feuchtegehalt und Unkrautanteil bestimmt, um den bereinigten Parzellenertrag bei 9% Kornfeuchte zu ermitteln.

Da die Sorte Dolly unter dem Eindruck extremer Trockenheit bereits Kornverluste durch aufgeplatze Hülsen von mehr als 50% aufwies, wurde auf 4 Parzellen mit Dolly (1. Wdh.) auf jeweils 0,5 m² innerhalb der Probeschnitte der Kornausfall von Hand aufgesammelt und getrocknet, um eine grobe Ertragshochrechnung zu ermöglichen.

3.3.1.2 Mechanische Unkrautregulierung und Anbauverfahren (D-Heitersheim, 2004 / D-Buggingen, 2005)

Ausgehend von den Erfahrungen 2003 und Informationen aus der Praxis wurden im Versuchsjahr 2004 diverse Strategien untersucht, wobei keine Sortenvariation mehr stattfand. 2005 wurden die Varianten abermals angepasst und mit Praxisgeräten durchgeführt. Im Wesentlichen wurden folgende Hypothesen überprüft:

- Eine Arbeitszeiterparnis ist bei mäßigem Unkrautdruck ohne negative Auswirkungen möglich (weniger Arbeitsgänge / Verfahren mit höherer Arbeitsgeschwindigkeit).

- Verfahren mit reduzierten Reihenweiten (30 oder 15cm) erhöhen die Konkurrenzkraft und verbessern die Standraumausnutzung des Bestandes, während mit praxisüblichen Reihenweiten (50 cm oder mehr) länger gehackt werden kann.
- Späte Saat ermöglicht zügigere Jugendentwicklung und höhere Konkurrenzkraft des Bestandes.
- Untersaaten (Weißklee, Leindotter) reduzieren Unkrautaufwuchs (insbes. Spätverunkrautung), ohne der Kulturpflanze nennenswert Konkurrenz zu machen.
- Mit der Kress-Fingerhacke kann die Verunkrautung in der Reihe deutlich reduziert werden.
- Die Yetter-Rotorhacke ermöglicht hinreichende Unkrautbekämpfung in und zwischen den Reihen bei geringem Zeitaufwand (Arbeitsgeschwindigkeit ca. 20 km/h).

Versuchsanlage

Tab. 13 zeigt eine Übersicht der Varianten beider Jahre mit zugehörigen Reihenweiten und durchgeführten Maßnahmen. Häufigkeit und Termingerechtigkeit der Maßnahmen waren naturgemäß witterungsabhängig. Die Variante „Späte Saat“ wurde in beiden Jahren an der jeweiligen Variante V1 orientiert. Die praxisübliche Strategie (großer Reihenabstand, intensives Hacken und Striegeln) wurde 2004 gesplittet (V2 + V3), 2005 hingegen ortsüblich durchgeführt. Die Yetter Rotorhacke wurde nach Abschluss der Versuche im Elsass im Versuchsjahr 2005 in den deutschen Versuch integriert. Eine günstige Wirkung des Blindstriegeln wurde grundsätzlich vorausgesetzt.

Der Feldversuch 2004 erfolgte auf einem Praxisschlag bei Heitersheim (s. Tab. 4) und wurde als einfaktorielle, randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Parzellengröße betrug 1,50 m × 10,70 m. Gesät wurde einheitlich mit einer Parzellensämaschine (Drilltechnik). Die Bearbeitung erfolgte teils mit Praxisgerät, teils mit Versuchstechnik.

Der Feldversuch 2005 erfolgte auf einem Praxisschlag bei Buggingen (s. Tab. 4) und wurde ausschließlich mit Praxisgeräten bearbeitet, wobei unterschiedliche Säetechniken eingesetzt werden mussten. Die Parzellengröße wurde erhöht auf (geräteabhängig) 3,20 m bzw. 4,90 m x 18,00 m. Aufgrund räumlicher Einschränkungen wurde der Versuch als einfaktorieller Zeilen/Spalten-Plan mit vier Wiederholungen angelegt (s. Anhang).

Tab. 13: Varianten zur Unkrautregulierung in Soja, D-Heitersheim 2004 und D-Buggingen 2005

Var.nr.	Kurzbezeichnung	Rw	durchgeführte Maßnahmen
2004			
V1(04)	„Standraum“	30	Blindstriegeln, 3x Hacken
V2(04)	„Intensiv“	30	Blindstriegeln, 4x Hacken u. Striegeln
V3(04)	„Späte Hacke“	50	Blindstriegeln, 4x Hacken (verlängerte Zeitspanne)
V4(04)	„Fingerhacke“	50	Blindstriegeln, 4x Hacken mit zusätzlich Fingerhackelementen
V5(04)	„Späte Saat“	30	Saat 3 Wochen später, Blindstriegeln, 3x Hacken
V6(04)	„Striegel“	15	Blindstriegeln, 3x Bestandesstriegeln
V7(04)	„Weißklee“	30	wie V1, zum letzten Hackdurchgang Einbringung von Weißklee als Untersaat, 1000 kmf. K./m ²
V8(04)	„Leindotter“	30	Blindstriegeln, 1x Bestandesstriegeln, dabei Einbringung von Leindotter-Untersaat, 350 kmf. K./m ²
2005			
V1(05)	„Praxis“	54	Blindstriegeln, 4x Hacken u. Striegeln
V2(05)	„Späte Saat“	54	Saat 3 Wochen später, Blindstriegeln, 2x Hacken u. Striegeln
V3(05)	„Fingerhacke“	54	Blindstriegeln, 3x Hacken mit zusätzlich Fingerhackelementen
V4(05) ¹	„Rotorhacke“	54	Blindstriegeln, 2x Rotorhacke
V5(05)	„Standraum“	30	Blindstriegeln, 3x Hacken
V6(05) ²	„Striegel“	17	2x Bestandesstriegeln
V7(05) ²	„Leindotter“	17	1x Bestandesstriegeln, dabei Einbringung von Leindotter-Untersaat, 350 kmf. K./m ²

Rw: Reihenweite (cm)

kmf. K.: keimfähige Körner

¹ abschließender Durchgang mit Gänsefußhacke konnte nicht durchgeführt werden (zu üppiger Bestand beim Zieltermin)² Blindstriegeln nicht möglich wegen flacherer Saatgutablage (andere Sätechnik)

Durchführung

- **Saatbettbereitung:** Zinkenegge, für Späte Saat nochmals parzellenweise
- **Sorten:** 2004 Ohgata (Reifegruppe 00/000), 2005 Amphor (Reifegruppe 00)
- **Impfung** mit *Bradyrhizobium japonicum* (Präparat ‚Force 48‘)
- **Sätechnik:** Drillsaat bzw. V1(05) - V4(05): Einzelkornsaat
- **Saatdichte:** 70 keimfähige Körner/m² in allen Varianten (Abweichungen bedingt durch Sätechnik oder Fahrspuren; V6(04): 100 kmf. Kö./m², V1(05) - V4(05): 85 kmf. Kö./m²; bei prozentualem Feldaufgang berücksichtigt)
- **Saattermine:**
 - 27.04.2004 (Späte Saat: 18.05.2004)
 - 12.05.2005 (Späte Saat: 31.05.2005) – wetterbedingte Verzögerung
- **Untersaaten:**
 - Leindotter (Zuchtlinie): breitwürfige Ausbringung von Hand unmittelbar vor Striegelgang, ca. 3 Wochen nach Soja-Saat (18.05.2004 und 01.06.2005)

- Weißklee (Sorte Rivendel): breitwürfige Ausbringung von Hand unmittelbar vor 3. Hackdurchgang (21.06.2004)
- Pflanzenschutz (nur 1. Versuchsjahr):
 - Vergällungsmittel Arbin gegen Hasenverbiss (18.05. + 04.06.2004)

Termine der Einzelmaßnahmen zur Unkrautregulierung sowie verwendete Geräte bei Saat und Bearbeitung sind im Anhang aufgeführt.

Kress Fingerhacke

- Gummisterne zur Unkrautbekämpfung innerhalb der Pflanzenreihe
- Einsatz in Kombination mit Gänsefußhacke
- in 2 Größen und 3 Härten verfügbar

Foto 1: Einsatz von Kress Fingerhacke in Weißer Lupine (s. Kap. 3.3.2.2)



Yetter Rotorhacke

- Sternräder mit Metallspaten zur reihenunabhängigen (flächenhaften) Bekämpfung junger Unkräuter
- Gute Kulturverträglichkeit in geeigneten Entwicklungsstadien
- Auflockerung verkrusteter Böden
- Arbeitsgeschwindigkeit 10-20 km/h

Foto 2: Yetter Rotorhacke



Parametererhebung

Bestandesentwicklung

Es wurden die Termine von folgenden Stadien festgehalten:

- Feldaufgang (BBCH 09)
- Reihenschluss (BBCH abhängig von Reihenweite)
- Blühbeginn (BBCH 61)
- Blühende (BBCH 69)
- Einsetzen des Blattfalls (BBCH 91)
- Erntereife (BBCH 89)

Die Bestandesdichte (Pflanzen/m²) wurde zu folgenden Zeitpunkten anhand von festen Zählstrecken ermittelt:

- Feldaufgang
- nach Abschluss der mechanischen Pflegemaßnahmen.

Jeweils zu Blühbeginn und zu Blühende wurden folgende Parameter erhoben:

- Bestandeshöhe (Abstand Boden → Blätterdach)
- Bodendeckung durch die Kulturpflanzen (prozentual mit Schätzrahmen)
- Bodendeckung durch Untersaaten (prozentual mit Schätzrahmen).

Je nach Auftreten wurden Krankheiten, Schädlinge und Lager bonitiert.

Verunkrautung

Unkräuter wurden im Bereich der festen Zählstrecken erfasst:

- Zählung von Pflanzen ab 4-Blatt-Stadium bzw. 5 cm Höhe
- getrennt nach Arten
- jeweils im Juni, Juli und August
- räumliche Differenzierung
 - Unkräuter „in der Reihe“: +/- 5 cm von der Säspur entfernt
 - Unkräuter im „Reihenzwischenraum“: Abstand von der Säspur > 5 cm
- Unkrautbiomasse zur Ernte (s.u.).

Ernte

Abschließend wurden die für Zählungen herangezogenen Bereiche als Probeschnitte entnommen, um das Trockenmasse-Verhältnis von Korn, Stroh und Unkraut aufwuchs zu bestimmen.

Für die Ermittlung des Ertrages wurde jeweils auf 1,50 m Arbeitsbreite gedroschen (2004: Gesamtparzelle, 2005: Parzellenmitte). Anhand von Druschproben wurden Feuchtegehalt und Unkrautanteil bestimmt, um den Ertrag auf Standardfeuchte und gereinigten Zustand umzurechnen.

3.3.1.3 Mechanische und thermische Unkrautregulierung (F-Holtzwihr, 2003/04)

Versuch 2003

Zielsetzung

Dieser Versuch mit Sojabohnen zielt auf den Vergleich verschiedener Verfahren zur Unkrautbekämpfung ab, darunter auch das thermische, um herauszufinden, welche Verfahren sich unter den Anbaubedingungen an Oberrhein (Standorte, Sorten) am besten eignen. Im einzelnen soll der Versuch die folgenden Fragen beantworten:

- Wie wirken sich die verschiedenen Unkrautbekämpfungsstrategien auf die vorkommenden Unkräuter aus?

- Wie wirken sie sich auf den Sojabestand aus?
 - Ist die Behandlung im Auflaufstadium von Soja zu riskant für den Bestand?
 - Beeinträchtigt die thermische Behandlung nicht die Entwicklung des Sojabestandes?
- Wie wirken sie sich mengenmäßig und qualitativ (Eiweißgehalt) auf den Sojaertrag aus?
- Welche Strategien sind bei den verschiedenen Geräten und Unkräutern am besten?
 - Lohnt sich die thermische Behandlung trotz der hohen Kosten?
 - Welches ist die optimale Strategie beim Einsatz von Striegel und Hacke?
 - Lassen sich die Unkräuter bei reduziertem Reihenabstand sowie frühzeitigem und häufigem Einsatz alleine mit dem Striegel unter Kontrolle bringen?

Versuchsanlage

In dem Versuch werden 4 Strategien der Unkrautbekämpfung miteinander verglichen. Jede Variante beansprucht eine Fläche von 9 m x 21 m = 189 m² und wird 2 Mal wiederholt, weil die Unkräuter innerhalb des Schlags ungleichmäßig verteilt sind. Jeder Versuch umfasst also 2 vollständige Blöcke. Jeder Block enthält auch eine Kontrollzone von einer Sämaschinenbreite und mit einem Reihenabstand von 42,5 cm, um hacken zu können. In diesen Kontrollzonen soll die Verunkrautung ohne Bekämpfungsmaßnahmen zu Beginn der Kultur ermittelt werden, um daraus den Wirkungsgrad der verschiedenen Bekämpfungsvarianten abzuleiten (Plan siehe Anhang).

Bei 3 von 4 Varianten beträgt die Saatstärke 70 Kö./m² und der Reihenabstand 42,5 cm, um zwischen den Reihen hacken zu können. In einer dieser Varianten kommt zusätzlich zur Hacke die thermische Bekämpfung zum Einsatz. In den beiden anderen Varianten wird gestriegelt und gehackt, jedoch zu unterschiedlichen Terminen.

In der vierten Variante beträgt der Reihenabstand 15 cm und die Saatstärke 100 Kö./m² mit dem Ziel, den Boden schneller zu bedecken und, unter Verzicht auf die Hacke, alleine mit dem Striegel auszukommen.

Die Einzelheiten der verschiedenen Varianten (Anzahl der Arbeitsgänge für jedes Gerät, Entwicklungsstadium von Soja zum Zeitpunkt der Maßnahme, ...) wurden in Abhängigkeit von Witterung, Entwicklungsstand der Unkrautpopulation und Verfügbarkeit des Landwirts (s. Tab. 1) festgelegt. Ein früherer Einsatz der Hacke war geplant, konnte aber nicht durchgeführt werden.

Tab. 14: Miteinander verglichene Unkrautbekämpfungsverfahren

	Reihen- abstand (cm)	Saat- stärke (Kö./m²)	Vorauflauf - Auflauf (´Spitzen´)	Auflauf (Keim- blätter ge- schlossen)	2 echte unge- fiederte Laubblätter	3. Knoten
Variante			15.05.03	20.05.03	28.05.03	11. und 12.06.03
1	42,5	70		Flämmgerät		Hacke
2	42,5	70	Striegel			Hacke
3	42,5	70			Striegel	Hacke
4	15	100	Striegel		Striegel	Striegel
Kontrolle	42,5	70	Keinerlei Unkrautbekämpfung			

Die thermische Bekämpfung erfolgte mit einem Flüssiggas-Frontanbaugerät mit einem Brenner pro Reihe bei einer Fahrgeschwindigkeit von 3 - 3,5 km/h.

Das Striegeln erfolgte mit zunehmendem Entwicklungsstand der Sojabohnen immer aggressiver, da diese dann widerstandsfähiger sind. Beim frühesten Einsatztermin wurden die Striegelzinken so wenig vertikal wie möglich eingestellt. Die Fahrgeschwindigkeit wurde auf höchstens 2 km/h begrenzt.

Das Hackgerät war mit Gänsefußscharen ausgerüstet und bearbeitete etwa 28 cm zwischen den Reihen. Scheiben zum Anhäufeln oder zum Schutz der Kultur waren nicht angebaut.

Versuchsbedingungen

Der Versuch wurde in Holtzwihr, im Département Haut-Rhin, auf einem Schlag im Ried, der schon seit mehr als 10 Jahren biologisch bewirtschaftet wird und zwischen Maisfeldern in der Nähe des Waldes liegt, angelegt (s. Tab. 8). Nach Aussage des Landwirts verfügt der Boden über ein gutes Wasserspeichervermögen. (Bemerkung: Der Schlag wurde im Herbst 2002 vom Hochwasser der Ill überschwemmt, wobei auch Unkrautsamen angeschwemmt wurden.)

Der Schlag weist ein hohes Ertragspotential auf. Auf der anderen Seite ist auch der Unkrautdruck stark, umso mehr, als die Parzelle überschwemmt war und in den letzten beiden Jahren Mais gebaut wurde, der dieselben Sommerungsunkräuter fördert wie Soja.

Weitere Bewirtschaftungsmaßnahmen (außer Unkrautbekämpfung):

- Bodenbearbeitung: Pflug im Januar, Kreiselegge im März.
- Aussaat Soja: 07. Mai 2003; Sorte Dolly; anschließend angewalzt.
- manueller Schröpfschnitt (wegen ´Melden´) Anfang August mit einem Schneidegerät (Gesamtversuch)
- Ernte am 24.03.2003.

Messungen und Bonituren

während der Vegetationszeit der Kultur

- Erfassung der Entwicklungsstadien der Sojakultur:

Datum des Auflaufs sowie der Stadien '2 echte Laubblätter', '1. Fiederblatt', '3. Knoten' und 'Blühbeginn' sowie des Sojastadiums zum Zeitpunkt der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen und der Auszählungen.

- Zählung der Bestandesdichte Soja:

Festlegung von 6 Plätzen von 1m Länge mit 2 benachbarten Reihen (bzw. mit 4 benachbarten Reihen bei reduziertem Reihenabstand in Variante 4) in jeder Elementarparzelle. Zählung der Sojapflanzen an jedem dieser Plätze so früh wie möglich und nach jeder Unkrautbekämpfungsmaßnahme.

- Messung der Bestandeshöhe von Soja:

Während der Blüte und nach Blühende bei 6 Pflanzen je Elementarparzelle.

- Bestimmung und Zählung der Unkräuter:

In der Reihe, so früh wie möglich und nach jeder Unkrautbekämpfungsmaßnahme, um die Wirkung dieser Maßnahmen zu beurteilen. Zählung der Unkräuter je Art in der linken Reihe jedes für die Auszählung der Bestandesdichte bestimmten Platzes (bzw. in der 2. Reihe von rechts bei Variante 4), d.h. auf einer Fläche von 15 cm Breite und 1 m Länge.

Bemerkung:

Die Zählung der Unkräuter erfolgt in der Reihe, da dort die Konkurrenz der Unkräuter für die Sojakultur am problematischsten ist. Die mittlere Unkrautdichte in und zwischen den Reihen kann ausgehend von der Dichte in der Reihe berechnet werden: Striegel und thermische Bekämpfung wirken ganzflächig und wirken deshalb in und zwischen den Reihen ähnlich. Nach den Literaturangaben (Chollet et al., 2001) liegt der Wirkungsgrad dabei in einer Größenordnung von 70%. Demgegenüber wirkt die Hacke in der Reihe, gemäß den Literaturangaben und den eigenen Beobachtungen im Versuch, annähernd 100%ig, während ihre Wirkung in der Reihe, ohne Anhäufeln, wie es auch im Versuch der Fall ist, praktisch bei Null liegt.

Ausgehend von dieser Annahme lässt sich die mittlere Unkrautdichte in und zwischen den Reihen folgendermaßen ermitteln:

- vor der Hacke ist sie in und zwischen der Reihe gleich hoch
- nach der Hacke liegt der Anteil der ungehackten Fläche an der Gesamtfläche unter den Bedingungen dieses Versuchs (27,5 cm bearbeitet bei 42,5 cm Reihenabstand) bei 35%.

Weitere Bonituren:

- Lager
- Schäden infolge von Krankheits- oder Schädlingsbefall.

bei der Ernte

Mähdruschertrag:

- Wiegung der Erträge der Elementarparzellen. Berechnung des Bruttoertrags je Parzelle.

Qualität des Ernteguts:

- Entnahme einer Probe von 400-500 g je Elementarparzelle (am Ende der Korntankleerung)
- Messung der Erntefeuchte mit einem Feuchtemessgerät (in einem Silo)
- Bestimmung des Besatzes bei jeder Probe
- Ableitung des Nettoertrags bei 9% Wassergehalt.
- Erstellung einer Durchschnittsprobe für den gesamten Versuch (Begründung s. Ergebnisteil):
- Bestimmung der Tausendkornmasse
- Bestimmung des Eiweißgehalts im Labor.

Auswertungsmethoden

Die für die verschiedenen Varianten und Termine ermittelten Mittelwerte der Untersuchungsgrößen werden mit Hilfe der Varianzanalyse ausgewertet, um signifikante Unterschiede¹ zu erkennen. Bei der verwendeten Software handelt es sich um Statbox (ITCF).

Versuch 2004

Zielsetzung

Wie schon 2003 soll in diesem Versuch die Effizienz verschiedener Unkrautbekämpfungsstrategien mit unterschiedlichen Geräten geprüft werden: Striegel, ein thermisches Verfahren, Gänsefußscharhacke und, erstmalig in diesem Jahr, die Rotorhacke (vgl. Kap. 3.3.1.2). Es geht darum, den Effekt (Bonitur und Erträge) verschiedener Strategien auf das Unkraut und die Sojabestände zu ermitteln.

Konzeption

Es werden vier Ansätze miteinander verglichen:

- Der Standard (N°1) mit nur je ein Mal Striegeln und Gänsefußscharhacke, wie üblich bei den Biobauern der Region,
- der Thermische Ansatz (N°2), bei dem anstelle des Striegels von der Standardvariante eine frühe thermische Bekämpfung durchgeführt wird,
- die Sternradhacke (N°4), bei der der Striegel der Standardvariante durch diese Radhacke ersetzt wird,
- die Minimalvariante (N°3), bei der gegenüber der Standardvariante dieses Jahr einer von zwei Striegelgängen eingespart wurde.

Bei den Varianten N°1, 2 und 4 wurde, soweit wie mit den verfügbaren Geräten möglich, der in Abhängigkeit von der Verunkrautung, dem Entwicklungsstadium der Sojabohnen und den Witterungs- und Bodenverhältnissen bestmögliche Ansatz gewählt.

Nachstehende Tabelle nennt die Bearbeitungstermine für die verschiedenen Varianten:

¹ Ein Unterschied wird als signifikant erachtet, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit bezüglich des Unterschieds zwischen zwei Varianten unter 5% liegt. Liegt sie zwischen 5 und 10%, so wird von einer Tendenz gesprochen.

Tab. 15: Geräte und Termine der Unkrautbekämpfung bei Soja in den verschiedenen Varianten, F-Holtzwihl 2004

N°	Variante	Eingesetztes Gerät	Beginn des Auflaufens* (21/05/04)	2. Laubblatt* (09/06/04)	4. Laubblatt* (21/06/04)
1	Standard	Striegel + Gänsefußscharhacke	Striegel	Striegel	Gänsefußscharhacke
2	Thermisch	Striegel + Gänsefußscharhacke + Thermisch	Thermisch	Striegel	Striegel + Gänsefußscharhacke
3	Minimal	Striegel + Gänsefußscharhacke	Striegel		Gänsefußscharhacke
4	Sternradhacke	Sternrad- + Gänsefußscharhacke	Sternradhacke	Sternradhacke	Gänsefußscharhacke

Legende: * = Stadium der am weitesten entwickelten Sojapflanzen (etwa 60 %)

Die Versuchsdurchführung erfolgte in Großparzellen von 9 m x 31 m = 279 m², um den Einsatz von praxisüblichen Geräten und Maschinen zu ermöglichen.

Jede Variante wurde am Standort 3 Mal wiederholt (Versuchsplan s. Anhang). Auf jeder Einzelparzelle wurden 6 Beprobungs- bzw. Beobachtungsflächen von je 0,5 m² (1 Reihe auf 1 m Länge) festgelegt.

Versuchsdurchführung

Bei diesem Versuch kam die Sojasorte Ohgata zum Einsatz. Sie wurde inokuliert und mit einer Einzelkornsämaschine (in Kombination mit Kreiselegge und Walze) am 10.05.04 mit einer Saatstärke von etwa 52 K./m² auf 50 cm Reihenabstand ausgesät. Danach wurde gewalzt.

Dieser Versuch wurde nicht beregnet.

Erhobene Parameter

Im Verlauf der Vegetationszeit wurden auf den Beobachtungsflächen folgende Erhebungen zur Entwicklung von Unkräutern und der Sojakultur vorgenommen:

- Bestimmung und Zählung der **Unkräuter** (Anzahl insgesamt und je Art), in und zwischen den Reihen², sobald diese sichtbar sind, sowie nach jeder Unkrautbekämpfungsmaßnahme und nach dem Blattabwurf der Sojabohnen,
- Zählung der **Sojapflanzen** an jeder Beobachtungsfläche, sobald diese sichtbar sind sowie nach jeder Unkrautbekämpfungsmaßnahme,
- Messung der **Bestandeshöhe** der Sojakultur bei Blühbeginn und Reife,
- Schätzung des **Bodenbedeckungsgrades** der Sojakultur zu Blühbeginn.

² In der Reihe wurde die Bestimmung und Zählung der Unkräuter auf 1m Länge und 10 cm Breite vorgenommen.

Zwischen den Reihen wurde sie in einem 20 cm breiten Streifen von 1m Länge links neben ´in der Reihe´ vorgenommen.

Das **Entwicklungsstadium** der Sojabohnen wird auch bei jeder Unkrautbekämpfung und Bonitur erhoben, genauso wie das der wichtigsten Unkräuter³.

Wegen der regnerischen Witterung ab Anfang Oktober konnte der Versuch nicht, wie ursprünglich geplant, mit dem Mähdrescher des Landwirts geerntet werden. Der Ertrag wurde deshalb mittels **Handernte** an 4 Beprobungsflächen von je 1 m² (2 Reihen von 1 m Länge) pro Einzelparzelle ermittelt. Die Feuchte wurde mit einem Feuchtemessgerät an einer Mischprobe gemessen und der Eiweißgehalt von einem Labor an einer Mischprobe der Standardvariante ermittelt.

3.3.1.4 Einfluss des Saattermins (F-Appenwahr, 2004)

Der Versuch in Appenwahr wurde angelegt, um zwei Aussaattermine für Soja, davon einer früh (Ende April) und einer spät (um den 10. Mai), miteinander zu vergleichen.

Ausgangspunkt war die Feststellung, dass die problematischsten Sojaunkräuter im Gebiet, nämlich Gänsefuß und Amaranth, Anfang Mai zusammen mit den Sojabohnen auflaufen.

Zielsetzung dieses Versuchs ist, abzuklären, ob eine frühere Saat den Sojabohnen einen kleinen Vorsprung vor den Chenopodien und dem Amaranth ermöglicht und damit eine höhere Konkurrenzkraft, beziehungsweise ob sich der Unkrautdruck durch eine Bekämpfung einer ersten Auflaufwelle vor einer späteren Sojasaat reduzieren lässt.

Die Bonituren und Messungen wurden bis zur Ernte fortgesetzt, um zu sehen, ob sich der unterschiedliche Saattermin auch auf den Sojaertrag auswirkt.

Versuchsanlage

Hierzu wurde bei einem Bio-Landwirt in Appenwahr ein Versuch mit 3 Blöcken (Versuchsplan s. Anhang) angelegt.

Jede Variante wurde auf einer Großparzelle von 6 m x 60 m = 360 m² angelegt, um den Einsatz von praxisüblichen Geräten und Maschinen des Landwirts von der Saat bis zur Ernte zu ermöglichen.

Auf jeder Einzelparzelle wurden 5 Beobachtungsflächen von jeweils 0,5 m² (1 Reihe mit 1 m Länge) festgelegt.

Versuchsdurchführung

Wie für die anderen Sojaversuche wurde im Jahr 2004 die Sorte Ohgata verwendet. Diese wurde inokuliert und dann mit einer Einzelkornsämaschine (nach Kreiselegge und Walze) in einer Saatstärke von etwa 65 K./m² auf 50 cm Reihenabstand ausgesät.

Die Unkrautbekämpfungsmaßnahmen erfolgten mit einem Striegel und/oder einer Gänsefußscharhacke in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium von Unkraut und Kultur. Die Durchführung der Unkrautbekämpfung erfolgte jeweils so angepasst wie möglich, unter Praxisbedingungen (Wetter, Verfügbarkeit des Landwirts, ...) und deshalb sozusagen so unabhängig voneinander wie möglich. Die Maßnahmen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

³ Stadium 1 = Unkräuter im Keimblattstadium, Stadium 2 = weniger als 4 Blätter, Stadium 3 = zwischen 4 Blättern und Höhe des Kulturbestandes, Stadium 4 = Unkräuter sind höher wie die Kultur.

Tab. 16: Anbaumaßnahmen bei den beiden Saattermin-Varianten in Soja, F-Appenwahr 2004

	Termin 1: Frühsaat	Termin 2: Spätsaat
Saattermin	27/04/04	14/05/04
Blindstriegeln	04/05/04	
Striegeln im Nachauflauf		30/05/04
Striegel + Hacke	27/05 & 15/06/04	15/06/04
Hacke	09/06/04	
Beregnung	01/07 & 02/08 (2 x 30 mm)	
Erntetermin	02/10/04	

Erhobene Parameter

Im Verlauf der Vegetationszeit wurden auf den Beobachtungsflächen folgende Erhebungen zur Entwicklung von Unkräutern und der Sojakultur vorgenommen:

- Bestimmung und Zählung der **Unkräuter** (Anzahl insgesamt und je Art), in und zwischen den Reihen, sobald diese sichtbar sind, sowie nach jeder Unkrautbekämpfungsmaßnahme und nach dem Blattabwurf der Sojabohnen,
- Zählung der **Sojapflanzen** an jeder Beobachtungsfläche, sobald diese sichtbar sind sowie nach jeder Unkrautbekämpfungsmaßnahme,
- Messung der **Bestandeshöhe** der Sojakultur bei Blühbeginn und Reife,
- Schätzung des **Bodenbedeckungsgrades** der Sojakultur zu Blühbeginn.

Das **Entwicklungsstadium** der Sojabohnen wird auch bei jeder Unkrautbekämpfung und Bonitur erhoben, genauso wie das der wichtigsten Unkräuter.

Der Bruttoertrag wurde ermittelt durch Wiegen der mit dem Mähdrescher des Landwirts geernteten Sojabohnen für jede Einzelparzelle. Zwecks Ermittlung des **Netto-Ertrags bei 9% Feuchte** wurde jeweils ein Muster von 400-500 g entnommen für die Bestimmung von Feuchtegehalt (mit einem Feuchtemessgerät) und Besatz. Aus diesen Mustern wurde auch die Tausendkornmasse (TKM) des Ernteguts ermittelt.

Anschließend wurde aus den 3 Einzelparzellen jeder Variante eine Mischprobe für die Bestimmung des Eiweißgehalts im Labor gebildet.

3.3.2 Weiße und Schmalblättrige Lupine

Es wurde zunächst ein Versuch mit Schmalblättriger Lupine durchgeführt, danach aber die Unkrautregulierung in Weißer Lupine weiter verfolgt, da diese im deutschen Sortenversuch 2003 standortangepasster sowie konkurrenz- und ertragsstärker wirkte.

3.3.2.1 Mechanische Unkrautregulierung und Sortenwahl bei Schmalblättriger Lupine (D-Buggingen, 2003)

Um die Effekte von Hacke und Striegel in Beständen von Schmalblättriger Lupine (*Lupinus angustifolius*) festzustellen, wurde im Versuchsjahr 2003 ein Tastversuch mit vier Varianten und zwei Sorten unterschiedlicher Konkurrenzkraft durchgeführt.

Versuchsanlage

Der Versuch wurde auf einem Praxisschlag in der Projektregion (Buggingen) in leichter Hanglage durchgeführt (s. Tab. 4). Bei den Varianten ohne Hacke wurden engere Reihenabstände angewandt, um das Potenzial höherer Konkurrenzskraft dieser Varianten durch früheren Reihenschluss auszuschöpfen. Die Saatedichte wurde sortenspezifisch (verschiedene Verzweigungstypen) gewählt. Eine Übersicht der Varianten mit Reihenweiten und Saatedichten zeigt Tab. 17.

Tab. 17: Varianten, Reihenweiten und Ausaatdichten im Unkrautversuch mit Schmalblättriger Lupine (D-Buggingen, 2003)

Unkrautregulierung	Sorte	Saatedichte	Reihenweite	Maßnahmen
keine (Kontrolle)	Borlu (verzw.)	94 kmf. Kö./m ²	15 cm	Blindstriegeln
	Boruta (unverzw.)	121 kmf. Kö./m ²		
Striegel	Borlu (verzw.)	94 kmf. Kö./m ²	15 cm	Blindstriegeln
	Boruta (unverzw.)	121 kmf. Kö./m ²		Bestandesstriegeln
Hacke	Borlu (verzw.)	94 kmf. Kö./m ²	30 cm	Blindstriegeln
	Boruta (unverzw.)	121 kmf. Kö./m ²		Hacken
Intensiv	Borlu (verzw.)	94 kmf. Kö./m ²	30 cm	Blindstriegeln
	Boruta (unverzw.)	121 kmf. Kö./m ²		Hacken + Striegeln

kmf. Kö. = keimfähige Körner
 verzw. = verzweigt
 unverzw. = unverzweigt

Da die Keimfähigkeit aus Termingründen erst nachträglich bestimmt werden konnte, kamen diese "krummen" Zahlen für die Saatedichten zustande.

Der Tastversuch wurde als Spaltanlage mit 2 Wiederholungen angelegt, wobei die Unkrautregulierungsmaßnahmen als Großteilstücke und die Sorten als Kleinteilstücke randomisiert wurden. Die effektive Parzellengröße betrug 3,00 x 6,70 m (20 m²).

Durchführung

- Saatbettbereitung: Eggenstrich im Frühjahr sowie kurz vor der Aussaat
- Warmwasser-Behandlung des Saatgutes zur Vorbeugung gegen Anthraknose (erfolgsversprechendste nicht-chemische Methode in der vorangegangenen Projektphase)
 - 30 min in 50°C warmem Wasser, 24 Std. Rücktrocknung
- Saatgut-Impfung: Präparat „HiStick“ direkt vor Aussaat, Trockenanwendung
- Aussaat: 27.03.2003
 - Drillsaat in Doppelparzellen mit Parzellensämaschine (2x Arbeitsbreite 1,50 m, Ablagetiefe ca. 5 cm)

Alle Varianten, einschließlich der Kontrolle, wurden blindgestriegelt, da eine positive Wirkung als gegeben angenommen wurde. Ungeplant wurden die Lupinen nach dem Auflaufen nochmals gestriegelt, so dass erst danach die differenzierte Bearbeitung erfolgte, wobei jede Variante noch jeweils einmal bearbeitet wurde.

Parametererhebung

Für den Lupinenversuch war ursprünglich der gleiche Untersuchungskatalog vorgesehen wie für die Sojabohnen 2003 (Kap. 3.3.1.1). Jedoch erwies sich der Standort (pH7,3) als für die

verwendeten Sorten der Schmalblättrigen Lupine ungeeignet. Die Pflanzen blieben stark im Wachstum zurück, eine extreme, nicht repräsentative Verunkrautung war die Folge. Der Versuch war daher als Unkrautversuch nicht aussagekräftig, und es wurden lediglich folgende Bonituren durchgeführt:

- Bestandesdichte: 25.04. und 25.06.03.
- Bestandeshöhe: 25.06.03
- Verunkrautung (visuell: 1=kaum verunkrautet, 5=extrem verunkrautet): 25.06. und 17.07.

Der Versuch wurde am 17.07.03 abgebrochen. Eine Auswertung der Erträge war aufgrund des Zustandes der Kultur nicht sinnvoll.

3.3.2.2 Mechanische Unkrautregulierung und Anbauverfahren bei Weißer Lupine (D-Heitersheim, 2004/05)

Zunächst wurde ein mit dem Sojaversuch 2004 (Kap. 3.3.1.2) deckungsgleicher Versuch mit 8 Varianten angelegt. Ausgehend von den Ergebnissen und Beobachtungen wurde im Jahr 2005 ein angepasster Versuch mit 6 Varianten durchgeführt.

Versuchsanlage

Tab. 18 zeigt eine Übersicht der Varianten beider Jahre mit zugehörigen Reihenweiten und durchgeführten Maßnahmen. Die Feldversuche erfolgten auf Praxisschlägen bei Heitersheim (s. Tab. 4) und wurden jeweils als einfaktorielle, randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Häufigkeit und Termingerechtigkeit der Maßnahmen waren naturgemäß witterungsabhängig.

2004 betrug die Parzellengröße 1,50 m × 10,70 m. Alle Varianten wurden blind gestriegelt. Eine nach der Ernte 2004 versuchsflächenspezifisch erfolgte Bodenuntersuchung ergab abweichend vom Schlagmittel einen pH von 5,9 sowie niedrigere Gehalte an P₂O₅ (6 mg/100 g Boden, Gehaltsklasse B) und K₂O (5 mg/100 g Boden, Gehaltsklasse A).

2005 wurden größere Parzellen mit doppelter Arbeitsbreite und Länge angelegt (3,00 m x 20,00 m). Die späte Saat wurde als Regelfall angenommen und dafür eine Variante „Frühe Saat“ eingeführt. Wegen der Verwendung eines Praxisschleppers für die Fingerhacke wurden die Parzellen der Variante V6(05) mit breiterer Fahrspur und Parzellenbreite 3,40 m angelegt. Aufgrund lang anhaltender Bodenfeuchte wurden die frühe Saat V2(05) sowie der Weißklee V6(05) später als geplant gesät. Wegen wiederkehrenden Niederschlägen konnte nicht blind gestriegelt und erst spät gehackt und gestriegelt werden, so dass insgesamt deutlich weniger Bearbeitungsgänge als 2004 erfolgten.

Tab. 18: Varianten zur Unkrautregulierung in Weißer Lupine, D-Heitersheim 2004 und 2005

Var.nr.	Kurzbezeichnung	Rw	durchgeführte Maßnahmen
2004			
V1(04)	„Standard“	30	Blindstriegeln, 3x Hacken
V2(04)	„Intensiv“	30	Blindstriegeln, 4x Hacken u. Striegeln
V3(04)	„Späte Hacke“	50	Blindstriegeln, 4x Hacken (verlängerte Zeitspanne)
V4(04)	„Fingerhacke“	50	Blindstriegeln, 4x Hacken mit zusätzlich Fingerhackelementen
V5(04)	„Späte Saat“	30	Saat 4 Wochen später, Blindstriegeln, 4x Hacken
V6(04)	„Striegel“	15	Blindstriegeln, 3x Bestandesstriegeln
V7(04) ¹	„Weißklee“	30	Blindstriegeln, 2x Hacken, zum 2. Hackdurchgang Einbringung von Weißklee als Untersaat, 1000 kmf. K./m ²
V8(04)	„Leindotter“	30	Blindstriegeln, 1x Bestandesstriegeln, dabei Einbringung von Leindotter-Untersaat, 350 kmf. K./m ²
2005			
V1(05)	„Standard“	30	2x Hacken
V2(05)	„Frühe Saat“	30	Saat 2 ½ Wochen früher, 3x Hacken
V3(05)	„Intensiv“	30	1x Hacken u. Striegeln, 1x Hacken
V4(05)	„Striegel“	15	1x Bestandesstriegeln
V5(05)	„Häufeln“	50	1x Hacken, 1x Häufelkörper
V6(05) ²	„Weißklee“	50	„Direktsaat“ in keimenden Weißklee-Bestand, 1x Fingerhacke ohne Gänsefußschare

Rw: Reihenweite (cm)

kmf. K.: keimfähige Körner

¹ ein 3. Hackdurchgang wäre günstig gewesen, konnte jedoch nach Weißklee-Einbringung nicht mehr durchgeführt werden² aufgrund starker Verunkrautung zusätzlich Mulchen zwischen den Reihen (wegen Handarbeit nur 1./2. Wdh.)

Durchführung

- Saatbettbereitung: Zinkenegge; V5(04) sowie V1(05), V3(05), V4(05), V5(05) zweimalig
- Sorte: AMIGA (Florimond Desprez)
- Impfung mit *Rhizobium lupini* (Präparat ‚HiStick‘)
- Sätechnik: Drillsaat (Parzellensämaschine)
- Saatdichte: 70 keimfähige Körner/m² in allen Varianten
- Saattermine:
 - 04.03.2004 (Späte Saat: 01.04.2004)
 - 04.04.2005 (Frühe Saat: 17.03.2005)
- Untersaaten:
 - Leindotter 2004 (Zuchtlinie): breitwürfige Ausbringung von Hand unmittelbar vor Striegelgang, ca. 6 Wochen nach Lupinen-Saat (16.04.2004)
 - Weißklee 2004 (Sorte Rivendel): breitwürfige Ausbringung von Hand unmittelbar vor 2. Hackdurchgang (10.05.2004)
 - Weißklee 2005 (Sorte Rivendel): breitwürfige Ausbringung von Hand 2 ½ Wochen vor Lupinen-Saat (17.03.2005), Anwalzen

- Düngung (nur 2. Versuchsjahr, 14.04.2005):
 - 37,5 kg P₂O₅/ha (Physalg 25)
 - 75 kg K₂O/ha; 25,5 kg S/ha (Kaliumsulfat 50)
- Pflanzenschutz (nur 1. Versuchsjahr):
 - Saatgutbehandlung zur Vorbeugung gegen Anthraknose (Warmwasserbad: 30 min bei 50°C Wassertemp., Rücktrocknung: 24 Std. bei 30°C Lufttemp.)
 - Vergällungsmittel Arbin gegen Hasenverbiss (18.05. + 04.06.2004)
 - Handjäten von *Cirsium arvense* in 3./4. Wdh., um nesterweises, unrepräsentatives Auftreten zu vermeiden (15.06.2004)
- Beregnung: 16.07.2005 (20 mm)

Die Termine der Einzelmaßnahmen sind im Anhang aufgeführt.

Parametererhebung

Bestandesentwicklung

Es wurden die Termine von folgenden Stadien festgehalten:

- Feldaufgang (BBCH 09)
- Reihenschluss (BBCH abhängig von Reihenweite)
- Blühbeginn (BBCH 61)
- Blühende (BBCH 69)
- Einsetzen des Blattfalls (BBCH 91)
- Erntereife (BBCH 89).

Die Bestandesdichte (Pflanzen/m²) wurde zu folgenden Zeitpunkten anhand von festen Zählstrecken ermittelt:

- Feldaufgang
- nach Abschluss der mechanischen Pflegemaßnahmen.

Jeweils zu Blühbeginn und zu Blühende wurden folgende Parameter erhoben:

- Bestandeshöhe (Abstand Boden → Blätterdach)
- Bodendeckung durch die Kulturpflanzen (prozentual mit Schätzrahmen; 2005 nicht möglich wegen fehlendem Reihenschluss)
- Bodendeckung durch Untersaaten (prozentual mit Schätzrahmen).

Je nach Auftreten wurden Krankheiten, Schädlinge und Lager bonitiert.

Verunkrautung

Unkräuter wurden im Bereich der festen Zählstrecken erfasst:

- Zählung von Pflanzen ab 4-Blatt-Stadium bzw. 5 cm Höhe
- getrennt nach Arten

- jeweils im Juni und Juli
- räumliche Differenzierung
 - Unkräuter „in der Reihe“: +/- 5 cm von der Säspur entfernt
 - Unkräuter im „Reihenzwischenraum“: Abstand von der Säspur > 5 cm
- Unkrautbiomasse zur Ernte (s.u.).

Ernte

Abschließend wurden die für Zählungen herangezogenen Bereiche als Probeschnitte entnommen, um das Trockenmasse-Verhältnis von Korn, Stroh und Unkraut aufwuchs zu bestimmen.

Für die Ermittlung des Ertrages wurde die verbliebene Parzellenfläche gedroschen. Anhand von Druschproben wurden Feuchtegehalt und Unkrautanteil bestimmt, um den Ertrag auf Standardfeuchte und gereinigten Zustand umzurechnen.

3.4 Sortenversuche

Die Auswahl geeigneter Sorten, sowohl für den ökologischen Anbau als auch für die Standortbedingungen des Oberrheingebietes, stellt einen wichtigen Faktor für Ertragsniveau und -sicherheit dar. Weitere Sortenprüfungen erfolgten im Rahmen der Versuche mit Sommer- und Winterformen (s. Kap. 3.5).

3.4.1 Körnererbse

3.4.1.1 F-Appenwahr, 2002 / F-Appenwahr und F-Sausheim, 2003

Versuch F-Appenwahr 2002

Geprüfte Sorten

Es wurden 8 Sorten geprüft: ALLIANCE, HARDY, JACKPOT, METAXA, NITOUCHE, POWER, SPONSOR, XSARA.

Lage

Der Versuch wurde auf einem seit 1974 bewirtschafteten Schlag von H. BOLCHERT in F-68 Appenwahr in der Rheinebene angelegt.

Versuchsanlage

Der Versuch wurde als Blockanlage mit 4 Wiederholungen von 3*10 = 30m² Einzelparzellen angelegt (Plan s. Anhang). Neben dem Versuch wurde eine Einzelparzelle mit der Vergleichssorte im konventionellen Landbau BADMINTON angelegt.

Versuchsdurchführung

Bodenbearbeitung: Pflug 15/01/02, Kreiselegge 15/03/02 und dann nochmals in Kombination mit der Aussaat Ende März.

Aussaat: Ende März mit einer Getreide-Drillmaschine auf 35 cm Reihenabstand mit etwa 80 K./m².

Beregnung: am 19/06, 22/06 und 03/07, mit insgesamt 85 mm .

Unkrautbekämpfung: Striegel 28/04, Striegel und Hacke 08/05, Hacke 17/05.

Messungen und Bonituren

Während der Vegetationszeit wurden Erhebungen zur Bestandesdichte, Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkraut sowie zu Krankheits- und Schädlingsbefall durchgeführt, gemäß den Vorgaben des ITAB (ITAB, 2001), wie bei den Sortenversuchen des Jahres 2003 (s. u.). Eine Ertragsermittlung war ebenfalls geplant. Der Versuch wurde jedoch von Läusen vernichtet und konnte nicht geerntet werden.

Versuche F-Appenwahr und F-Sausheim 2003

Dieser Sortenversuch mit Sommererbsen hat zum Ziel, die für die Standortbedingungen des Oberrheingebiets am besten geeigneten Sorten zu ermitteln, insbesondere diejenigen, die in Reinsaat gegenüber den Unkräutern am konkurrenzstärksten sind.

Die Verunkrautungsprobleme schränken die Ausdehnung dieser Kultur im ökologischen Landbau dieser Region stark ein.

Die im ökologischen Landbau zu berücksichtigenden Kriterien (ITAB, 2001) sind:

- eine gute Bodenbedeckung
- eine größere Wuchshöhe
- eine gute Verzweigungsfähigkeit
- eine gute Standfestigkeit
- Toleranz gegenüber Krankheiten und Schädlingen
- eventuell eine geringe TKM, um die Saatgutkosten zu reduzieren, da im ökologischen Landbau dicht gesät werden muss.

Verglichene Sorten

Es wurden 11 Sommererbsensorten geprüft (s. Tab. 19). Die Sorten NITOCHE und METAXA sind im ökologischen Landbau in Frankreich die Vergleichssorten. Die anderen Sorten erschienen interessant aufgrund anderer Versuchsergebnisse oder Züchterangaben.

Zwei weitere Sorten wurden als Rand ausgesät:

- Badminton, Vergleichssorte im konventionellen Landbau,
- Bilbo, unaufgefordert zur Verfügung gestellt.

Tab. 19: Geprüfte Sommererbsensorten und Herkunft, F-Appenwahr und F-Sausheim 2003

Sorten	Züchter oder Vertrieb
Abaque	GAE
Alliance	Laboulet
Attika	Nickerson
Cosmos	Sem-Partners
Dolmen	Agri-Obtentions
Hardy	Serasem
Laser	Lécureur
Lumina	Cebeco semences
Metaxa	Agri-Obtentions
Nitouche	Lemaire-Deffontaines
Rialto	Sem-Partners
<i>Badminton</i>	Florimond-Desprez
<i>Bilbo</i>	Lemaire-Deffontaines

Standorte

Dieser Versuch wurde bei zwei Landwirten im Département Haut-Rhin, auf ökologisch bewirtschafteten Flächen in Sausheim (bei Mulhouse) und Appenwahr (bei Colmar), angelegt.

Tab. 20: Niederschläge und Beregnung in den Erbsen-Sortenversuchen, F-2004

Ort	Höhenlage (m)	März		April		Mai		Juni		Juli	
		N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Sausheim	248	0	0	13	0	17	0	34	0	21	0
Appenwahr	211	0	0	28	10	14	30	45	85	14	0

N = Niederschläge (mm) B = Beregnung (mm) (Angaben der Landwirte)

Versuchsanlage

Die Versuchsanlage wird bestimmt von der Erntetechnik und der verfügbaren Menge an Saatgut je Sorte.

In Sausheim, wo die Ernte mit einem Parzellenmähdrescher durchgeführt werden konnte, wurde der Versuch in Form einer Blockanlage mit 3 Wiederholungen angelegt. Gesät wurden Kleinparzellen von 3m Breite und 12 m Länge, also eine Fläche von 36 m².

In Appenwahr stand für die Ernte nur ein Praxismähdrescher zur Verfügung. Deshalb wurden dort Streifen von 3m Breite und 42m Länge (also 126 m²) angelegt (s. Abb. 1)

An beiden Standorten wurde für alle Sorten eine Saatstärke von 90-100 K/m² angestrebt.

Anbauverfahren:

Wurde vom Landwirt bestimmt, ist aber jeweils einheitlich.

Tab. 21: Anbauverfahren in den Erbsen-Sortenversuchen, F-2004

	Sausheim	Appenwahr
Vorfrucht	Silomais + Gründüngung (Senf)	Weizen + Gründüngung (Senf)
Bodenbearbeitung	05/03/03	Pflug am 27.01 + Kreiselegge am 01.03
Saat	13/03/03	18/03/03
Düngung	nein	20 t/ha Rindermist am 25.01
Beregnung	nein	ja
Unkrautregulierung	nein	Striegel am 10.05
Schädlingsbekämpfung	nein	Rotenon am 31.05 und 02.06
Ernte	08/07/03	18.07.03

Messungen und Bonituren

Sie erfolgten im Wesentlichen gemäß den Empfehlungen der ITAB (ITAB, 2001).

Termine der verschiedenen Entwicklungsstadien

Erhebung der Termine von Feldaufgang, 3-4- und 8-10-Blatt-Stadium, Blühbeginn und Blühende sowie Reife/Ernte.

Hinweis: 'Blühbeginn' heißt, dass mindestens 50% der Pflanzen wenigstens eine Blüte geöffnet haben.

Hinweis: das Entwicklungsstadium der Sorte Badminton war maßgeblich für die Bonitur aller Versuchssorten, die somit am gleichen Tag bonitiert wurden.

Ertrag, Ertragskomponenten und Qualität

Anzahl Pflanzen/m² (=> Verlustrate)

Im 3-4-Blatt-Stadium (nach dem Feldaufgang), wurden auf mindestens 6 Plätzen von 0,25 m² die Anzahl Pflanzen gezählt.

Falls notwendig, Bewertung der Gleichmäßigkeit des Feldaufgangs mit einer Note.

Mähdruschertrag

Wiegung des Parzellenertrags; falls erforderlich Bewertung der Ernteverluste.

Messung des Feuchtegehalts bei der Ernte (mit Feuchtemessgerät).

Berechnung des Ertrags bei 14 % Feuchte.

Wassergehalt, TKM, Eiweißgehalt

Entnahme einer Probe von 400 -500 g je Kleinparzelle (oder je Streifen).

TKM (bei 14 % Feuchte)

Untersuchung des Proteingehalts in einem Labor; Berechnung des Proteinertrags/ha.

Konkurrenzkraft der Kultur gegenüber Unkräutern

Stärke der Entwicklung

Im 4-5-Blatt-Stadium (oder bei weit entfernten Parzellen im Stadium 3-4-Blatt), wurde mittels visueller Bewertung, eine relative Klassifizierung der Sorten auf einer Skala von 1 bis 5 vorgenommen:

1= sehr schwache Entwicklung

5= sehr starke Entwicklung.

Wuchshöhe

Beim Blühende (beim Erreichen der maximalen Wuchshöhe) und bei der Ernte wurde visuell die mittlere Wuchshöhe der Sorten geschätzt (im Fall von Lager wurde nur der noch stehende Teil berücksichtigt).

Bodenbedeckung

Im 8-10-Blatt-Stadium, vor Blühbeginn, wurde visuell eine relative Klassifizierung der Sorten untereinander auf einer Skala von 1 bis 5 vorgenommen:

1= ganz geringe Bodenbedeckung

5= sehr gute Bodenbedeckung.

Verunkrautung

Zu Blühbeginn und bei der Ernte wurde visuell eine relative Klassifizierung der Sorten untereinander auf einer Skala von 1 bis 5 vorgenommen:

1= praktisch keine Unkräuter

5= sehr viele Unkräuter.

Hinweis: Die Bonitur der Verunkrautung zu Blühbeginn erlaubt die Erfassung des Effekts der Sortenunterschiede bezüglich der Bodenbedeckung **im Jugendstadium**.

Die Bonitur zum Zeitpunkt der Ernte erlaubt die Darstellung der Spätverunkrautung, die, im Gegensatz zur ersten Bonitur, das Sortenverhalten gegen **Ende des Vegetationszyklus** zum Ausdruck bringt.. Eine Sorte, die zum Schluss stark lagert begünstigt das Unkrautwachstum. Dieses beeinträchtigt zum Ende der Vegetationsperiode zwar nicht mehr den Ertrag, erhöht jedoch die Risiken für die Folgekultur durch Vergrößerung des Samenpotentials im Boden.

Schädlinge und Krankheiten

Hinweis: Was den Befall mit Blattrandkäfern und Läusen angeht, genügt eine Bonitur für den Gesamtversuch (eine Bonitur der Einzelparzellen ist nicht erforderlich).

Blattrandkäfer

Im 3-4-Blatt-Stadium Bonitur der Angriffsintensität auf etwa zehn Pflanzen mit einer Schadensskala (CANTOT, 1986): die Anzahl der Kerben am zweiten Blatt erlaubt die Messung der Schäden durch adulte Tiere.

Läuse

Bei Blühbeginn werden die Blätter geschüttelt und die Läuse in einem weißen Auffanggefäß aufgesammelt und dann gezählt. Wenn es Unterschiede zwischen den Sorten zu geben scheint, wird diese Zählung 5 Mal je Platz wiederholt.

Krankheiten

Kontrolle auf auftretende Krankheiten (Anthraknose, Mehltau, Rost et) bei jedem Besuch. Bei signifikantem Befall Identifizierung der Krankheit(en) und relative Klassifizierung der Sorten auf einer Skala von 1 bis 5:

1= kein Befall

5= starker Krankheitsbefall

Eventuell bei Anthraknose (aufwendigere Methode)

Bonitur der Hülsen zum Zeitpunkt der Ernte von 20 Stängeln je Sorte (s. Boniturskala).

Diese Krankheit tritt häufig spät, gegen Ende der Vegetationszeit auf. Sortenunterschiede sind zu erwarten, da sich die Anthraknose vom Fuß der Pflanze aus entwickelt: Im allgemeinen sind die hochwüchsigen Sorten (mit höher ansetzenden Hülsen) weniger betroffen.

Stängelhaltung

Berechnung des **Verhältnisses der Wuchshöhe bei der Ernte zur maximalen Höhe bei Blühbeginn**.

Falls erforderlich, Bonitur des Lagers während der Vegetationsperiode und bei der Reife.

Tab. 22: Übersicht der Erhebungen in den Erbsen-Sortenversuchen, F-2004

Entwicklungsstadium	Unkrautunterdrückung	Stängelhaltung	Schädlinge Krankheiten	Ertrag
3-4-Blatt	- Entwicklungsstärke (1 bis 5)		<i>Bonitur Blattrandkäfer</i> + <i>Überwachung</i>	- Anzahl Pfl./m ² (=> Verlustrate) - <i>Gleichmäßigkeit des Aufgangs</i>
8-10-Blatt (vor der Blüte)	- Bodenbedeckung (1 bis 5)		Überwachung	
Blühbeginn	- Verunkrautung (1 bis 5)		Bonitur Läuse + Überwachung	
Blühende	- Maximale Höhe der Kultur	<i>Lagerbonitur</i>	Überwachung	
Vor der Reife	- Verzweigungsneigung		Überwachung	
Bei der Ernte	- Verunkrautung (1 bis 5) - Wuchshöhe	- Verhältnis Höhe bei Ernte/ Höhe bei Blühende - <i>Lagerbonitur</i>	<i>Bonitur Anthraknose</i>	- Mähdruschertrag b. 14% Feuchte - TKM b. 14 % Feuchte - Eiweißgehalt - Wassergehalt

Die kursiv gedruckten Erhebungen werden nur soweit erforderlich und möglich durchgeführt.

Untersuchungsverfahren

Die Mittelwerte jeder Variablen werden zwischen den Sorten mit der Varianzanalyse und dem Newmann & Keuls - Test verglichen (Test des mehrfachen Vergleichs von Mittelwerten), sofern dies möglich ist. Diese Analysen werden mit Hilfe der Software Statbox (ITCF) durchgeführt.

3.4.2 Weiße und Schmalblättrige Lupine

Sortenversuche mit Weißer und Schmalblättriger Lupine wurden in allen drei Partnerländern durchgeführt, da die Standorteignung der Lupinenarten für das Oberrheingebiet noch unklar ist. Die Gelbe Lupine wurde wegen ihrer hohen Anfälligkeit gegen Anthraknose sowie ihres geringen Ertragsniveaus und der relativen Vorzüglichkeit auf eher sandigen Standorten (Nordost-Deutschland) nur exemplarisch in einem der Schweizer Versuche angebaut.

3.4.2.1 Schweizer Sortenvergleiche 2002 - 2004

In der Schweiz gibt es keine offiziellen Sortenversuche für Lupinen. Aus diesem Grund legten wir während der drei Projektjahre an mehreren Standorten Kleinparzellenversuche mit verschiedenen Sorten der weißen und schmalblättrigen Lupine an. Dadurch war es am Ende des Projektes möglich, den Landwirten die für einen Anbau in der Schweiz geeignetsten Lupinensorten zu empfehlen.

Versuchsanlage

Bei den schmalblättrigen Lupinen wurden total 15 Sorten und 4 noch nicht zugelassene Sorten geprüft. Bei den weißen Lupinen wurden total 3 Sorten geprüft (Der Sortenvergleich war als Blockdesign mit vierfacher Wiederholung konzipiert. Die Fläche der Einzelparzellen betrug 10 m² (6.7×1.5 m). Die auswertbare Fläche pro Sorte und Standort betrug somit 40 m².

Es wurde 7-reihig bei einem Reihenabstand von 15 cm gesät. Einzig im Jahr 2004 in Wil auf dem Biobetrieb wurde 4-reihig auf 30 cm gesät, um die Unkrautkontrolle auch mittels Hacke vornehmen zu können. Die Saatstärke entsprach den Vorgaben der Züchter unter Berücksichtigung des Tausendkorngewichts und der Keimfähigkeit. Das Saatgut war mit Rovral gebeizt, in Wil auf dem Biostandort wurde ungebeiztes Saatgut verwendet.

Vor der Saat wurde dem Saatgut ein Impfstoff mit *Bradyrhizobium lupini* trocken beigemischt.

Tab. 23). Die schmalblättrigen und weißen Lupinensorten wurden jeweils in zwei getrennten Sortenvergleichen angebaut. Die Sorten einer Art wurden untereinander randomisiert. Bei den schmalblättrigen Lupinen wurden im ersten Versuchsjahr 2002 die verzweigten und unverzweigten Sorten ebenfalls getrennt randomisiert, um die unverzweigten Sorten aufgrund des früheren Abreifezeitpunkts getrennt ernten zu können. In den folgenden zwei Versuchsjahren wurde auf diese Unterscheidung verzichtet und die Sorten der schmalblättrigen Lupine wurden alle gleichzeitig geerntet.

Der Sortenvergleich war als Blockdesign mit vierfacher Wiederholung konzipiert. Die Fläche der Einzelparzellen betrug 10 m² (6.7×1.5 m). Die auswertbare Fläche pro Sorte und Standort betrug somit 40 m².

Es wurde 7-reihig bei einem Reihenabstand von 15 cm gesät. Einzig im Jahr 2004 in Wil auf dem Biobetrieb wurde 4-reihig auf 30 cm gesät, um die Unkrautkontrolle auch mittels Hacke

vornehmen zu können. Die Saatstärke entsprach den Vorgaben der Züchter unter Berücksichtigung des Tausendkorngewichts und der Keimfähigkeit. Das Saatgut war mit Rovral gebeizt, in Wil auf dem Biostandort wurde ungebeiztes Saatgut verwendet.

Vor der Saat wurde dem Saatgut ein Impfstoff mit *Bradyrhizobium lupini* trocken beigemischt.

Tab. 23: In den Sortenversuchen 2002 bis 2004 geprüfte Sorten der weißen und schmalblättrigen Lupinen

Sortenname	Wuchstyp	Saatdichte [Körner/m ²]	Kornfarbe	Eintrag Sortenliste, Land	Blütenfarbe	Prüfjahr CH
Weißer Lupine (<i>Lupinus albus</i>)						
Amiga	verzweigt	65	weiß	1985, F	weiß-blau	02 / 03
Fortuna	verzweigt	65	weiß	2001, D	weiß	02 / 03
Bardo	verzweigt	65	weiß	1996, D	weiß	02
Schmalblättrige Lupine (<i>Lupinus angustifolius</i>)						
Apr 82	verzweigt	100	braun	-	weiß	03
Aniska	verzweigt	100	weiß	-	weiß	03
Arabella	verzweigt	100	melirt	2002, D	weiß	02 / 03 / 04
Baron	verzweigt	100	dunkelbraun	2003, D	violett-blau	04
Bolivio	verzweigt	100	melirt	1999, D	weiß-rosa	02 / 03 / 04
Boltensia	verzweigt	100	weiß	1999, D	weiß-rosa	02 / 03 / 04
Bora	verzweigt	100	weiß	2000, D	weiß-rosa	02 / 03 / 04
Bordako	verzweigt	100	weiß	1997, D	weiß	02 / 03
Boregine	verzweigt	100	weiß	2003, D	weiß	03 / 04
Borlana	verzweigt	100	weiß	2001, D	weiß-rosa	02 / 03 / 04
Borlu	verzweigt	100	hellbraun	2002, D	violett-blau	02 / 03 / 04
Idefix	verzweigt	100	weiß	2004, D	weiß-rosa	04
Rose	verzweigt	100	weiß	-	weiß	04
Vitabor	verzweigt	100	melirt	2004, D	blau-violett	04
V6-1	verzweigt	100	weiß	-	weiß	04
Boruta	unverzweigt	130	melirt	2001, D	hellviolett-rosa	02 / 03 / 04
Borweta	unverzweigt	140	weiß	1997, D	weiß	02 / 03
Sonet	unverzweigt	120	dunkelbraun	1998, D	blau	02 / 03 / 04
Prima	unverzweigt	140	weiß	2001, DK	weiß	03 / 04

Zur Unkrautkontrolle wurde das Mittel Stomp SC [400 g/l Pendimethalin] in einer Aufwandmenge von 4l/ha im Voraufbau eingesetzt. Vor der Ernte wurden in der Regel die wüchsigen Unkräuter von Hand entfernt. Der Unkrautdruck war aber an keinem Standort ein Problem. Folgende Arten wurden durch Stomp SC nicht erfasst (beliebige Reihenfolge): Rauhaariger Amarant (*Amaranthus retroflexus*), weißer Gänsefuß (*Chenopodium album*), ampferblättriger Knöterich (*Polygonum lapathifolium*), Flohknöterich (*Polygonum persicaria*), Windenknöterich (*Polygonum convolvulus*), Klettenlabkraut (*Galium aparine*), gemeine Melde (*Atriplex patula*) und Ackerwinde (*Convolvulus arvensis*).

Durchführung

In der Tab. 24 sind die Saat- sowie Erntetermine der schmalblättrigen und weißen Lupine an den verschiedenen Standorten aufgelistet.

Tab. 24: Saat- und Erntetermine der Sortenvergleiche mit schmalblättrigen (LUB) und weißen (LUW) Lupinen in den Versuchsjahren 2002 bis 2004

Jahr	Ort	Saat	Ernte LUB	Ernte LUW
2002	Möhlin	8.April	31. Juni (unverzweigte Sorten) / 16.August (verzweigte Sorten)	18.September
2002	Thun	4.April	14. August	-
2002	Wil (Bio)	4.April	31. Juni (unverz.) / 14. August (verz.)	23.August
2002	Changins	4.April	14. August	14.Aug
2003	Möhlin	17. März	29. Juli	29. Juli
2004	Möhlin	30. März	18. August	-
2004	Wil (Bio)	31. März	18. August	-

Parametererhebung

Die Bestandesdichte wurde ca. im 4-Blatt-Stadium der Lupinen ausgezählt. Im Jahr 2002 wurden in jeder Parzelle auf 3 einzelnen Laufmetern die Pflanzen ausgezählt. In Changins wurden die Bestandesdichten nicht erhoben. Im Jahr 2003 wurden pro Parzelle auf drei mal zwei Laufmetern die Pflanzen ausgezählt, im Jahr 2004 auf zwei mal zwei Laufmetern.

Die Lagerung der Lupinen wurde je nach Bedarf bonitiert. Eine Bonitur erfolgte immer wenige Tage vor der Ernte. Die Lagerung wurde mit Boniturnoten von 1 bis 9 erfasst, wobei 1=standfest, 9=Pflanzen auf dem Boden bedeutet.

Andere Schäden wie beispielsweise Wildtierverschädigung wurden nach Bedarf bonitiert. Krankheiten wurden nur bei den weißen Lupinen im Jahr 2002 bonitiert, da in allen anderen Versuchen keine Krankheiten auftraten.

Das Erntegut wurde an der FAL schonend getrocknet, gereinigt und gewogen. Die Feuchtigkeit der Körner wurde sowohl bei der Ernte wie auch nach der Trocknung bestimmt. Der Kornertrag wurde danach auf einen Feuchtigkeitsgehalt von 13% umgerechnet. Zusätzlich wurde das Tausendkorngewicht erhoben und der Rohproteingehalt mittels der Verbrennungsmethode nach Dumas bestimmt.

3.4.2.2 D-Buggingen, 2003

In diesem zweifaktoriellen Versuch wurden sowohl Sorten der Weißen Lupine (*Lupinus albus*), der Schmalblättrigen Lupine (*Lupinus angustifolius*) sowie zweier Mischungen der beiden Arten geprüft, als auch zwei Verfahren der nicht-chemischen Saatgutbehandlung zur Anthraknose-Bekämpfung angewandt. Im Folgenden wird nur der Sortenversuch beschrieben, während der Faktor Saatgutbehandlung in Kap. 3.6.2.2 detailliert dargestellt wird.

Versuchsanlage

Der Versuch wurde auf einem Praxisschlag in der Projektregion (Buggingen) durchgeführt (s. Tab. 4). Tab. 25 zeigt die verwendeten Sorten mit den entsprechenden Saatkulturen sowie

Züchter und Zulassungsjahr. Die Artenmischungen So 13 und So 14 wurden substitutiv gewählt (jeweils 50% der Reinsaatdichte für jeden Mischungspartner).

Tab. 25: Sorten, Saatkichten und Züchter im Lupinen-Sortenversuch (D-Buggingen, 2003)

	Art, Wuchstyp, Saatkichte	Sorte	Lieferant, Zulassung
So 1	<u>Schmalblättrige Lupine</u>	Bolivio	Saatzucht Steinach (D), 1999
So 2	verzweigte Sorten	Bordako	I.G. Saatzucht (D), 1997
So 3	100 kmf. Körner/m ²	Borlu	Saatzucht Steinach (D), 2002
So 4	<u>Schmalblättrige Lupine</u>	Boruta	Saatzucht Steinach (D), 2001
So 5	unverzweigte Sorten	Borweta	I.G. Saatzucht (D), 1997
So 6	130 kmf. Körner/m ²	Sonet	Kruse Saatzucht (D), 1998
So 7		Amiga	Florimond Desprez (F), 1985
So 8	<u>Weißer Lupine</u>	Arès	C.A.N.A. (F), 1988
So 9		Fortuna	SWS Rastatt (D), 2002
So 10	70 kmf. Körner/m ²	Lublanc	INRA Agri-Obtentions (F), 1985
So 11		Rondo	Secobra (F), 1994
So 12		Fabiola	SWS Rastatt (D)
So 13	<u>Mischungen</u>	Fortuna + Bolivio	
So 14	35 + 50 / 65 kmf. Körner/m ²	Amiga + Boruta	

Der Versuch wurde als Blockanlage mit 3 Wiederholungen konzipiert, wobei innerhalb jedes Blockes die Schmalblättrige und die Weiße Lupine (einschl. Mischungen) getrennt randomisiert und ausgewertet wurden. Da 3 Varianten der Saatgutbehandlung angewandt wurden (2 Methoden + unbehandelte Kontrolle), gab es von jeder Sorte 9 Parzellen. Die Parzellengröße betrug 3,00 m (doppelte Arbeitsbreite) x 3,33 m = 10,00 m².

Durchführung

Aufgrund einer der Saatgutbehandlungsmethoden und der erst nach Aussaat abgeschlossenen Keimtests weichen die erzielten Saatkichten z.T. von der Planung ab, was aber bei der Auswertung berücksichtigt wurde.

- Saatbettbereitung: Egge im Frühjahr und kurz vor Aussaat
- Saatgut-Impfung: Präparat "HiStick"
- Aussaat: 27.03.2003, Reihenweite 15 cm, Ablagetiefe ca. 5 cm
- Unkrautregulierung:
 - Blindstriegeln (01.04.2003)
 - Bestandesstriegeln (02.05. und 07.05.2003)
 - Jäten von Hand (bes. *Chenopodium album* und *Cirsium arvense*, 02.06.2003, nur 1. Wdh. wegen hohen Aufwandes)
- Beregnung: 04.06. (30 mm), 11.06. (40 mm), 25.06. (40 mm)

Parametererhebung

Bestandesentwicklung

Die Bestandesdichte (Pflanzen/m²) wurde zu folgenden Zeitpunkten ermittelt:

- Feldaufgang (feste Zählstrecke)
- während der Blüte (feste Zählstrecke)
- zur Ernte (im Probeschnitt mit Quadratmeterrahmen)

Während der Blüte wurden folgende Parameter erhoben:

- Bestandeshöhe (Abstand Boden → Blätterdach)
- Bodendeckung durch die Kulturpflanzen (prozentual mit Göttinger Schätzrahmen)
- Verunkrautung (1= kaum verunkrautet, 5= Unkräuter dominieren den Bestand), Bestimmung der Leitunkräuter
- Lager (sofern auftretend)

Ernte

Anhand eines Probeschnittes (Quadratmeterrahmen) wurden Ertragsaufbau (Hülse/Pflanze, Körner/Hülse, TKM), Korn- und Strohertrag sowie Kornproteingehalt und N-Gehalt im Stroh bestimmt.

Die verbleibende Erntefläche wurde gedroschen, und der Parzellenertrag anhand von Druschproben auf einheitliche Kornfeuchte und gereinigten Zustand umgerechnet. Aufgrund von Messfehlern liegen für die Schmalblättrige Lupine hierzu keine Daten vor, so dass der Ertrag aus dem Probeschnitt angegeben wird.

3.4.2.3 F-Sausheim und F-Herbsheim, 2003

Dieser Sortenversuch mit Sommerlupinen hat zum Ziel, die für den biologischen Landbau unter den Standortbedingungen des Oberrheingebiets am besten geeigneten Sorten zu ermitteln, insbesondere diejenigen, die Boden-pH-Werte über 7, eventuell auch freien Kalk vertragen.

Die im ökologischen Landbau zu berücksichtigenden Kriterien (ITAB, 2001) sind:

- ⇒ eine gute Bodenbedeckung
- ⇒ eine größere Wuchshöhe
- ⇒ eine gute Verzweigungsfähigkeit
- ⇒ eine gute Standfestigkeit
- ⇒ Toleranz gegenüber Krankheiten und Schädlingen
- ⇒ eventuell eine geringe TKM, um die Saatgutkosten zu reduzieren, da im ökologischen Landbau dicht gesät werden muss.

verglichene Sorten:

Es wurden 8 Sommerlupinensorten geprüft, davon

- 4 Sorten Weiße Lupinen: LUBLANC, ARÈS, AMIGA und RONDO
- 4 Sorten Schmalblättrige Lupinen: BOLIVIO, BORLU, SONET und BORUTA (auf einem Standort außerdem BOLTENSIA)

Die Saatstärke hängt ab von der Lupinenart und der Sorte und richtet sich nach den Empfehlungen des Züchters oder ersatzweise nach der Saatstärke bei den Versuchen der FAL, wobei von 90% Feldaufgang ausgegangen wird.

Tab. 26: Varianten im Lupine-Sortenversuch, F-Sausheim und F-Herbsheim 2003

Sorte	Typ	Züchter	TKM (g)	Keimf. (%)	Reinheit (%)	empfohlene Saatstärke (K/m ²)
Bolivio	schmalblättrig verzweigt	Saatzucht Steinach	154	75	99	100
Borlu			179	94	99	100
Boltensia			158	88	99	100
Boruta	schmalblättrig unverzweigt	Kruse Saatzeit	143	90	99	130
Sonet			159	86		140
Amiga	weiß	Florimond-Desprez	307	92		65
Arès		C.A.N.A.	329			65
Lublanc		INRA Agri-Obtentions	300			65
Rondo		Secobra	330			65

Bemerkung: Die Keimfähigkeit des Saatguts von Bolivia war schlecht.

Versuchsdurchführung

Dieser Versuch wurde bei zwei Landwirten auf ökologisch bewirtschafteten Flächen angelegt:

- in Sausheim (bei Mulhouse) im Département Haut-Rhin
- in Herbsheim (bei Benfeld) im Département Bas-Rhin.

Versuchsanlage

Die Versuchsanlage wird bestimmt von der Erntetechnik und der verfügbaren Menge an Saatgut je Sorte.

In Sausheim konnte mit einem Parzellenmähdrescher geerntet werden. Da die schmalblättrigen und weißen Lupinen zu unterschiedlichen Terminen reifen, wurde der Versuch wie zwei aneinandergrenzende Versuche angelegt. Die Sorten eines jeden Typs wurden in 3 Blöcken, also in 3 Wiederholungen angebaut. Gesät wurden Kleinparzellen von 3 m Breite und 12 m Länge, also eine Fläche von 36 m² je Sorte und je Wiederholung (s. Abb. 3 im Anhang).

An diesem Standort wurden 4 Sorten schmalblättrige und 4 Sorten weiße Lupinen miteinander verglichen.

In Herbsheim stand für die Ernte nur ein Praxismähdrescher zur Verfügung. Zur Vereinfachung von Saat und Ernte wurden dort deshalb Streifen von 3 m Breite und 50 m Länge (also 150 m²) angelegt (s. Abb. 4 im Anhang). Dabei waren die schmalblättrigen und die weißen Lupinen jeweils gruppiert, um zu zwei unterschiedlichen Terminen ernten zu können.

Auf diesem Standort wurden 5 Sorten schmalblättrige und 4 Sorten weiße Lupinen untersucht.

Klimadaten

Tab. 27: Niederschläge und Beregnung in den Lupine-Sortenversuchen, F-2004

Ort	Höhenlage (m)	März		April		Mai		Juni		Juli	
		N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Sausheim	248	0	0	13	0	17	0	34	0	21	0
Herbsheim	150	0	0	19	30	96	0	78	0	68	

N = Niederschläge (mm) B = Beregnung (mm) (Angaben der Landwirte)

- am 12.06.03 gab es in Herbsheim starken Hagel (große Körner)
- in der ersten Augushälfte herrschte große Hitze

Diese Daten zeigen, dass die Wasserversorgung in Herbsheim besser war als in Sausheim, wegen der Beregnung im April und den Niederschlägen im Mai, Juni und Juli.

Anbauverfahren:

Wurde vom Landwirt bestimmt, ist aber jeweils einheitlich.

Tab. 28: Anbauverfahren in den Lupine-Sortenversuchen, F-2004

	Sausheim	Herbsheim
Bodenbearbeitung	05.03.03	Pflug am 27.01 + Federzinkenegge am 10.03
Saat	13.03.03	22.03.03
Düngung	nein	20 t/ha Kompost im Januar
Beregnung	nein	ja
Unkrautregulierung	nein	Striegel am 02.05.03
Ernte	smb.: 08.07.03	smb.: 01.08.03 weiß: 11.08.03

Messungen und Bonituren

Sie entsprechen ungefähr denjenigen von den Erbsenversuchen und erfolgten im Wesentlichen gemäß den Empfehlungen der ITAB (ITAB, 2001).

Termine der verschiedenen Entwicklungsstadien

Erhebung der Termine von Feldaufgang, 3-4- und 8-10-Blatt-Stadium, Blühbeginn und Blühende sowie Reife/Ernte.

Hinweis: ‚Blühbeginn‘ heißt, dass mindestens 50% der Pflanzen wenigstens eine Blüte geöffnet haben.

Ertrag, Ertragskomponenten und Qualität

Anzahl Pflanzen/m² (=> Verlustrate)

Im 3-4-Blatt-Stadium (nach dem Feldaufgang), wurden auf mindestens 6 (Sausheim) bzw. 10 Plätzen (Herbsheim) von 0,25 m² die Anzahl Pflanzen gezählt.

*Falls notwendig, Bewertung **der Gleichmäßigkeit des Feldaufgangs** mit einer Note.*

Mährdruschertrag und Wassergehalt

Wiegung des Parzellenertrags bei maschineller Ernte; falls erforderlich Bewertung der Ernteverluste.

Bei Ernte von Hand Beerntung von 3-4 Plätzen à 1 m²; anschließend Wiegung.

Ermittlung des Feuchtegehalts bei der Ernte durch Wiegung einer Probe vor und nach der Trocknung im Trockenschrank.

Berechnung des Ertrags bei 14 % Feuchte.

TKM, Eiweißgehalt

Entnahme einer Probe von 400 -500 g je Kleinparzelle (oder je Streifen).

TKM (bei 14 % Feuchte)

Untersuchung des Proteingehalts in einem Labor; Berechnung des Proteinertrags/ha.

Konkurrenzkraft der Kultur gegenüber Unkräutern

Stärke der Entwicklung

Im 4-5-Blatt-Stadium (oder bei weit entfernten Parzellen im Stadium 3-4-Blatt), wurde mittels visueller Bewertung, eine relative Klassifizierung der Sorten auf einer Skala von 1 bis 5 vorgenommen:

1 = sehr schwache Entwicklung

5 = sehr starke Entwicklung.

Wuchshöhe

Beim Blühende (beim Erreichen der maximalen Wuchshöhe) und bei der Ernte wurde visuell die mittlere Wuchshöhe der Sorten geschätzt (im Fall von Lager wurde nur der noch stehende Teil berücksichtigt).

Falls nötig, Lagerbonitur während der Vegetationszeit und bei der Reife.

Bodenbedeckung

Im 8-10-Blatt-Stadium, vor Blühbeginn, wurde visuell eine relative Klassifizierung der Sorten untereinander auf einer Skala von 1 bis 5 vorgenommen:

1 = ganz geringe Bodenbedeckung

5 = sehr gute Bodenbedeckung.

Verunkrautung

Zu Blühbeginn und bei der Ernte wurde visuell eine relative Klassifizierung der Sorten untereinander auf einer Skala von 1 bis 5 vorgenommen:

1 = praktisch keine Unkräuter

5 = sehr viele Unkräuter.

Hinweis: Die Bonitur der Verunkrautung zu Blühbeginn erlaubt die Erfassung des Effekts der Sortenunterschiede bezüglich der Bodenbedeckung **im Jugendstadium**.

Die Bonitur zum Zeitpunkt der Ernte erlaubt die Darstellung der Spätverunkrautung, die, im Gegensatz zur ersten Bonitur, das Sortenverhalten gegen **Ende des Vegetationszyklus** zum Ausdruck bringt. Eine Sorte, die zum Schluss stark lagert, begünstigt das Unkrautwachstum. Dieses beeinträchtigt zum Ende der Vegetationsperiode zwar nicht mehr den Ertrag, erhöht jedoch die Risiken für die Folgekultur durch Vergrößerung des Samenpotentials im Boden.

Schädlinge und Krankheiten

Krankheiten

Kontrolle auf Schädlinge und auftretende Krankheiten (Anthraknose, Mehltau, Rost etc.) bei jedem Besuch. Bei signifikantem Befall Identifizierung des Schädlings oder der Krankheit(en) und relative Klassifizierung der Sorten auf einer Skala von 1 bis 5:

1= kein Befall

5= starker Befall

Tab. 29: Übersicht der Erhebungen in den Lupine-Sortenversuchen, F-2004

Entwicklungsstadium	Unkrautunterdrückung	Stängelhaltung	Schädlinge Krankheiten	Ertrag
3-4-Blatt	- Entwicklungsstärke (1 bis 5)		<i>Bonitur Blattrandkäfer</i> + <i>Überwachung</i>	- Anzahl Pfl./m ² (=> Verlustrate) - <i>Gleichmäßigkeit des Aufgangs</i>
8-10-Blatt (vor der Blüte)	- Bodenbedeckung (1 bis 5)		Überwachung	
Blühbeginn	- Verunkrautung (1 bis 5)		Bonitur Läuse + Überwachung	
Blühende	max. Wuchshöhe	<i>Lagerbonitur</i>	Überwachung	
Bei der Ernte	- Verunkrautung (1 bis 5) - Wuchshöhe	<i>Lagerbonitur</i>	<i>Bonitur Anthraknose</i>	- Mähdruschertrag b. 14% Feuchte - TKM b. 14% Feuchte - Eiweißgehalt - Wassergehalt

Die kursiv gedruckten Erhebungen werden nur soweit erforderlich und möglich durchgeführt.

Untersuchungsverfahren

Die Mittelwerte jeder Variablen werden zwischen den Sorten mit der Varianzanalyse verglichen, um signifikante Sortenunterschiede herauszufinden. Bei signifikanten Unterschieden (bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit) folgt der Newmann & Keuls - Test (Test des mehrfachen Vergleichs von Mittelwerten). Diese Auswertungen werden mit Hilfe der Software Statbox (ITCF) durchgeführt.

3.4.3 Tastversuche

3.4.3.1 Kichererbse (D-Heitersheim, 2004/05)

Nach dem extrem trockenen Sommer 2003 wurde in den Versuchsjahren 2004 und 2005 im Rahmen von Tastversuchen die Anbauwürdigkeit der Kichererbse am Oberhein geprüft. Diese Kultur könnte aufgrund ihrer Verwertung für die Humanernährung trotz vergleichsweise geringer Erträge gute Deckungsbeiträge erzielen, und besonders für sandige, nicht beregnungsfähige Standorte interessant sein.

Versuchsanlage

Die Kichererbsen wurden auf Praxisschlägen bei Heitersheim (s. Tab. 4) ausgesät. Da kein Saatgut verfügbar war, wurde ökologisch erzeugte Verbrauchsware verschiedener Produzenten herangezogen. (Nach Angaben von Rapunzel wird diese im "Türkei-Projekt" ebenfalls als Landsorte zur Wiederaussaat verwendet.) Die Parzellengröße betrug 10,00 m x 1,50 m.

- 2004: Vier Parzellen 'Rapunzel', keine Versuchsfaktoren
- 2005: Material von Rapunzel, Neuform und Davert Mühle als "Sortenversuch" mit 3 Wiederholungen (9 Parzellen, kein Rand)

Durchführung

- Saatgutimpfung
 - 2004: in Ermangelung von Kichererbsen-Impfmittel Versuch einer Mischimpfung mit Lupinen- und Soja-Impfmittel
 - 2005: spezifische Kichererbsen-Rhizobien; sowohl feucht (am Korn haftende Aufschlammung) als auch trocken (Zusatz im Säbehälter)
- Aussaat: 27.04.2004 und 12.05.2005
 - Saatbettbereitung mit Egge (2004) bzw. Kreiselegge (2005)
 - Reihenweite: 30 cm
 - Saattiefe: 45 Körner/m² (ohne Kenntnis der Keimfähigkeit)
- Unkrautbekämpfung
 - 2004: Blindstriegeln, 3x Hacken
 - 2005: 1x Hacke

Auswertung

Neben der Zählung des Feldaufganges wurde die allgemeine Entwicklung der Bestände beobachtet (Massenwuchs, Reihenschluss, Knöllchenansatz, Blühperiode, Krankheiten). Ertragsdaten wurden 2005 anhand von Probeschnitten ermittelt.

3.4.3.2 Gelbe Lupine (Schweiz, 2003/04)

Neben der weißen und schmalblättrigen Lupine sind auch gelbe Lupinen (*Lupinus luteus*) interessant. Sie weist natürlicherweise einen höheren Rohproteingehalt als die zwei anderen Arten auf und wurde züchterisch ebenfalls bearbeitet. Die gelbe Lupine war nicht Bestandteil dieses Projektes. Interessenshalber haben wir sie aber in den Jahren 2003 und 2004 auf kleinen Flächen ausgesät.

Im Jahr 2003 wurde mit der Sorte Borsaja eine Parzelle auf derselben Fläche wie der Anthraknoseversuch gesät.

Im Jahr 2004 wurde in den Sortenvergleich der schmalblättrigen Lupinen eine neue Linie aus dänischer Züchtung ⁴ mit dem vorläufigen Namen LWA1 integriert.

Im Jahr 2003 wurden keine Bonituren oder Erhebungen durchgeführt.

Im Jahr 2004 wurden dieselben Bonituren und Erhebungen wie im Sortenvergleich durchgeführt (siehe Kapitel 3.4.2.1).

3.5 Feldversuche mit Sommer- und Winterformen von Körnerleguminosen

Winterformen von Weißer Lupine, Körnererbse und Ackerbohne ermöglichen eine bessere Ausnutzung der Winterfeuchtigkeit sowie eine längere Vegetationszeit. Somit sind höhere und – da die empfindliche Blühperiode vor Einsetzen der Sommertrockenheit durchlaufen werden kann – sicherere Erträge als bei Sommerformen zu erwarten. Ein weiterer Vorteil, speziell in dem von Sommerungen geprägten Oberrheingebiet, ist ein Entwicklungsvorsprung vor den Sommerunkräutern.

Die genannten Vorteile von Winterungen wurden im direkten Vergleich mit Sommerformen überprüft. Darüber hinaus wurden die Winterhärte verschiedener Sorten im Oberrheingebiet, die Anfälligkeit gegen Schaderreger sowie verschiedene Anbaustrategien untersucht.

3.5.1 Winterackerbohne

3.5.1.1 Sortenwahl und Saattermin (D-Heitersheim, 2004/05)

Im ersten Versuchsjahr wurde der Einfluss des Saattermins auf Vorwinterentwicklung, Überwinterung und Ertragsleistung einer Winterackerbohnen-sortenart untersucht und den Erträgen einer Sommersorte zu zwei Saatterminen gegenübergestellt. Im zweiten Jahr wurde der Versuch mit drei Wintersorten wiederholt.

⁴ Bjarne Jørnsgård, The Royal Veterinary and Agricultural University, Plant Breeding and Crop Science, Agrovej 10, bygn. 8-66, DK-2630 Taastrup

Versuchsanlage

Es wurde jeweils eine zweifaktorielle Blockanlage mit vier bzw. acht Varianten und drei Wiederholungen angelegt. Die Winterackerbohnen wurden zu zwei Saatterminen im Herbst gesät. Zum Vergleich wurde eine bewährte Sommersorte zu zwei Saatterminen im Frühjahr gesät (s. Tab. 34). Alle Varianten wurden miteinander randomisiert. Die Parzellengröße betrug 1,50 m × 10,00 m.

Tab. 30: Varianten in den Winterackerbohnenversuchen (D-Heitersheim, 2004-05)

Saattermine		Sorten	Züchter / Lieferant
2003/04	2004/05		
14. Okt.	14. Okt.	Karl	GAE Recherche
12. Nov.	16. Nov.	Diva ¹	Agri Obtentions
		Olan ¹	Semagra
04. März	17. März	Aurelia	Saatzucht Gleisdorf
01. April	04. April		

¹ nur im Versuchsjahr 2004/05

Die Feldversuche erfolgten in beiden Jahren auf Praxisschlägen bei Heitersheim (s. Tab. 4). Eine nach der Ernte 2004 versuchsflächenspezifisch erfolgte Bodenuntersuchung ergab abweichend vom Schlagmittel einen niedrigeren Gehalt an K₂O (5 mg/100 g Boden, Geh.kl. A).

Durchführung

- Saatbettbereitung: zum ersten Termin flächendeckend mit Zinkenegge, danach jeweils parzellenweise mit Kreiselegge + Krümelwalze (Frühjahr 2004 mit Zinkenegge)
- Drillsaat: Reihenweite 50 cm, Saattedichte 30 kmf. Kö./m² (Wintersorten) bzw. 40 kmf. Kö./m² (Sommersorte)
- Unkrautbekämpfung: in beiden Versuchsjahren aufgrund der Bodenfeuchte erst nach Winter möglich
 - 2003/04: Winterungen 1 x Striegeln, 3 x Hacken – Sommerung 1 x Blindstriegeln, 1 x Striegeln, 2 x Hacken
 - 2004/05: in Winterungen nur 1 x Hacken möglich – Sommerung 2 x Hacken, erster Durchgang bei später Sommerung zusätzlich mit Striegel
- Düngung (nur 2. Versuchsjahr):
 - 14.10.2004: 50 kg P₂O₅/ha als weicherdiges Rohphosphat (Gafsa 27)
 - 25.10.2004: 60 kg K₂O/ha (als Patentkali)
- Beregnung: 16.07.2005 (20 mm)

Parametererhebung

Bestandesentwicklung

Es wurden die Termine von folgenden Stadien festgehalten:

- Feldaufgang (BBCH 09)

- Reihenschluss (je nach Massenwuchs)
- Blühbeginn (BBCH 61)
- Blühende (BBCH 69)
- Erntereife (BBCH 89)

Die Bestandesdichte (Pflanzen/m²) wurde zu folgenden Zeitpunkten anhand von festen Zählstrecken ermittelt:

- Feldaufgang (Nov. – Apr.; je nach Saattermin)
- nach Winter bzw. Beginn Frühjahr (März/Apr.)

Zur Vor- und Nachwinterentwicklung wurden festgehalten:

- Entwicklungsstadium zu Beginn der Winterruhe (Dez.)
- Frühjahrswüchsigkeit (Bestandesentwicklung nach Wiederbeginn der Vegetationszeit im April, Boniturnote 1 = stärkste, 9 = schwächste Entwicklung)

Jeweils zu Blühbeginn und Blühende wurden folgende Parameter erhoben:

- Wuchshöhe (Abstand Boden → Blätterdach)
- Lager (Boniturnote 1 = kein Lager, 9 = totales Lager); weitere Bonitierung zum Erntetermin
- Bodendeckung (%) durch Kulturpflanze
- Bodendeckung (%) durch Unkräuter

Ertragsbildung

Zur Ernte wurden die festen Zählstrecken als Probeschnitte entnommen, um den Ertragsaufbau (Triebdichte, Hülsenzahl, Kornzahl, TKM) sowie Trockenmasseerträge von Korn und Stroh zu ermitteln.

Die verbleibende Parzellenfläche wurde gedroschen. Anhand entnommener Proben wurden Erntefeuchte und Unkrautbesatz des Druschgutes bestimmt, und der bereinigte Parzellenertrag bei 14% Kornfeuchte errechnet.

Anhand des Materials aus den Probeschnitten wurden N-Gehalte von Korn und Stroh analysiert, um Rohproteinerträge, N-Verhältnis von Korn und Stroh, sowie N-Rückstände im oberirdischen Pflanzenmaterial zu errechnen.

3.5.1.2 Sortenwahl (F-Sausheim und F-Elsenheim, 2004/05)

Versuche F-Sausheim und F-Elsenheim 2004

Verglichene Sorten

Für den Vergleich der Standorteignung der Winterformen mit den Sommerformen von Ackerbohnen wurden die beiden als am winterhärtesten bezeichneten Sorten (DIVA und KARL) neben zwei Sommersorten, einer österreichischen, die sehr trockenheitsresistent sein soll (AURELIA) sowie einer von elsässischen Bauern geschätzten (DIVINE) ausgesät.

Standorte

Dieser vergleichende Versuch wurde bei zwei Öko-Landwirten angelegt:

- in Elsenheim (F-67), bei H. STEGLE,
- in Sausheim (F-68), bei H. TRITSCH.

Ziel ist es, damit repräsentativere Ergebnisse zu bekommen, unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Produktionsbedingungen, die im ökologischen Landbau von sehr großer Bedeutung sein können (Boden, Kulturführung, Unkraut- und Krankheits- bzw. Schädlingsdruck).

Versuchsanlage

Jeder Versuch wurde in einer Anlage mit drei Blöcken durchgeführt, um der möglichen Heterogenität des Standorts Rechnung zu tragen. Da die Winter- und Sommerformen jedoch unterschiedliche Reife- und damit auch Erntetermine aufweisen, wurde jeder Versuch in zwei aneinander angrenzende Versuche aufgeteilt, je einen für Winterform und Sommerform, welcher wiederum in drei Blöcke (Plan im Anhang) unterteilt war, so dass sich drei Wiederholungen pro Sorte ergeben.

Alle Anbaumaßnahmen wurden mit Praxisgeräten des Landwirts durchgeführt (auch die Ernte). Die Einzelparzellen sind mit $5,5 \times 38 \text{ m} = 209 \text{ m}^2$ in Elsenheim und wenigstens $6 \times 35 \text{ m} = 210 \text{ m}^2$ in Sausheim ziemlich groß.

Versuchsdurchführung

Die Anbaumaßnahmen wurden vom Landwirt durchgeführt und jeweils an die Winter- oder Sommerform angepasst. Die folgende Tabelle zeigt sie in einer Übersicht:

Tab. 31: In den verschiedenen Ackerbohnenformen an den Standorten F-Elsenheim und F-Sausheim 2004 durchgeführte Anbaumaßnahmen

	Elsenheim		Sausheim	
	Wi.-AB	So.-AB	Wi.-AB	So.-AB
Bodenbearbeitung	Grubber +Pflug +Kreiselegge	Grubber+Pflug+ Federzahnegge	Scheibenegge (Sep.)+ Federzahn- egge (Nov.)	Scheibenegge+ Federzahnegge (März)
Sätechnik	Drillmaschine		Direktsaatdrillmaschine (mit Scheibenschar)	
Reihenabstand	17 cm		17 cm	
Sattermin	31.10.03	18.03.04	07.11.03	18.03.04
Saatstärke	35 K./m ²	60 K./m ²	35 K./m ²	60 K./m ²
Düngung	keine		keine	
Beregnung	12.05.04, 25 mm		keine	
Striegel	28.03.04	24.04.04	31.03.04	28.04.04
Lausbekämpfung	keine	keine	keine	Rotenon am 16.06.04
Erntetermin	10.08.04	03.09.04	30.07.04	nicht geerntet

Legende: AB = Ackerbohne, Wi. = Winter, So. = Sommer

Infolge des regnerischen Sommers hat sich die Ernte verzögert, insbesondere bei den Sommerackerbohnen in Eisenheim, welche erst Anfang September geerntet werden konnten.

Messungen und Bonituren

Nach dem Feldaufgang wurden an beiden Standorten in jeder Einzelparzelle 6 Beprobungsflächen von je 1 m² ausgewiesen. In diesen Flächen wurden dann im Verlauf der Vegetationszeit Erhebungen zur Konkurrenzkraft von Unkräutern, Krankheiten und Schädlingen sowie zu den Ertragskomponenten durchgeführt. Der Ertrag wurde über die Beerntung der Einzelparzellen, Sorte für Sorte⁵, mit einem praxisüblichen Mähdröschler ermittelt.

Die durchgeführten Bonituren sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst:

Tab. 32: Bonituren in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Ackerbohnen, F-Eisenheim und F-Sausheim 2004

Stadium	Unkrautdruck	Schädlings- und Krankheitsdruck	Ertrag
Aufgang (und Stand nach Winter⁶)			- Bestandesdichte (Pfl./m ²) => Verlustrate
4-5-Blatt-Stadium (ein Monat nach Winterende)	- Entwicklungsstand/Konkurrenzkraft*	Überwachung (Bonitur Lausbefall)	
8-10-Blatt-Stadium (vor der Blüte)	- Bodenbedeckungsgrad (%)	Überwachung	
Blühbeginn	- Bestandeshöhe - Verunkrautung (% Bodenbedeckung)	Überwachung (Bonitur Lausbefall)	
Blühende	- maximale Bestandeshöhe	Überwachung	
Vor der Reife		Überwachung	- Anzahl der hülsentragenden Stängel/Pflanze - Anzahl Hülsen/Pfl. => mittlere Anzahl Hülsen je hülsentrag. Stängel
Bei der Ernte	- Verunkrautung (% Bodenbedeckung) - Bestandeshöhe (=> Lager)	Überwachung	- Mähdröschlertrag bei 14% Feuchte - TKM b. 14 % Feuchte - Proteingehalt - Wassergehalt - % Besatz

* Noten von 1 bis 9: wobei 1 = sehr gut (Ziel des Landwirts) und 9 = sehr schlecht

- kursiv gedruckte Bonituren werden nur bei Bedarf durchgeführt.

⁵ Die drei Blöcke einer Sorte wurden nacheinander beerntet, damit die Sortenreinheit nach Aberntung des letzten Blocks so gut wie möglich ist, da aus einer Probe vom letzten Block die Laboruntersuchung auf Proteingehalt vorgenommen wurde.

⁶ bei den Wintersorten

Außerdem wurden die Termine des Erreichens der wichtigsten Entwicklungsstadien (Auflauf, Beginn und Ende der Blüte, Reife) notiert.

Versuch F-Eisenheim 2005

Geprüfte Sorten

Es wurden dieselben Sorten wie im Jahr 2004 geprüft: DIVA und KARL als Wintersorten, sowie AURELIA und DIVINE als Sommersorten. Neben dem Versuch wurde die neue FEVITA-Sorte DISCO mit niedrigem Tannin und Vicin- bzw. Convicin-Gehalt ausgesät, um deren Verhalten zu beobachten.

Lage

Dieser Vergleichsversuch wurde wie auch schon 2004 bei H. STEGLE in F-67 Eisenheim angelegt, jedoch auf einer viel steinigere Fläche mit geringem Wasserhaltevermögen.

Versuchsanlage

Wie 2004 wurde dieser Versuch in einer Blockanlage mit 3 Wiederholungen durchgeführt, wobei die Wintersorten auf der einen und die Sommersorten auf der anderen Seite lagen (Plan s. Anhang). Die Einzelparzellen waren mit 6,5m x 50m = 325 m² ziemlich groß.

Versuchsdurchführung

Die Bewirtschaftungsmaßnahmen wurden vom Landwirt durchgeführt und auf die Winter- bzw. Sommersorten abgestimmt. Sie sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst:

Tab. 33: Bewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von der Ackerbohnenform, F-Eisenheim 2005

	Winter	Sommer
Vorfrucht	Winterweizen	Winterweizen
Bodenbearbeitung	Grubber+Pflug + Egge+ Kreiselegge	Grubber+Pflug + Saatbettbereitung mit Federzahnegge + Walze (vor und nach der Saat)
Sätechnik	Getreide-Drillmaschine (mit Schlepp- oder mit Scheibenschar)	
Reihenabstand	17 cm	
Aussaatdatum	13.11.04	18.03.05
Saatstärke	40 K/m ²	60 K/m ²
Düngung	keine	
Beregnung	03.06.05 & 23.06.06 (50 mm insgesamt)	1, 18 & 23.06.05 (75 mm insgesamt)
Striegel	Ende März und 14.04.05	06.04 und 14.04.05
Ernte	05.08.05	05.08.05

Bemerkung: Die Aussaat der Winterackerbohnen fand bei sehr schlechten Bedingungen statt (ziemlich klebriger Boden), deshalb wurde die Aussaatstärke erhöht.

Messungen und Bonituren

Die Bonituren sowie die Auswahl der Beprobungsflächen erfolgte wie im Jahre 2004. Nur die Zählungen der hülsentragenden Stängel sowie der Hülsen/Pflanze entfielen. Dagegen wurde zusätzlich die Zahl der vom Ackerbohnenkäfer befallenen Körner, die bei der Ernte bereits ein Loch aufweisen⁷ ermittelt.

3.5.2 Wintererbse

3.5.2.1 Sortenwahl und Saattermin (D-Heitersheim, 2004/05)

In zwei Versuchsjahren wurde der Einfluss von Sortenwahl und Saatzeitpunkt auf Vorwinterentwicklung, Überwinterung sowie Ertragsleistung von Wintererbsen untersucht und den Erträgen einer Sommersorte zu zwei Saatzeiten gegenübergestellt.

Versuchsanlage

Es wurde jeweils eine zweifaktorielle Blockanlage mit acht Varianten und drei Wiederholungen angelegt. Drei Sorten der Wintererbse wurden zu zwei Saatterminen im Herbst gesät. Zum Vergleich wurde eine bewährte Sommersorte zu zwei Saatterminen im Frühjahr gesät (s. Tab. 34). Alle Varianten wurden miteinander randomisiert. Die Parzellengröße betrug 1,50 m × 10,00 m.

Tab. 34: Varianten in den Wintererbsenversuchen (D-Heitersheim, 2004-05)

Saattermine		Sorten	Züchter / Lieferant
2003/04	2004/05		
14. Okt.	14. Okt.	Iceberg	Danisco
12. Nov.	16. Nov.	Cheyenne	GAE Recherche
		Lucy	GAE Recherche
04. März	17. März	Hardy	Norddt. Pflanzenzucht
01. April	04. April		

Die Feldversuche erfolgten in beiden Jahren auf Praxisschlägen bei Heitersheim (s. Tab. 4). Eine nach der Ernte 2004 versuchsflächenspezifisch erfolgte Bodenuntersuchung ergab abweichend vom Schlagmittel niedrigere Gehalte an P₂O₅ (5 mg/100 g Boden, Geh.kl. A) und K₂O (8 mg/100 g Boden, Geh.kl. B).

Durchführung

- Saatbettbereitung: zum ersten Termin flächendeckend mit Zinkenegge, danach jeweils parzellenweise mit Kreiselegge + Krümelwalze
- Drillsaat: Reihenweite 30 cm, Saatedichte 90 kmf. Kö./m²
- Unkrautbekämpfung: in beiden Versuchsjahren aufgrund der Bodenfeuchte erst nach Winter möglich

⁷ Zählung an 2 Proben à 100 Körner je Variante.

- 2003/04: 1 x Striegeln, 1 x Hacken (bei Sommerungen zusätzlich Blindstriegeln und bei später Sommerung 2. Hackdurchgang möglich)
- 2004/05: nur 1 x Hacken möglich (bei später Sommerung zusätzlich Striegeln); Jäten von Ackerkratzdistel in 1./2. Wdh.
- Pflanzenschutz (nur 1. Versuchsjahr): am 10.06.2004 Spritzung mit Herba Vetyl gegen Blattlausbefall (Wirkstoff: Pyrethrum, Aufwandmenge ca. 935 ml Wirkstoff je ha)
- Düngung (nur 2. Versuchsjahr):
 - 14.10.2004: 50 kg P₂O₅/ha als weicherdiges Rohphosphat (Gafsa 27)
 - 25.10.2004: 60 kg K₂O/ha (als Patentkali)

Parametererhebung

Bestandesentwicklung

Es wurden die Termine von folgenden Stadien festgehalten:

- Feldaufgang (BBCH 09)
- Reihenschluss (je nach Massenwuchs)
- Blühbeginn (BBCH 61)
- Blühende (BBCH 69)
- Erntereife (BBCH 89).

Die Bestandesdichte (Pflanzen/m²) wurde zu folgenden Zeitpunkten anhand von festen Zählstrecken ermittelt:

- Feldaufgang (Nov. – Apr.; je nach Saattermin)
- Beginn Winter (Nov./Dez., sofern aufgelaufen)
- nach Winter bzw. Beginn Frühjahr (März/Apr.).

Zur Vor- und Nachwinterentwicklung wurden festgehalten:

- Entwicklungsstadium zu Beginn der Winterruhe (Dez.)
- Frühjahrswüchsigkeit (Bestandesentwicklung nach Wiederbeginn der Vegetationszeit im April, Boniturnote 1 = stärkste, 9 = schwächste Entwicklung).

Jeweils zu Blühbeginn und Blühende wurden folgende Parameter erhoben:

- Wuchshöhe (Abstand Boden → Blätterdach)
- Lager (Boniturnote 1 = kein Lager, 9 = totales Lager); weitere Bonitierung zum Erntetermin
- Bodendeckung (%) durch Kulturpflanze
- Bodendeckung (%) durch Unkräuter.

Ertragsbildung

Zur Ernte wurden die festen Zählstrecken als Probeschnitte entnommen, um den Ertragsaufbau (Hülsenzahl, Kornzahl, TKM) sowie Trockenmasseerträge von Korn und Stroh zu ermitteln.

Die verbleibende Parzellenfläche wurde gedroschen. Anhand entnommener Proben wurden Erntefeuchte und Unkrautbesatz des Druschgutes bestimmt, und der bereinigte Parzellenertrag bei 14% Kornfeuchte errechnet.

Anhand des Materials aus den Probeschnitten wurden N-Gehalte von Korn und Stroh analysiert, um Rohproteinträge, N-Verhältnis von Korn und Stroh, sowie N-Rückstände im oberirdischen Pflanzenmaterial zu errechnen.

3.5.2.2 Sortenwahl (F-Sausheim und F-Elsenheim, 2004/05)

Versuche F-Sausheim und F-Elsenheim 2004

Verglichene Sorten

Für den Vergleich von Winter- und Sommerformen bei Körnererbsen wurden die beiden als am winterhärtesten bzw. als am besten an die Verhältnisse des Ökolandbaus angepassten Sorten (CHEYENNE und LUCY) sowie die beiden im Ökolandbau bedeutendsten Sommersorten (NITOUCHE und HARDY) angebaut.

Standorte

Auch dieser Vergleichsversuch wurde bei zwei Ökolandwirten angelegt:

- in Elsenheim (F-67), bei H. STEGLE,
- in Sausheim (F-68), bei H. TRITSCH.

Versuchsanlage

Jeder Versuch wurde in einer Anlage mit drei Blöcken durchgeführt, um der möglichen Heterogenität des Standorts Rechnung zu tragen. Da die Winter- und Sommerformen jedoch unterschiedliche Reife- und damit auch Erntetermine aufweisen, wurde jeder Versuch in zwei aneinander angrenzende Versuche aufgeteilt, je einen für Winterform und Sommerform, welcher wiederum in drei Blöcke (Plan im Anhang) unterteilt war, so dass sich drei Wiederholungen pro Sorte ergeben.

Alle Anbaumaßnahmen wurden mit Praxisgeräten des Landwirts durchgeführt (auch die Ernte). Die Einzelparzellen sind mit $6,5 \times 50 \text{ m} = 325 \text{ m}^2$ in Elsenheim und wenigstens $6 \times 35 \text{ m} = 210 \text{ m}^2$ in Sausheim ziemlich groß.

Versuchsdurchführung

Die Anbaumaßnahmen wurden vom Landwirt durchgeführt und jeweils an die Winter- oder Sommerform angepasst. Die folgende Tabelle zeigt sie in einer Übersicht:

Tab. 35: In den verschiedenen Erbsenformen an den Standorten F-Elsenheim und F-Sausheim 2004 durchgeführte Anbaumaßnahmen

	Elsenheim		Sausheim	
	Wi.-E	So.-E	Wi.-E	So.-E
Bodenbearbeitung	Grubber+Pflug +Kreiselegge	Grubber+Pflug+ Federzahnegge	Scheibenegge (Sep.)+ Federzahn- egge (Nov.)	Scheibenegge+ Federzahnegge (März)
Sätechnik	Drillmaschine		Direktsaatdrillmaschine (mit Scheibenschar)	
Reihenabstand	17 cm		17 cm	
Saattermin	05.11.03	31.03.04	07.11.03	16.03.04
Saatstärke	90 K./m ²	100 K./m ²	110 K./m ²	100 K./m ²
Beregnung	13. und 27.05.04, 50 mm insges.		keine	
Striegel	26.03.04	24.04.04	31.03.04	28.04.04
Lausbekämpfung (mit Rotenone)	05.06.04 (1,5 l/ha)	06.06.04 (3,6 l/ha)	keine	08.06.04 (3,2 l/ha)
Erntetermin	29.07.04	29.07.04	15.07.04	30.07.04

Legende: E = Erbse, Wi. = Winter, So. = Sommer

Infolge des regnerischen Sommers hat sich die Ernte verzögert, insbesondere bei den Wintererbsen in Elsenheim. Diese konnten erst Ende Juli, zusammen mit den Sommererbsen geerntet werden.

Messungen und Bonituren

Nach dem Feldaufgang wurden an beiden Standorten in jeder Einzelparzelle 6 Beprobungsflächen von je 0,5 m² ausgewiesen. In diesen Flächen wurden dann im Verlauf der Vegetationszeit Erhebungen zur Konkurrenzkraft von Unkräutern, zu Krankheiten und Schädlingen sowie zu den Ertragskomponenten durchgeführt. Der Ertrag wurde über die Beerntung der Einzelparzellen, Sorte für Sorte⁸, mit einem praxisüblichen Mähdrescher ermittelt.

Die durchgeführten Bonituren sind ähnlich wie bei den Ackerbohnen (s. 3.5.2.1).

Versuch F-Elsenheim 2005

Geprüfte Sorten

Es wurden dieselben Sorten geprüft wie im Jahr 2004: Die Wintersorten CHEYENNE und LUCY sowie die Sommersorten HARDY und NITOUCHE. Neben dem Versuch wurden weitere Sorten ausgesät: DOVE sowie die beiden neuen Sorten APACHE und CHEROKEE, zwecks Beobachtung ihres Verhaltens.

⁸ Die drei Blöcke einer Sorte wurden nacheinander beerntet, damit die Sortenreinheit nach Aberntung des letzten Blocks so gut wie möglich ist, da aus einer Probe vom letzten Block die Laboruntersuchung auf Proteingehalt vorgenommen wurde.

Lage

Dieser Sortenvergleich wurde wie 2004 bei H. STEGLE in F-67 Elsenheim angelegt, jedoch auf einem viel kiesigeren Schlag mit geringer nutzbarer Feldkapazität.

Versuchsanlage

Wie im Jahr 2004 wurde der Versuch als Blockanlage mit 3 Wiederholungen durchgeführt, wobei die Sommer- und die Wintersorten jeweils zusammengelegt wurden (Plan s. Anhang). Jede Einzelparzelle ist mit 6,5m x 44m = 286 m² ziemlich groß.

Versuchsdurchführung

Die Bewirtschaftungsmaßnahmen wurden vom Landwirt durchgeführt und an die Winter- bzw. Sommerungen angepasst. Sie sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst:

Tab. 36: Bewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von der Kulturform, F-Elsenheim 2005

	Winter	Sommer
Vorfrucht	Winterweizen	Winterweizen
Bodenbearbeitung	Grubber+Pflug + Egge+ Kreiselegge	Grubber+Pflug + Saatbettbereitung mit Feder- zahnegge + Walze (vor und nach der Saat)
Sätechnik	Getreide-Drillmaschine (mit Schlepp- oder Scheibenschar)	
Reihenabstand	17 cm	
Aussaatdatum	16.11.04	18.03.05
Saatstärke	130 K./m ²	100 K./m ²
Düngung	keine	
Beregnung	03.06.05 (25 mm)	1, 18 & 23.06.05 (75 mm insgesamt)
Striegel	Ende März und 14.04.05	06.04 und 14.04.05
Ernte	05.07.05	13.07.05

Bemerkung: Die Aussaat der Wintererbsen erfolgte bei sehr ungünstigen Bedingungen (gefrorener, stark klebender Boden); die Aussaatmenge wurde deshalb erhöht.

Messungen und Beobachtungen

Die Bonituren sowie die Auswahl der Beprobungsflächen erfolgte wie im Jahre 2004. Nur die Zählungen der hülsentragenden Stängel sowie der Hülsen/Pflanze entfielen.

3.5.3 Winterlupine

Weißer Winterlupinen (*Lupinus albus*) erreichen in Frankreich deutlich höhere Erträge als Sommerformen. Die am INRA neu gezüchteten Sorten weisen verbesserte Frosttoleranzen auf. Zudem scheint es in Frankreich bei den Winterformen keine Probleme mit der Lupinen - Anthraknose zu geben.

3.5.3.1 Tastversuch (CH-Möhlin, 2003)

Versuchsanlage

In Möhlin wurde auf einem Streifen von ca. 3*200 m neben der Fläche des Sortenversuches 2002 ein Versuch mit den zwei in Frankreich eingeschriebenen weißen Winterlupinen Sorten LUXE und LUGAIN angelegt. Die Sorte LUXE wurde in den drei Saatstärken 25, 30 oder 35 keimfähige Körner/m² ausgesät. Bei der Sorte LUGAIN betrug die Saattiefe 35 keimfähige Körner/m². Der Reihenabstand betrug 50 cm.

Durchführung

Die Saat erfolgte am 2. Oktober 2002 von Hand mittels eines Särohres. Dadurch war es möglich, die Körner regelmäßig abzulegen. Nach der Saat wurde Stomp SC (4 l/ha) mit einer Rückenspritze als Voraufbauherbizid gespritzt.

Parametererhebung

Pro Verfahren wurden vier Zählstrecken mit 2 Meter Länge ausgesteckt. Am 1. November und am 16. Januar wurden die Pflanzen ausgezählt und das Entwicklungsstadium festgehalten.

3.5.3.2 Sortenwahl, Saattiefe und Saattiefe (CH-Reckenholz, 2004)

Versuchsanlage

Der Versuch wurde mit drei am INRA in Frankreich gezüchteten Sorten auf einer Parzelle in der Nähe der FAL angelegt. Alle drei Sorten sind gemäß Aussagen des Züchters relativ frostresistent. Die Sortencharakteristika sind in der Tab. 37 aufgezeigt.

Tab. 37: Charakteristika der im Winterlupinen-Versuch 2003/2004 an der FAL geprüften Sorten

	Wuchstyp	Verzweigungstyp	Empfohlene Saatstärke (Körner/m ²)	Sorte eingetragen in F im Jahr
Luxe	Zwergwuchs	Verzweigt	15-20	2002
Lugain	Zwergwuchs	Determiniert	20-25	2003
CH 1811	Zwergwuchs	Verzweigt	15-20	Noch kein Sortenschutz

In Frankreich werden für Winterlupinen sortenabhängig Saattiefen von 15-25 Körner/m² empfohlen (s. Tab. 37). Um eine allfällige Auswinterung kompensieren zu können, wurde jede Sorte im Versuch mit drei verschiedenen Saattiefen (25, 30, 35 keimfähige Körner/m²) ausgesät.

Die Frosthärte von Winterlupinen ist gemäß französischen Erfahrungen umso besser, je tiefer die Sorten gesät werden. Deshalb wurde in den Versuch der zusätzliche Versuchsfaktor Saattiefe integriert. Es wurde bei einer Saattiefe von 4 cm beziehungsweise 6 cm gesät.

Dadurch ergaben sich total 18 Verfahren, die in der Tab. 38 zusammengestellt sind.

Tab. 38: Die verschiedenen Verfahren des dreifaktoriellen Winterlupinen-Versuches 2003/2004

Verfahren	Sorte	Saadichte [kf. Körner/m ²]	Saattiefe [cm]	Verfahren	Sorte	Saadichte [kf. Körner/m ²]	Saattiefe [cm]
1	Luxe	25	4	10	Lugain	25	6
2	Luxe	30	4	11	Lugain	30	6
3	Luxe	35	4	12	Lugain	35	6
4	Luxe	25	6	13	CH1811	25	4
5	Luxe	30	6	14	CH1811	30	4
6	Luxe	35	6	15	CH1811	35	4
7	Lugain	25	4	16	CH1811	25	6
8	Lugain	30	4	17	CH1811	30	6
9	Lugain	35	4	18	CH1811	35	6

Jedes Verfahren wurde viermal wiederholt. Die Parzellengröße betrug 1.32*7.6 m² (10 m²). Die Saat erfolgte mit einer vierreihigen Drillsämaschine mit 30 cm Reihenabstand. Aus technischen Gründen wurden nur die Verfahren mit derselben Saattiefe randomisiert. Die sich in der Saattiefe unterscheidenden Blöcke wurden direkt nebeneinander angelegt.

Durchführung

Die Winterlupinen wurden am 26. September bei guten Bedingungen gesät. Es wurde kein Herbizid gespritzt. Die erste Unkrautbekämpfung mit dem Striegel war erst am 29. März notwendig. Die Pflanzenauszahlung im April zeigte, dass der größte Teil des Bestandes ausgewintert war. Deshalb wurde nur die Wiederholung mit den besten Pflanzendichten stehen gelassen, die restlichen Versuchspartzen wurden aufgegeben.

In den neun weitergeführten Parzellen (Verfahren 1-3, 7-9, 13-15) wurde das Unkraut von Hand entfernt. Die Ernte erfolgte mit dem Mähdrescher am 2. September für die Sorten CH1811 und LUGAIN, am 22. September für die Sorte LUXE.

Parametererhebung

Die Pflanzenanzahl wurde pro Parzelle auf einer markierten Zählstrecke von 2*2 m ausgezählt. Die Zählungen erfolgten am 3. Dezember, 20. Februar, 26. März sowie am 25. Mai. Zum letztgenannten Zeitpunkt stand allerdings nur noch eine Wiederholung des Versuches.

Auftretende Krankheiten wurden bei Bedarf an der FAL bestimmt.

3.5.3.3 Sortenwahl und Saattermin (D-Heitersheim, 2004/05)

In zwei Versuchsjahren wurde der Einfluss von Sortenwahl und Saatzeitpunkt auf Vorwinterentwicklung, Überwinterung sowie Ertragsleistung von Winterlupinen untersucht und den Erträgen einer Sommersorte zu zwei Saatzeiten gegenübergestellt.

Versuchsanlage

Es wurde jeweils eine zweifaktorielle Blockanlage mit acht Varianten und drei Wiederholungen angelegt. Drei Sorten der Winterlupine wurden zu zwei Saatterminen im Herbst gesät. Zum Vergleich wurde eine bewährte Sommersorte zu zwei Saatterminen im Frühjahr gesät

(s. Tab. 34). Alle Varianten wurden miteinander randomisiert. Die Parzellengröße betrug 1,50 m × 10,00 m.

Tab. 39: Varianten in den Winterlupinenversuchen (D-Heitersheim, 2004-2005)

Saattermine		Sorten	Züchter / Lieferant
2003/04	2004/05		
18. Sep.	02. Sep.	Lumen ¹	INRA / Agri Obtentions
14. Okt.	14. Okt.	Lugain	
		Luxe	
04. März	17. März	Amiga	Florimond Desprez
01. April	04. April		

¹ Bezeichnung bis zur Zulassung: CH1811

Die Feldversuche erfolgten in beiden Jahren auf Praxisschlägen bei Heitersheim (s. Tab. 4). Eine nach der Ernte 2004 versuchsflächenspezifisch erfolgte Bodenuntersuchung ergab abweichend vom Schlagmittel einen pH von 6,2 sowie niedrigere Gehalte an P₂O₅ (5 mg/100 g Boden, Gehaltskl. A) und K₂O (6 mg/100 g Boden, Gehaltskl. A).

Durchführung

Aufgrund der Erfahrungen des ersten Versuchsjahres erfolgten im zweiten Jahr, neben der Vorverlegung des ersten Saattermins, verschiedene Anpassungen.

- Saatbettbereitung: zum ersten Termin flächendeckend mit Zinkenegge, danach jeweils parzellenweise mit Kreiselegge + Krümelwalze
- Saatgutimpfung mit *Rhizobium lupini* (Präparat ‚HiStick‘).
- Drillsaat:
 - Sommersorte: Reihenweite 30 cm, Saatedichte 70 kmf. Kö./m²
 - Wintersorten 2003/04: Reihenweite 50 cm, Saatedichte 35 kmf. Kö./m²
 - Wintersorten 2004/05: Reihenweite 30 cm, Saatedichten sortenabhängig und ohne Kenntnis der Keimfähigkeit: 50 (LUXE), 78 (LUGAIN), 130 (LUMEN) Kö./m²
 - nach Saat im September jeweils Nachbearbeitung mit Walze.
- Unkrautbekämpfung:
 - in beiden Versuchsjahren aufgrund der Bodenfeuchte erst nach Winter möglich
 - Wintersorten 2003/04: 1x Striegel, 2x Hacke, Jäten von Hand
 - Sommerform 2003/04: 1x Blindstriegel, 1x Striegel, 4x Hacke
 - Wintersorten 2004/05: 2x Hacke (LUMEN und LUGAIN bei früher Saat nur 1x Hacke), Jäten von Hand (Ackerkratzdistel)
 - Sommerform 2004/05: 2x Hacke, Jäten von Hand (Ackerkratzdistel).
- Pflanzenschutz:
 - Saatgutbehandlung zur Vorbeugung gegen Anthraknose (Warmwasserbad: 30 min bei 50°C Wassertemp., Rücktrocknung: 24 Std. bei 30°C Lufttemp.)

-
- 2003/04: Vergällungsmittel Arbin gegen Hasenverbiss (18.05. + 04.06.2004)
 - 2004/05: Hasenzaun (gesamte Vegetationsperiode), Schreckschussanlage (Nov. – April).
 - Düngung (nur 2. Versuchsjahr):
 - 14.10.2004: 50 kg P₂O₅/ha als weicherdiges Rohphosphat (Gafsa 27)
 - 25.10.2004: 60 kg K₂O/ha (Patentkali).
 - Beregnung: 16.07.2005 (20 mm).

Parametererhebung

Bestandesentwicklung

Es wurden die Termine von folgenden Stadien festgehalten:

- Feldaufgang (BBCH 09)
- Reihenschluss (je nach Massenwuchs)
- Blühbeginn (BBCH 61)
- Blühende (BBCH 69)
- Erntereife (BBCH 89)

Die Bestandesdichte (Pflanzen/m²) wurde zu folgenden Zeitpunkten anhand von festen Zählstrecken ermittelt:

- Feldaufgang (Sep. – Apr.; je nach Saattermin)
- Beginn Winter (Nov./Dez., sofern aufgelaufen)
- nach Winter bzw. Beginn Frühjahr (März/Apr.)

Zur Vor- und Nachwinterentwicklung wurden festgehalten:

- Entwicklungsstadium zu Beginn der Winterruhe (Dez.)
- Frühjahrswüchsigkeit (Bestandesentwicklung nach Wiederbeginn der Vegetationszeit im April, Boniturnote 1 = stärkste, 9 = schwächste Entwicklung)

In Abhängigkeit von der Bestandesentwicklung wurden 1-2x folgende Parameter erhoben:

- Wuchshöhe (Abstand Boden → Blätterdach)
- Lager (Boniturnote 1 = kein Lager, 9 = totales Lager)
- Bodendeckung (%) durch Kulturpflanze
- Bodendeckung (%) durch Unkräuter

Ertragsbildung

Zur Ernte wurden die festen Zählstrecken als Probeschnitte entnommen, um den Ertragsaufbau (Hülsenzahl, Kornzahl, TKM) sowie Trockenmasseerträge von Korn und Stroh zu ermitteln. (Im 1. Versuchsjahr wurden bei den Wintersorten aufgrund extrem ausgedünnter Bestände an Stelle der Zählstrecken jeweils 2 gut etablierte laufende Meter entnommen, um Material für die Auswertung sowie einen Anhaltspunkt für das Ertragspotenzial zu erhalten.)

Die verbleibende Parzellenfläche wurde gedroschen. Anhand entnommener Proben wurden Erntefeuchte und Unkrautbesatz des Druschgutes bestimmt, und der bereinigte Parzellenertrag bei 14% Kornfeuchte errechnet.

Anhand des Materials aus den Probeschnitten wurden N-Gehalte von Korn und Stroh analysiert, um Rohproteinträge, N-Verhältnis von Korn und Stroh, sowie N-Rückstände im oberirdischen Pflanzenmaterial zu errechnen.

3.5.3.4 Sortenwahl (F-Sausheim/Elsenheim 2004 und F-Ensisheim/Elsenheim, 2005)

Versuche F-Sausheim und F-Elsenheim 2004

Verglichene Sorten

Für den Vergleich von Winter- und Sommerformen bei weißen Lupinen wurden die beiden als am winterhärtesten bzw. als am besten an die Verhältnisse des Ökolandbaus angepassten Sorten (LUXE und LUGAIN) sowie die beiden im Gebiet bedeutendsten Sommersorten (AMIGA und ARÈS) angebaut.

Als dritte Sommer-Weißlupinensorte wurde RONDO angebaut, nachdem die Wintersorte LUGAIN an einem Teil der Standorte wegen einer zu geringen Bestandesdichte nach Winter umgebrochen wurde.

Standorte

Auch dieser Vergleichsversuch wurde bei zwei Ökolandwirten angelegt:

- in Elsenheim (F-67), bei H. STEGLE,
- in Sausheim (F-68), bei H. TRITSCH.

Versuchsanlage

Der Versuch in Elsenheim wurde in einer Anlage mit drei Blöcken durchgeführt, um der möglichen Heterogenität des Standorts Rechnung zu tragen. Wegen Flächen- und Saatgutknappheit wurde der Versuch in Sausheim nur in zwei Blöcken angelegt. Da die Winter- und Sommerformen jedoch unterschiedliche Reife- und damit auch Erntetermine aufweisen, wurde jeder Versuch in zwei aneinander angrenzende Versuche aufgeteilt, je einen für Winterform und Sommerform (Plan im Anhang).

Alle Anbaumaßnahmen wurden mit Praxisgeräten des Landwirts durchgeführt (auch die Ernte). Die Einzelparzellen sind mit $6,75 \times 70 \text{ m} = 472,5 \text{ m}^2$ in Elsenheim und $6 \times 40 \text{ m} = 240 \text{ m}^2$ in Sausheim ziemlich groß.

Versuchsdurchführung

Die Anbaumaßnahmen wurden vom Landwirt durchgeführt und jeweils an die Winter- oder Sommerform angepasst. Die folgende Tabelle zeigt sie in einer Übersicht:

Tab. 40: In den verschiedenen Lupinenformen an den Standorten F-Elsenheim und F-Sausheim 2004 durchgeführte Anbaumaßnahmen

	Elsenheim		Sausheim	
	Wi.-Lupine	So.-Lupine	Wi.-Lupine	So.-Lupine
Bodenbearbeitung	Grubber+Pflug +Kreiselegge	Grubber+Pflug+ Federzahnegge	Scheibenegge (Sep.)+ Federzahn- egge (Nov.)	Scheibenegge+ Federzahnegge (März)
Sätechnik	Drillmaschine		Direktsaatdrillmaschine (mit Scheibenschar)	
Reihenabstand	42,5 cm		17 cm	
Saattermin	25.09.03	17.03.04	11.10.03	30.03.04
Saatstärke	25-30 K./m ²	60 K./m ²	25-30 K./m ²	65 K./m ²
Düngung	keine		10 t/ha Mist im August	
Beregnung	02. u. 18.05.04, insges. 50 mm		keine	
Striegel	26.03.04	keiner	02.04.04	04.05.04
Hacke	x4 (5,20,30.04. & 15.05.04)	x3 (20, 30.04. & 15.05.04)	keine	
Erntetermin	03.09.04	03.09.04	nicht beerntet	02.09.04

Messungen und Bonituren

Nach dem Feldaufgang wurden an beiden Standorten in jeder Einzelparzelle 6 Beprobungsflächen von je 0,9 m² in Elsenheim (2 Reihen auf 1m Länge) bzw. von 1 m² in Sausheim ausgewiesen. In diesen Flächen wurden dann im Verlauf der Vegetationszeit Erhebungen zur Konkurrenzkraft von Unkräutern, zu Krankheiten und Schädlingen sowie zu den Ertragskomponenten durchgeführt. Der Ertrag wurde über die Beerntung der Einzelparzellen, Sorte für Sorte⁹, mit einem praxisüblichen Mähdrescher ermittelt.

Die durchgeführten Bonituren sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst:

⁹ Die drei Blöcke einer Sorte wurden nacheinander beerntet, damit die Sortenreinheit nach Aberntung des letzten Blocks so gut wie möglich ist, da aus einer Probe vom letzten Block die Laboruntersuchung auf Proteingehalt vorgenommen wurde.

Tab. 41: Bonituren in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Lupinen, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004

Stadium	Unkrautdruck	Schädlings- und Krankheitsdruck	Ertrag
Aufgang (und Stand nach Winter¹⁰)			- Bestandesdichte (Pfl./m ²) => Verlustrate
4-5-Blatt-Stadium (ein Monat nach Winterende)	- Entwicklungsstand/Konkurrenzskraft*	Überwachung	
8-10-Blatt-Stadium (vor der Blüte)	- Bodenbedeckungsgrad (%)	Überwachung	
Blühbeginn	- Bestandeshöhe - Verunkrautung (% Bodenbedeckung)	Überwachung (Bonitur Lausbefall)	
Blühende	- maximale Bestandeshöhe	Überwachung	
Vor der Reife		Überwachung	- Anzahl Hülsen am 1. Knoten - Anzahl Hülsen in den oberen Etagen
Bei der Ernte	- Verunkrautung (% Bodenbedeckung) - Bestandeshöhe	Anthraknose-Bonitur	- Mähdruschertrag bei 14% Feuchte - TKM bei 14 % Feuchte - Proteingehalt - Wassergehalt - % Besatz

- * Note von 1 bis 9: wobei 1 = sehr gut (Ziel des Landwirts) und 9 = sehr schlecht

- Die kursiv gedruckten Bonituren werden nur bei Bedarf durchgeführt.

Außerdem wurden die Termine für das Erreichen der wichtigsten Entwicklungsstadien (Auf-
lauf, Beginn und Ende der Blüte, Reife) erfasst.

Versuche F-Ensisheim und F-Elsenheim 2005

Ursprünglich waren für die Saison 2004/05 zwei kleine Versuche geplant, um in einem weite-
ren Jahr abzuklären, ob der Anbau von Winterlupinen im Gebiet funktioniert und gegenüber
dem Anbau von Sommerlupinen interessant ist.

Bei diesem Versuch traten jedoch mehrere Probleme auf, die zu Anpassungen des Ver-
suchsplans Anlass gaben und schließlich dazu führten, dass diese Versuche Anfang Mai
vollständig aufgegeben werden mussten.

Geprüfte Sorten

Es waren dieselben Sorten vorgesehen wie 2004: LUXE und LUGAIN als Wintersorten, A-
MIGA, ARÈS und RONDO als Sommersorten¹¹.

¹⁰ bei den Wintersorten

Nachdem im Frühjahr 2004 bei den Wintersorten eine zu geringe Bestandesdichte festgestellt worden war, wurden die Saatstärken für die Winterlupinen gegenüber den Empfehlungen im konventionellen Landbau stark erhöht.

Lage

Diese Versuche wurden an zwei Standorten angelegt:

- bei H. STEGLE in F-67 Elsenheim auf einem Schlag, wo die Bodenuntersuchung aktiven Kalk auswies, jedoch an einer Stelle, wo es beim Beträufeln mit Säure aber nicht aufschäumte.
- bei H. TRITSCH in F-68 Ensisheim auf einem seit mehreren Jahren nicht gepflügten Schlag mit saurem Boden.

Versuchsanlage

An jedem Standort wurde eine Blockanlage mit zwei Wiederholungen gewählt, bei der die Wintersorten auf einer Seite und die Sommersorten auf der anderen Seite lagen. Die Einzelparzellen waren mit $7\text{m} \times 30\text{m} = 210\text{ m}^2$ in Elsenheim und $6\text{m} \times 30\text{m} = 180\text{ m}^2$ in Ensisheim ziemlich groß. Innerhalb jeder Einzelparzelle wurden 6 Plätze à 1m^2 für Bonituren festgelegt.

Versuchsdurchführung

Die Wintersorten wurden wie geplant an den beiden Standorten ausgesät. Es traten jedoch mehrere Probleme auf.

In Ensisheim konnte wegen dem feuchten Herbst nicht gestriegelt werden. Bis zur nächsten Striegelmöglichkeit waren die Gräser dann so groß, dass sie mit dem Striegel nicht mehr bekämpft werden konnten. Wegen zu großen Unkrautdrucks musste der Versuch dann im Februar umgebrochen und aufgegeben werden.

In Elsenheim wurden sowohl die Winter- als auch die Sommersorten ausgesät. Im Mai wurden sie jedoch überwiegend und sehr schnell von Hasen und Rehen aus dem benachbarten Wald abgefressen, trotz versuchter Abwehrmaßnahmen. Wegen der beträchtlichen Pflanzenverluste infolge der Wildschäden wurde dieser Versuch ebenfalls aufgegeben.

Die Bewirtschaftungsmaßnahmen sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst.

¹¹ Die Schmalblättrige Lupinensorte BOLIVIO wurde am Rand zu Demonstrationszwecken für die vorgesehene Besichtigung angesät

Tab. 42: Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Lupinenversuchen F-Ensisheim und F-Elsenheim 2005

Standort	Ensisheim		Elsenheim	
	Winterlupinen		Winterlupinen	Sommerlupinen
Vorfrucht	Triticale		Winterweizen	Winterweizen
Bodenbearbeitung	Actisol ¹² + Scheibenegge + Federzahnegge		Grubber + Pflug + Kreiselegge	Grubber + Pflug + Federzahnegge + Walze
Sätechnik	Direktsämaschine für Getreide (Scheiben- oder Schleppschar)		Getreidedrillmaschine (Scheiben- oder Schleppschar)	
Reihenabstand	17 cm		42,5 cm	
Saattermin	17.09.04		04.10.04	21.03.05
Saatstärke	50 oder 75 K./m ² *		50 oder 75 K./m ²	60 K./m ²
Unkrautbekämpfung	Nein (unmöglich)		Nein	Hacke am 14.04.05

* je nach Sorte, da LUGAIN eine höhere Saatstärke braucht, weil nicht verzweigend.

Messungen und Bonituren

Es wurden lediglich mehrere Auszählungen der Bestandesdichte vorgenommen.

3.6 Versuche zur Bekämpfung der Lupinen-Anthraknose

Die seit einigen Jahren in Europa auftretende Anthraknose (Brennfleckenkrankheit) der Lupine hat den Anbau, besonders der gelben und der weißen Lupine, bereits stark beeinträchtigt. Die Schmalblättrige Lupine ist toleranter, wird jedoch ebenfalls befallen. Der Erreger ist ein Pilz, der nach neueren Untersuchungen als eigenständige und lupinenspezifische Art *Colletotrichum lupini* angesprochen wird (FEILER, 2002). Die Primärinfektion erfolgt über das Saatgut, jedoch kann sich der Pilz unter günstigen (v.a. feuchten) Bedingungen im Bestand so rasant ausbreiten, dass schon ein sehr geringer Ausgangsbefall (0,1%), der u.U. auch bei der Saatgutprüfung nicht festgestellt wird, zu hohen bis vollständigen Ertragseinbußen führen kann.

Ab dem Jahr 2004 müssen Ökobetriebe in Deutschland und der Schweiz Saatgut einsetzen, das unter Einhaltung der Richtlinien für ökologischen Landbau erzeugt wurde. Für Lupinen im Ökolandbau stellt sich damit das Problem, anthraknosefreies Saatgut zu produzieren. Während im konventionellen Anbau anthraknosefreies Saatgut mit Hilfe von Beizung und Fungizidspritzung meist erreicht wird (aber auch nicht immer, siehe Umfrage bei Landwirten in der Schweiz im Jahr 2002), gibt es für den Ökolandbau trotz mehrjähriger Versuchstätigkeit (v.a. Dr. P. Römer/Südwestsaat) noch keine befriedigende Lösung. Untersuchungen zeigten zwar, dass das Überlagern des Saatgutes während mindestens eines Jahres den Befall reduzieren kann (RÖMER, 2000), dies bringt in der Praxis allerdings Probleme durch die resultierenden Lagerkosten und häufig mangelnde Planungssicherheit mit sich.

Für das Fortbestehen des Lupinenanbaus in der ökologischen Landwirtschaft ist eine praxistaugliche Bekämpfungsstrategie gegen die Anthraknose von großer Bedeutung.

¹² Flügelschargrubber.

3.6.1 Fungizidversuch in der Schweiz 2002

Um den Anthraknosebefall zu kontrollieren, wäre es denkbar, im konventionellen Landbau neben der Saatgutbehandlung auch Fungizidspritzungen während der Vegetationsperiode einzusetzen. In Deutschland wurden in den vergangenen Jahren Fungizidversuche durchgeführt (Dittmann 1998) und einige potentiell wirksame Fungizide identifiziert. Die Versuche zeigten aber auch, dass sich Fungizidspritzungen nur in Vermehrungsbeständen wirtschaftlich lohnen. Die Anthraknose ist auch in der Schweiz bei weißen Lupinen ein großes Problem. In der Praxis kommt deshalb häufig die Frage nach einer effizienten Bekämpfungsstrategie auf. Deshalb wurde beschlossen, im Jahr 2002 einen Fungizidversuch mit in der Schweiz in anderen Kulturen zugelassenen Fungiziden anzulegen. Versuchsziel war, den Einfluss verschiedener Fungizide und Fungizidkombinationen sowie des Spritztermins auf den Anthraknosebefall abzuschätzen. Der Versuch wurde gemeinsam von der FAL und der kantonalen Pflanzenschutzstelle Zürich angelegt.

Versuchsanlage

Der Versuch wurde im Blockdesign fünffach wiederholt in Dielsdorf/ZH (ca. 430 m.ü.M.) angelegt. Die Parzellengröße beträgt 2.5*10 m (25 m²). Die Parzellen wurden in ein bereits bestehendes Praxisfeld mit weißen Lupinen der Sorte AMIGA gelegt. Der Reihenabstand betrug 13 cm, die Saaddichte entsprach den Vorgaben des Saatgutlieferanten. Das Saatgut war mit Rovral UFB gebeizt.

Die geprüften Fungizidvarianten sind in der Tab. 43 aufgeführt.

Tab. 43: Varianten im Fungizidversuch 2002 in Dielsdorf

Verfahrensname		Wirkstoffe	Aufwandmenge		Spritztermin ¹⁾
Swi_f	Switch früh	Cyprodinol 37.5%, Fludioxonil 25%	1.2	kg/ha	früh
Swi_s	Switch spät	Cyprodinol 37.5%, Fludioxonil 25%	1.2	kg/ha	spät
Hor_f	Horizont früh	Tebuconazole 250 g/l	1.5	l/ha	früh
Hor_s	Horizont spät	Tebuconazole 250 g/l	1.5	l/ha	spät
Ami_f	Amistar früh	Azoxystrobin 250 g/l	1.0	l/ha	früh
Ami_s	Amistar spät	Azoxystrobin 250 g/l	1.0	l/ha	spät
Hor_Ami_f	Horizont/Amistar früh	Tebuconazole 250 g/l Azoxystrobin 250 g/l	1.0 1.0	l/ha	früh
Hor_Ami_s	Horizont/Amistar spät	Tebuconazole 250 g/l Azoxystrobin 250 g/l	1.0 1.0	l/ha	spät
Hor_Ami_f_s	Horizont/Amistar früh/spät	Tebuconazole 250 g/l Azoxystrobin 250 g/l	1.0 1.0	l/ha	früh/spät
Ktr	Kontrolle keine	-	-	-	keine

1 früh: 5-Blatt-Stadium spät: 11-Blatt-Stadium

Durchführung

Die Unkrautbekämpfung erfolgte im Voraufbau mit Sitadrol [400 g/l Pendimethalin] in einer Aufwandmenge von 4 l/ha.

Die Lupinen wurden am 12. März 2002 durch den Landwirt gesät. Die Parzellenränder wurden danach mit einem Totalherbizid markiert. Die Fungizide wurden mit einer Handspritze am 30. April im 5-Blatt-Stadium und am 21. Mai im 11-Blatt-Stadium gespritzt.

Das Versuchsfeld wurde nicht künstlich infiziert.

Der Versuch wurde am 23. August mit einem Parzellenmähdrescher bei guten Bedingungen geerntet.

Parametererhebung

Im Laufe der Vegetationsperiode wurden folgende Bonituren durchgeführt:

- am 24. Mai wurde zu Beginn des Auftretens der ersten Anthraknosesympptome die Anzahl Pflanzen pro Parzelle mit verdrehtem Wuchs gezählt
- ebenfalls am 24. Mai wurde die Anzahl Krankheitsnester pro Parzelle gezählt
- am 17. Juni wurde eine Bonitur des Anthraknosebefalls durchgeführt. Note 1 = keine kranken Pflanzen, Note 3 = wenige kranke Pflanzen, Note 5 = Nest mit kranken Pflanzen, Note 7 = deutlicher Anthraknosebefall, Note 9 = ganzer Bestand befallen
- am 3. Juli wurde eine zweite Bonitur des Anthraknosebefalls durchgeführt: Note 1 = keine bis wenige Symptome, Note 3 = größter Teil des Bestandes mit Flecken auf den Hülsen, Hülsen meist normal ausgebildet, Note 5 = deutliche Brennflecken auf Hülsen, Note 7 = Bestand stark geschädigt, Hülsen nicht normal ausgebildet, Note 9 = keine Hülsen ausgebildet

Kurz vor der Ernte wurden pro Parzelle je 10 Pflanzen ausgerissen und die Hülsen pro Einzelpflanze folgendermaßen gezählt:

- Anzahl Hülsen ohne Symptome pro Blattetage
- Anzahl Hülsen mit geringen Symptomen pro Etage, weniger als ein Drittel der Hülsenoberfläche mit Anthraknoseflecken
- Anzahl Hülsen mit deutlichen Symptomen pro Etage, zwischen einem und zwei Drittel der Hülsenoberfläche mit Anthraknoseflecken
- Anzahl Hülsen mit starken Symptomen pro Etage, mehr als zwei Drittel der Hülsenoberfläche mit Anthraknoseflecken

3.6.2 Feldversuche zu Saatgut- und Blattbehandlung

Zur direkten Bekämpfung der Lupinen-Anthraknose wurden nicht-chemische Methoden zur Behandlung von Saatgut und Pflanzen untersucht (in der Schweiz zudem im direkten Vergleich mit chemischen Methoden).

3.6.2.1 Saatgut- und Blattbehandlungen, CH-Reckenholz, 2002 – 2004

In der vorangegangenen INTERREG-Projektphase wurde vom Projektpartner Dr. P. Römer / Südwestsaat Raststatt im Jahr 2001 ein Bekämpfungsversuch mit für den Biolandbau zugelassenen Mitteln angelegt. Der Versuch war aber vor allem aufgrund der ungünstigen Witterungsverhältnisse bei der Saat und dem resultierenden schlechten Auflaufen der Pflanzen nur bedingt aussagekräftig. Deshalb wurde beschlossen, den Versuch zu wiederholen und weiterzuführen. In allen drei Projektjahren wurden durch FAL-Reckenholz und Südwestsaat

Rastatt möglichst deckungsgleiche Versuche angelegt, um die Aussagekraft der Ergebnisse zu erhöhen.

Versuchsanlage

Die Versuche wurden in Kleinparzellen mit 7 bis 10 m² Fläche mehrmals wiederholt angelegt. Das Versuchsdesign wurde in Absprache mit Dr. Römer jedes Jahr leicht verändert. Eine Übersicht über die Versuchsanordnungen und die wichtigsten Pflegemaßnahmen ist in der Tab. 44 aufgeführt.

Tab. 44: Übersicht über die Anthraknoseversuche in den Jahren 2002 bis 2004 in der Schweiz

	Ort	Art Sorte	# Verfahren	Versuchsaufbau	# Wiederholungen	# Saatreihen Reihenabstand	Parzellengröße [m ²]
2002	FAL-Areal	LUW Amiga	14	Block, einzelnen Parzellen durch Haferstreifen à 1.32 m getrennt	4	7 15 cm	5.8*1.32 m ² (7.7 m ²)
2003	Katzenrüti (Watt)	LUB Boltensia	12	Wiederholungen nebeneinander, durch einzelne Haferstreifen à 1.32 m getrennt	3	6 18 cm	7.6*1.32 m ² (10 m ²)
2004a	Adlikon	LUW Amiga & Fortuna	10	Block, keine Haferstreifen	4	7 15 cm	6.7*1.5 m ² (10 m ²)
2004b	Adlikon	LUB Boltensia	10	Block, keine Haferstreifen	4	7 15 cm	6.7*1.5 m ² (10 m ²)

Im Jahr 2002 wurden die Verfahren randomisiert. Zwischen jeder Parzelle wurde eine Parzelle mit Hafer als Isolation zwischen den Lupinenparzellen angelegt. Im Jahr 2003 wurden die drei Wiederholungen eines Verfahrens direkt nebeneinander gelegt. Zwischen diesen Verfahrensblöcken wurde ein Haferstreifen als Isolation angelegt. Im Jahr 2004 wurden die Verfahren randomisiert, es wurden keine Haferstreifen angelegt.

Die Versuchsvarianten stützten sich auf dem Versuch von Dr. P. Römer / Südwestsaat aus dem Jahr 2001 ab. Im Jahr 2002 wurde dieser Versuch an der FAL und in Raststatt in einer ähnlichen Form mit der Weißlupinensorte AMIGA angelegt.

Im Jahr 2003 stand erstmals anthraknose-infiziertes Saatgut der schmalblättrigen Lupinensorte BOLTENSIA zur Verfügung. Da die schmalblättrige Lupine in Mitteleuropa die im Anbau wichtigere Art ist, wurden die besten Versuchsvarianten aus dem Versuch 2002, ergänzt mit einigen neuen Verfahren, an dieser schmalblättrigen Lupine getestet.

Im Jahr 2004 stand ebenfalls anthraknoseinfiziertes Saatgut, diesmal von der Sorte BOLIVIO, zur Verfügung. Von weißen Lupinen war nur Erntegut der Anthraknose-Versuche der Uni Hohenheim aus dem Jahr 2003 mit einer sehr geringen Befallsstärke erhältlich. Um trotzdem einen Versuch mit weißen Lupinen anlegen zu können, wurden die zwei Sorten AMIGA und FORTUNA verwendet.

Neben den Pflanzenpräparaten und der Heißwasserbehandlung wurde in jedem Versuch auch mindestens eine chemische Variante sowie eine unbehandelte Kontrolle mitgeführt. Eine Übersicht über die verwendeten Saatgut-Behandlungsmittel wie auch über die eingesetzten Blattbehandlungsmittel findet sich in der Tab. 45.

Tab. 45: Saatgut- und Blattbehandlungsverfahren der Anthraknoseversuchen in den drei Versuchsjahren 2002 bis 2004 mit weißen und schmalblättrigen Lupinen

Verfahren	Aufwandmenge/100 kg	2002 LUW	2003 LUB	2004 LUW	2004 LUB
Kontrolle	-	Amiga	Boltensia	Amiga Fortuna	Bolivio
zertifiziertes Saatgut				Amiga	Bolivio
Rovral UFB	300 ml	Amiga	Boltensia	Amiga	Bolivio
Solitär	200 ml	Amiga			
Heißwasser	30 min bei 50°C	Amiga	Boltensia	Amiga Fortuna	Bolivio
Tillecur (SBM-neu)	290 g in 1 l H ₂ O, 6000 ml	Amiga	Boltensia		Bolivio
Tillecur + Essigs.	180 g in 1 l 1%ig Essigsäure, 6000 ml	Amiga	Boltensia	Amiga Fortuna	Bolivio
TRF-FU-AGRO	100 g in 600 ml	Amiga	Boltensia		Bolivio
TRF-MS					Bolivio
Menno Florades	4%ig (90 g/l), 600 ml	Amiga	Boltensia		
Sojall-Vitana	3%ig, 600 ml	Amiga			
Tillecur (SBM-neu) + Lebermoos-Extrakt ¹⁾	290 g in 1 l H ₂ O, 6000 ml	Amiga	Boltensia		
Tillecur + Essigsäure + Lebermoos-Extrakt ¹⁾	180 g in 1 l 1%ig Essigsäure, 6000 ml	Amiga	Boltensia		Bolivio
Tillecur ES + Faulbaumrinde (Rhabarberwurzel)					Bolivio
TRF-FU-Agro + Lebermoos-Extrakt ¹⁾	100 g in 600 ml	Amiga	Boltensia		
Menno Florades + Lebermoos-Extrakt ¹⁾	4%ig (90 g/l), 600 ml	Amiga			
Sojall-Vitana + Lebermoos-Extrakt ¹⁾	3%ig, 600 ml	Amiga			
Effektive Mikroorganismen	2 h in EM-Lösung einlegen		Boltensia		
Comcat	Pflanzenextrakt, 50 mg in 600 ml		Boltensia		
anthraknosetoleranter Stamm (Südwestsaat)				Stamm	
überlagert				Amiga	

¹⁾ 5 ml auf 1 Liter Wasser. Erste Spritzung im 6-8-Blattstadium, zweite Spritzung 14 Tage später

Durchführung

Das Saatbett wurde jeweils praxisüblich vorbereitet (Pflug, Grunddüngung, Egge). Die Saattiefe berechnete sich aus dem Tausendkorngewicht und der Keimfähigkeit der entsprechenden Sorte. Die weiße Lupinen wurden mit 65 keimfähigen Körnern pro Quadratmeter ausgesät, die schmalblättrigen Lupinen mit 100 keimfähigen Körnern pro Quadratmeter. Direkt vor der Saat wurde dem Saatgut ein Impfstoff mit *Bradyrhizobium lupini* trocken beigegeben.

Das Saatgut wurde im Jahr 2002 und 2004 an der FAL vor der Saat mit den entsprechenden Verfahren behandelt. Im Jahr 2003 wurde das Saatgut an der Südwestsaat vorbereitet. Einzig die Variante mit den effektiven Mikroorganismen wurde an der FAL kurz vor der Saat durchgeführt. Die Pflegemaßnahmen sowie die Eckdaten des Versuches sind in der Tab. 46 aufgeführt.

Tab. 46: Pflegemaßnahmen und Eckdaten der Bestandesentwicklung der Anthraknoseversuche 2002 bis 2004 in der Schweiz

	Ort	Saat	Ernte	Unkrautkontrolle	Blattbehandlung	Besonderes
2002	FAL-Areal weiße Lupine	4. April	(27. Juni)	Stomp 1.5 l/ha & Boxer 1.5l/ha, Vorauflauf	24.5. (8-Blatt) / 10.6.	Hagel vor Blüte
2003	Katzenrüti smbL. Lupine	19. März	-	Stomp 4 l/ha, Vorauflauf	2. 5.	Herbizidschaden durch falsches Nach- auflaufherbizid
2004 a	Adlikon smbL. Lupine	19. März	19. August	Stomp 4 l/ha, Vorauflauf	12. 5. / 16.5.	Keine Anthraknose in smbL. Lupinen
2004 b	Adlikon Weiße Lupine	19. März	2. September	Stomp 4 l/ha, Vorauflauf	Kein Verfahren	Starke Lagerung auf- grund Gewitter v.a. in der 4. Wiederholung

Parametererhebung

Nach dem Auflaufen wurde in allen Jahren die Pflanzendichte mittels einer Zählstrecke ausgezählt. Die Pflanzenhöhe wurde bei Blühende gemessen. Die Lagerung wurde bei Bedarf mehrmals während der Vegetationsperiode bonitiert (1=kein Lager, 9=totales Lager)

Die Krankheitsbonituren richteten sich nach dem Auftreten der Krankheiten. Deshalb sind die Bonituren für die einzelnen Versuche getrennt vorgestellt.

Im **Versuchsjahr 2002** wurden folgende Daten erhoben:

- Bestandesdichte am 8. Mai im 4-Blatt-Stadium: jeweils 3*1 laufender Meter aus drei verschiedenen Reihen je Parzelle ausgezählt. Es wurden alle an Fußkrankheiten oder Anthraknose erkrankten Pflanzen berücksichtigt. Die Anzahl kranker Pflanzen wurde in % auf den gesamten Bestand der entsprechenden Variante umgerechnet.
- Bonitur Anthraknosebefall am 22. Mai im 7-Blatt-Stadium: 1 = kein Befall, 9 = alle Pflanzen deutlich erkrankt
- Bonitur der Bestandesdichte am 1. Juni im 10-Blatt-Stadium: 1=guter und dichter Bestand, 9= keine Pflanzen
- Bonitur Anthraknosebefall am 1. Juni im 10-Blatt-Stadium: 1 = kein Befall, 9 = alle Pflanzen deutlich erkrankt

- Bestandesdichte am 6. Juni im 13-Blatt-Stadium: Auszählung aller gesunden und kranken Pflanzen pro Parzelle. Anzahl kranker Pflanzen in % auf den gesamten Bestand der entsprechenden Variante umgerechnet.
- Bonitur Anthraknosebefall am 26. Juni: 1 = kein Befall, 9 = alle Pflanzen deutlich erkrankt
- Bonitur der Bestandesdichte am 4. Juni: 1 = guter und dichter Bestand, 9=sehr schlechter Bestand, keine Pflanzen mehr
- Bonitur Anthraknosebefall am 4. Juni: 1 = kein Befall, 9 = alle Pflanzen deutlich erkrankt

Am 24. Juni 2002 zog ein sehr starker Hagelzug über das Versuchsfeld. Die Hagelkörner schädigten die Pflanzen und schlugen einzelne Triebe ab. Aus diesem Grund wurde entschieden, den Versuch abzubrechen. Um trotzdem noch Aussagen über die möglichen Erträge machen zu können, wurden am 12. Juli alle Pflanzen der Verfahren der ersten und zweiten Wiederholung von Hand ausgerissen und folgende Daten erhoben:

- Anzahl Pflanzen mit Hülsen. Es wurden nur Hülsen berücksichtigt, deren Oberfläche weniger als 50% Anthraknoseflecken aufwies
- Anzahl Hülsen mit Anthraknosesympomen pro Pflanze. Hülsen nur gezählt, wenn Hülsenoberfläche zu weniger als 50 % mit Flecken bedeckt war
- Anzahl gesunde Hülsen pro Pflanze (keine Anthraknosesympome)
- Gewicht der ungetrockneten Hülsen [kg]

Im **Versuchsjahr 2003** wurde das Lupinenfeld am 9. Mai fälschlicherweise mit dem für Eiweißerbse zugelassenen Herbizid Trifolin (400 g/l Trifolin) in einer Aufwandmenge von 4 l/ha gegen das stark aufkommende Unkraut gespritzt. Als Folge des Wachstumsregulators reagierten die Lupinen mit deutlichen Verkrümmungen und einem Entwicklungsstillstand. Die Lupinen erholten sich zwar trotz anfänglich sehr deutlicher Schädigung und blühten mit einiger Verzögerung, der Versuch war aber nicht mehr auswertbar. Einige Parzellen innerhalb des Versuchs waren von den Schäden nicht betroffen. Da der Versuch bis fast zur Abreife stehen gelassen wurde, konnte auf diesen Parzellen beobachtet werden, dass sich keine Anthraknosesympome entwickelten.

Im **Versuchsjahr 2004** wurden die auftretenden Anthraknosenerster in den weißen Lupinen bonitiert. Da bei den schmalblättrigen Lupinen nur sehr wenig Anthraknose auftrat, war eine aussagekräftige Bonitur der Symptome nicht möglich.

3.6.2.2 Sortenwahl und Saatgutbehandlung (D-Buggingen, 2003)

Im Rahmen des Lupine-Sortenversuches (Kap. 3.4.2.2) wurden zwei Verfahren der nicht-chemischen Saatgutbehandlung gegen die Lupinen-Anthraknose mit einer unbehandelten Kontrolle verglichen. Diese drei Varianten wurden mit jeder Sorte kombiniert.

Ziel des Versuches war es, Unterschiede in der samenbürtigen Primärinfektion festzustellen. Sekundärinfektionen sollten daher möglichst vermieden werden. Da die Schmalblättrige Lupine als Anthraknose-toleranter gilt, wurden die Blöcke (Wiederholungen) jeweils in Schmalblättrige und Weiße (einschl. Mischungen) Lupinen unterteilt, so dass die Schmalblättrige Lupine eine Barriere zwischen den Wiederholungen der anfälligeren Weißen Lupine bildete.

Zusätzlich wurden zwischen den Parzellen Haferstreifen angesät, um eine Windausbreitung einzudämmen.

Saatgutbehandlung

Neben der unbehandelten Kontrolle kamen eine Warmwasserbehandlung sowie das biologische Beizmittel ‚Tillecur‘ zum Einsatz.

Warmwasserbehandlung

- 30 Minuten Eintauchen des Saatgutes in perforiertem Plastikbeutel in 50°C warmes Wasser (Laborwasserbad)
- Rücktrocknung des stark gequollenen Saatgutes über 24 Std. bei 30°C Lufttemperatur (Trockenschrank)
- Erneute Bestimmung von TKM und Keimfähigkeit

Die Schmalblättrigen Lupinen wurden bei unbeabsichtigt hoher Temperatur (47°C zum Zeitpunkt der Kontrolle) getrocknet, da bei der Anfangseinstellung noch die Verdunstungskühlung wirkte, die später jedoch nachließ. Ein eventuell reduzierter Feldaufgang kann hierauf zurückzuführen sein.

Tillecur-Beizung

- Herstellung einer Suspension in 1%-iger Essigsäure (180g pulverförmiges ‚Tillecur‘ auf 1 Liter Essigsäure)
- Durchmischung von jeweils 60 ml Suspension mit 1 kg Saatgut bis zur gleichmäßigen Benetzung, Lufttrocknung

Anthraknosebonitur

Eine Überprüfung des Ausgangsbefalls im Saatgut war aus Zeitgründen nicht möglich. Bonituren erfolgten im Bestand.

- Kontrolltermine: 05.06., 25.06., 07.07., 16.07.
- Boniturskala
 - 1 = einzelne Pflanzen befallen
 - 2 = deutliches Befallsnest
 - 3 = mehr als 5% des Bestandes befallen
 - 4 = flächenhafter Befall bis 10% des Bestandes
 - 5 = flächenhafter Befall über 10% des Bestandes

3.7 Stickstoffdynamik nach der Ernte von Körnerleguminosen

Mit der nach der Ernte auf dem Feld verbleibenden Biomasse (Stroh, Wurzeln) der Körnerleguminosen bleibt auch ein Teil des fixierten Luftstickstoffs zurück. Dieser kann einerseits der Nachfrucht zur Verfügung stehen, andererseits bei vorzeitiger Mineralisierung das Grundwasser durch erhöhte Nitrat-Auswaschung belasten. Um die Größenordnung dieser Effekte

einschätzen zu können, wurden Gesamtstickstoff im Stroh und mineralischer Stickstoff im Boden untersucht.

3.7.1 N-Rückstände im Stroh nach verschiedenen Kulturen

Anhand der Bestimmung von Stroh-Erträgen und N-Gehalts-Analysen wurde in einem Teil der Feldversuche der Stickstoff-Rückstand in der gesamten, oberirdischen, mit dem Drusch nicht abgefahrenen Biomasse ermittelt. Die erforderlichen Daten liegen aus folgenden Kulturen bzw. Versuchen im deutschen Projektgebiet vor: Soja (3.3.1.1), Weiße u. Schmalblättrige Lupine (3.4.2.2), Sommer- u. Winterackerbohne (3.5.1.1), Sommer- u. Wintererbse (3.5.2.1), Sommer- u. Winterlupine (3.5.3.3).

3.7.2 N_{\min} -Dynamik im Boden

Stickstoff unterliegt im Boden einer komplexen Dynamik zwischen Auf- und Abbau organischer Substanz sowie verschiedenen anorganischen Bindungsformen. Dabei ist mineralisierter Stickstoff besonders im Winterhalbjahr durch den i.d.R. abwärts gerichteten Wasserstrom auswaschungsgefährdet.

3.7.2.1 Verschiedene Kulturen (D-Buggingen, 2003, 2005 / D-Heitersheim, 2004, 2005)

Als Indikator für die Rückstände mineralisierten Stickstoffs im Boden nach dem Anbau von Körnerleguminosen im deutschen Projektgebiet wurden zu verschiedenen Zeitpunkten Bodenproben entnommen. Vergleiche zwischen Kulturen sind bedingt möglich, da z.T. mehrere Versuche auf bislang einheitlich bewirtschafteten Schlägen stattfanden.

Probenentnahme und Auswertung

Die Proben wurden von Hand mit einem Bohrstock entnommen und nach den Schichten (0-30 cm), (30-60 cm) und (60-90 cm) getrennt. In Einzelfällen konnte die Tiefe > 60 cm nicht erreicht werden. Die Analyse erfolgte auf NO_3^- und NH_4^+ nach Standardmethoden. Angegeben ist der in beiden Fraktionen enthaltene Gesamtstickstoff N_{\min} . Eine Abschätzung der potenziellen N-Verlagerung erfolgt anhand von Niederschlagsdaten.

Lage der Beprobungspunkte

In den Soja-Unkrautversuchen wurden verschiedene Varianten (Reihenweite, Untersaat) verglichen. In Weißer Lupine, Erbse und Ackerbohne wurde ein Vergleich zwischen Sommer- und Winterformen angestrebt, wobei möglichst praxisnahe (i.A. ertragreiche) Varianten beprobt wurden. Voraussetzung war eine erfolgreiche Kulturentwicklung, um repräsentative N_{\min} -Werte zu erhalten. Daher wurden 2004 nicht alle Kulturen beprobt.

Zur Abschätzung der Streubreite der Werte wurden stets Proben aus zwei Wiederholungs-Parzellen gleicher Behandlung entnommen. Tab. 47 zeigt eine Übersicht der beprobten Varianten nach Kultur und Termin. Weitere Informationen zu den Schlägen finden sich in Kap. 3.2.

Tab. 47: Übersicht der beprobten Varianten zur N_{min} -Bestimmung im deutschen Projektgebiet

Schlag	Datum	Kultur						
		Soja	Weiße Lupine		Erbse		Ackerbohne	
			S	W	S	W	S	W
unterm Berg	04.09.2003	Praxis						
	14.10.2003	Mischproben (nach Pflug)						
im Boden	29.09.2004		Amiga (späte Saat)			Lucy (frühe Saat)	Aurelia (frühe Saat)	Karl (frühe Saat)
	25.10.2004							
	16.11.2004	Standraum Späte Hacke Leindotter						
	18.02.2005	Standraum Späte Hacke Leindotter	Amiga (späte Saat)			Lucy (frühe Saat)	Aurelia (frühe Saat)	Karl (frühe Saat)
Schwarzer Kirschbaum	09.09.2005		Amiga (frühe Saat)	Lumen (frühe Saat)	Hardy (frühe Saat)	Lucy (späte Saat)	Aurelia (frühe Saat)	Karl (frühe Saat)
Bienenmatt	11.10.2005	Praxis Standraum						

S = Sommerform W = Winterform

3.7.2.2 Vergleich zwischen Kulturen sowie Winter- und Sommerformen (F-Sausheim und F-Elsenheim, 2004)

Um regionsspezifische Daten zum Nitratauswaschungsrisiko sowie dem für die Folgefrucht verfügbaren Stickstoff nach Leguminosen zu gewinnen, wurden an allen Versuchsstandorten des Jahres 2004 Herbst-N_{min}-Untersuchungen vorgenommen

Dabei wurden die Sommer- und Winterformen getrennt beprobt, um zu sehen, ob es Unterschiede gibt, nachdem die Erntetermine unterschiedlich sind und damit auch die für die Mineralisation vor Winter zur Verfügung stehende Zeit.

Lage der Beprobungspunkte

Es wurden alle Leguminosenversuche 2003/04 in den Gemeinden Elsenheim und Sausheim beprobt:

- an einer Stelle je Leguminosenart und -form, d. h. an 5 oder 6 Stellen je Gemeinde (Einzelheiten zu den Sorten s. Tab. 6)
- sowie zu 3 verschiedenen Terminen: nach der Ernte, zu Beginn des Winters (Ende November - Anfang Dezember) sowie zu Ende des Winters (März).

Art der Beprobungen und Analysen

Die Bodenbeprobung erfolgte manuell mit Hilfe eines Bohrstocks oder eines mechanischen Probenahmegeräts GEONOR MCL3 in 3 Tiefen: 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm (bis auf Einzelfälle).

Der Nitratgehalt der Einzelproben wurde im Labor bestimmt.

Die Differenz zwischen dem Nitratgehalt zu Beginn und zu Ende des Winters gibt eine Vorstellung von der über Winter wahrscheinlich durch Auswaschung ins Grundwasser verlorenen Stickstoffmenge.

Eigenschaften der Beprobungsstellen

Die Erbsen-, Lupinen- und Ackerbohnenversuche innerhalb einer Gemeinde standen auf verschiedenen Parzellen, die jedoch sehr ähnliche Bodeneigenschaften aufwiesen. Ein Vergleich zwischen den Arten ist von daher möglich. In Elsenheim wurden Ackerbohnen zu Demonstrationszwecken auch neben die Erbsenparzelle gesät. In diesem Fall ist der Vergleich der Nitratgehalte nach Kulturende von Erbsen und Ackerbohnen besonders zuverlässig.

Dagegen sind die Bodenunterschiede zwischen den beiden Gemeinden beträchtlich: In Elsenheim ist der Humusgehalt mit 4-12% deutlich höher als in Sausheim mit rund 2% (s. Tab. 48).

Nach den Angaben der Bodenführer für das Elsass (Guides des sols d'Alsace, ARAA, 1999 & 2004) ist das mit dem Burns-Modell (s. Anhang) geschätzte Auswaschungsrisiko über Winter auf diesen Böden hoch bis ziemlich hoch, mit Ausnahme des Lupinenversuchs in Sausheim.

Auf der letztgenannten gab es kurz nach der Ernte einen Bodenbearbeitungsgang mit anschließender Einsaat einer Gründüngung für die Bodenbedeckung über Winter, da der Landwirt auf diesem Schlag als Folgefrucht eine Sommerung wünschte. Diese Gründüngung wurde im März, vor der Beprobung, umgebrochen.

Dagegen wurde der Boden auf den anderen Versuchsparzellen nach der Ernte im Mittel 3 Mal bearbeitet und Anfang November dann Wintergetreide ausgesät (s. Tab. 48). Die Bewirtschaftungsmaßnahmen in diesen Zonen waren also relativ einheitlich und der Boden war von der Ernte bis zum Winterende kaum bedeckt, so dass ein Vergleich möglich ist.

Tab. 48: Die wichtigsten Bodeneigenschaften und Bewirtschaftungsmaßnahmen nach der Ernte an den verschiedenen Beprobungsstellen (Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenversuche; F-Elsenheim und F-Sausheim 2004).

Standort	Elsenheim			Sausheim		
	Lupine	Ackerbohne	Erbsen mit AB-Demo	Lupine	Ackerbohne	Erbsen
Parzellennummer	1	2	3	1	2	3
Sorten	Amiga (S)	Diva (W) Divine (S)	Lucy (W) Hardy (S) Karl (AB W)	Amiga (S)	Karl (W)	Lucy (W) Hardy (S)
Bodenart	Ton	IT		tL	sIT	tsL
% Ton	45,0	32,0		24,1	28,0	20,7
% Schluff	30,0	44,1		59,9	49,4	40,2
% Sand	14,5	14,3		11,5	18,0	34,8
% Org. Subst.	4,06	12,1		2,09	1,89	2,11
Bodentyp*	kalkhaltiges schwarzes Ried			hydromorpher stLehmboden auf Schwemmland der III	flachgründiger grauer Hardt- boden	
Gründigkeit*	60 cm			100 cm	60 cm	
nutzb. Feldkapazität*	100 mm			120 mm	60 mm	
Auswaschungsrisiko über Winter, geschätzt* ¹³	hoch (43 %)			mittel (26 %)	sehr hoch (61 %)	
Erntetermin	03.09.	10.08. + 03.09.	29.07.	02.09.	30.07.	16.07. + 30.07.
Ertrag (dt/ha)	29	37 (W), 29 (S)	32 (W), 21 (S)	20	21	32 (W), 14 (S)
Bodenbearbeitung nach der Ernte	Grubber + Pflug + Kreisel- oder Federzahnegge			« Actisol » ¹⁴ am 16.09.	Scheiben, Actisol, Federzahnegge	2 x Actisol, danach Federzahnegge
Folgefrucht - Art: - Sätermin:	Triticale - Erbsen Anf. Nov	Triticale - Erbsen Anf. Nov	Winterweizen Anf. Dez	Gründüngung Hafer+Phacelia 16.09.	Winterweizen 12.11.	Triticale 09.11.

Quelle: Guides des sols d'Alsace (*) und Bodenuntersuchungen

Legende: W = Winter, S = Sommer, AB = Ackerbohnen

13 Gemäß BURNS-Modell (ARAA, 1999 & 2004) und ausgehend von den Standortbedingungen des Gebiets.

14 Flügelscharrgrubber.

4 Ergebnisse und Diskussion

Den Ergebnissen vorangestellt ist eine Literaturlauswertung zu speziellen Themen, einerseits um die Ergebnisse der Feldversuche besser einordnen zu können, andererseits um die gewonnenen Erkenntnisse um wichtige Informationen zu ergänzen. Den thematischen Blöcken Unkrautregulierung, Sortenversuche, Winterformen, Anthraknose der Lupine und Stickstoffdynamik schließt sich jeweils eine Diskussion an. Eine übergreifende Diskussion der Projektergebnisse erfolgt am Ende.

4.1 Literaturlauswertung

Die Recherche zu allgemeinen Anbauverfahren von Körnerleguminosen ermöglicht eine Einschätzung der Übertragbarkeit der Projektergebnisse auf andere Standorte und Witterungsbedingungen. Die sehr komplexe Problematik der Bodenansprüche von Lupinen wird durch Angaben aus der Literatur dargestellt. Angaben zu typischen N-Rückständen und den Bestimmungsfaktoren der Nitratverlagerung nach Körnerleguminosenanbau dienen der Einordnung der Ergebnisse. Der Futterwert verschiedener Kulturen sowie allgemeine Wirtschaftlichkeit schließlich sind Informationen, die für die Praxis von großer Bedeutung sind und daher ebenfalls behandelt werden.

4.1.1 Anbauverfahren

Ökologische Unkrautregulierung in Körnerleguminosen

Die Fruchtfolge hat großen Einfluss auf Unkrautdruck und -flora, da zu jeder Kultur bestimmte Phasen ohne Bodendeckung und ohne Bearbeitung gehören, in denen sich Unkräuter ausbreiten können. So werden beispielsweise beim Anbau von Sojabohne und Mais gleichermaßen wärmebedürftige Unkräuter mit Hauptkeimzeiten im Mai (z.B. Weißer Gänsefuß oder Ampferknöterich) gefördert (Dierauer u. Stöppler-Zimmer, 1994). Dies stellt im vom Maisanbau geprägten Oberrheingebiet einen Nachteil für den ökologischen Sojaanbau dar. Anzustreben wäre vor diesem Hintergrund ein höherer Anteil von Winterungen in den Fruchtfolgen.

Auch innerhalb einer Kultur kann durch die Wahl der Saatzeit der Unkrautbesatz beeinflusst werden. Allerdings bestehen hierbei meist Zielkonflikte zwischen optimaler Ertragsbildung und minimalem Unkrautufwuchs, da die Entwicklung der Kulturpflanze neben der Unkrautkonkurrenz auch von anderen Faktoren abhängt (Dierauer u. Stöppler-Zimmer, 1994), weshalb der Saattermin nur begrenzt zur Steuerung des Unkrautdruckes genutzt werden kann.

Die Grundlage für einen konkurrenzstarken Bestand wird bereits bei der Aussaat gelegt. Insbesondere ein optimales Saatbett (Struktur, Wasserführung, Temperatur), das eine zügige Jugendentwicklung und gleichmäßige Bestände begünstigt ist anzustreben. Zielkonflikte können auch hier bestehen. So führen engere Reihenabstände zu früherer und besserer Bodendeckung, schränken jedoch die Möglichkeiten der direkten Unkrautbekämpfung ein (Dierauer u. Stöppler-Zimmer, 1994).

Die Ackerbohne ist eine vergleichsweise konkurrenzstarke Körnerleguminose und sollte mit Reihenweiten von 30-40 cm gesät werden, um hacken zu können. Erbsen lassen in der Regel mehr Licht auf den Boden. Die besser beschattenden Blatttypen („Futtererbsen“) sind

aufgrund ihrer Lageranfälligkeit nur für den Gemengeanbau zu empfehlen. Die im Reinanbau üblichen Halbblatttypen können auf 12-18 cm Reihenweite gesät und nur gestriegelt werden (Strategie Konkurrenzkraft) oder auf > 20 cm Reihenweite, um hacken zu können (Strategie direkte Bekämpfung). Bei den Lupinen ist die langsame Jugendentwicklung (langes Rosettenstadium) nachteilig, weshalb sie möglichst gehackt werden sollten. Als Reihenweite werden 18-35 cm empfohlen (Herrmann u. Plakolm, 1991).

Das Blindstriegeln zwischen Saat und Feldaufgang wird bei Körnerleguminosen grundsätzlich empfohlen. Vorsicht ist bei den epigäisch keimenden Arten Soja und Lupine angebracht, da diese zum einen flacher gesät werden müssen, was das Zeitfenster zum Blindstriegeln verkürzt, und zum anderen durch ein Abreißen der eventuell schon bodennahen Keimblätter leichter geschädigt werden.

Der Hackstriegel kann in Körnerleguminosen, anders als im Getreide, vor allem in frühen Stadien (jedoch erst ab ca. 5 cm Pflanzenhöhe) scharf eingesetzt werden, da die Pflanzen fest im Boden sitzen und eventuelle Schäden gut kompensieren können. Mit zunehmender Pflanzenhöhe muss vorsichtiger gestriegelt werden, da die Stängel sonst umknicken, und ab ca. 20 cm Höhe sollte nicht mehr gestriegelt werden. Bei Erbsen darf zudem nach Verrückung zwischen den Reihen nicht mehr gestriegelt werden (Herrmann u. Plakolm, 1991).

Der Einsatz der Hacke ist, mit Ausnahme von sehr leichten Böden, meist vorteilhaft. Zudem dient er nicht nur der Unkrautbekämpfung, sondern auch der Bodenlockerung und -durchlüftung. Die Kombination von Hacke und Striegel zeigt in den meisten Fällen eine bessere Wirkung als nur ein Gerät. Neben der Gerätewahl sind die richtige Einstellung und der Einsatzzeitpunkt der Geräte von großer Bedeutung.

Die thermische Unkrautbekämpfung (Abflammtchnik) findet aufgrund hoher Kosten vor allem in Gemüsekulturen, wo (noch teurere) Handarbeit reduziert werden muss, Anwendung. Das optimale Einsatzzeitfenster ist sehr eng (am besten genau 1 Tag vor Auflauf der Kultur), und die Wirkung selektiv. So treibt z.B. die Ackerkratzdistel wieder aus, der Windenknöterich wird nur im Keimblattstadium vernichtet, der Weiße Gänsefuß hingegen bis zum 4-Blattstadium.

Untersaaten können Unkraut unterdrücken, selbst jedoch besser regulierbar sein und positive Nebeneffekte (Bodenschutz, Nützlingsförderung) mit sich bringen. Demgegenüber stehen Saatgutkosten und Arbeitsaufwand für die Ausbringung der Untersaat. Zudem können Untersaaten leicht misslingen, z.B. durch Wasser- oder Lichtmangel, oder der Kulturpflanze ungeplant starke Konkurrenz machen, weshalb ihr Einsatz jeweils im Einzelfall abzuwägen ist (Dierauer u. Stöppler-Zimmer, 1994).

Winterhärte der verschiedenen Arten von Winterkörnerleguminosen

Die Wintererbse ist die Körnerleguminose mit der höchsten Frosthärte. Die Widerstandsfähigkeit der Körnerleguminosen hängt jedoch vom Entwicklungsstadium der Pflanze ab: Die Ackerbohnen und Erbsen sind am kältetolerantesten vor dem Stadium der Blütenanlage (Initiation Florale) während die Lupine ihre höchste Winterhärte erst danach erreicht (s. nachstehende Tabelle). Die Winterlupine muss deshalb so früh wie möglich gesät werden, ab September.

Tab. 49: Kältetoleranz verschiedener Winterleguminosen in Abhängigkeit von Organ und Entwicklungsstadium (CHAILLET I, Arvalis, aktualisiert am 02.12.03)

Art	Stadium	Wurzeln und Wurzelhals	Oberirdisch
Erbsen (Cheyenne)	Saat - Aufgang		-10°C
	Aufgang bis - IF (5-6 Blatt)		-15°C
	Nach IF		-5°C
Ackerbohne (Karl)	Saat - Aufgang	-12,5°C	-10°C
	Aufgang - 2-3 Blatt	-12,5°C	-5°C
	2-3 Blatt - IF (6-7 Blatt)	-12,5°C	-12°C
	Saat - Aufgang	-12,5°C	-5°C
Lupine (Luxe)	Saat - IF (6-7 Blatt)	-5°C	-5°C
	Saat - Aufgang	-12°C	-20°C

IF = Initiation Florale = Anlage der Blüten

Gemenge von Getreide mit Körnerleguminosen

Was ist ein Gemenge?

Es handelt sich um den gemeinsamen Anbau von einer oder mehreren Getreideart(en) mit einer oder mehreren Leguminosenart(en) zum Zwecke der Körnergewinnung. In Gemengen normalerweise eingesetzte Getreidearten sind Hafer, Gerste, Roggen und Triticale, die langstrohig und stabil sind, so dass sie Erbsen als Stützfrucht dienen können. Letztere ist die am häufigsten in Gemengen eingesetzte Körnerleguminose. Manchmal kommen aber auch Wicken oder Ackerbohnen zum Einsatz (BORDENAVE, 2002; SCHAUB).

Verschiedene Gründe sprechen für den Gemengeanbau (ITAB, 2003; BORDENAVE, 2002)

Eine gute Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkräutern, wegen:

- schneller Bodenbedeckung,
- eine gute Ausnutzung der Bodenvorräte durch die Artenmischung (, die deshalb für die Unkräuter nicht so verfügbar sind),

Eine bessere Krankheitsresistenz, wegen 3 Mechanismen,

- einem Abschirmungseffekt: die Pflanzen verschiedener Arten (und infolgedessen mit unterschiedlicher Anfälligkeit) bewirken eine physische Abschirmung gegenüber Krankheitserregern,
- einem Verteilungseffekt (Dispersion): eine geringere Dichte der Einzelkultur und deshalb eine geringere Anfälligkeit,
- einem Effekt der Stärkung von Abwehrkräften: Die Sporen einer kranken Pflanze können die Pflanzen von anderen Arten nicht kontaminieren, sondern induzieren Abwehrreaktionen dieser Pflanzen.

Ein geringerer Stickstoffdüngungsbedarf, wegen der Bindung von Luftstickstoff durch Leguminosen. Diese N-Fixierung scheint in Gemengen noch gesteigert zu werden. Getreide

nimmt Bodenstickstoff in der Tat effizienter auf als Leguminosen. Der Bodenstickstoff steht jenen deshalb weniger zur Verfügung, so dass sie mehr Stickstoff aus der Luft binden

Getreide-Leguminosen-Gemenge sind deshalb gute abtragende Fruchtarten in der Fruchtfolge (geringer Nährstoffbedarf und gut Widerstandskraft gegenüber Krankheiten und Unkräutern).

Ein Begrenzung des Lagers der Leguminosen:

Getreide leistet den Leguminosen Beistand (sofern geeignete Mischungen mit geringem Erbsenanteil ausgesät werden).

Eine Verbesserung der Bodenstruktur wegen:

- einer großen und vielfältigen Wurzelmasse,
- einer exzellenten Bodendurchwurzelung (unterschiedliche Arten der Durchwurzelung), die zu einer Verbesserung der Bodenstruktur und der biologischen Aktivität des Bodens führt.
- Ernterückstände mit einem ausgewogenen C/N-Verhältnis, die sich gut zersetzen und einen ausgeglichenen Humus bilden

Bessere Erträge der Gemenge gegenüber den Kulturen in Reinsaat wegen:

- sich ergänzenden Arten in Bezug auf Wachstumsfaktoren (Licht, Wasser, Stickstoff) mit einem Synergieeffekt
- einer geringeren Konkurrenz zwischen Pflanzen unterschiedlicher Arten gegenüber Pflanzen derselben Art
- geringerer Konkurrenz mit Unkräutern, da diese weniger stark vorkommen.

Hohe Ertragstreue von Jahr zu Jahr wegen:

- weniger Abhängigkeit von einzelnen Wachstumsfaktoren,
- Kompensationseffekten:
 - zwischen den Arten: Je nach Witterungsverlauf und Boden kann im einen Jahr das Getreide die Überhand gewinnen und im nächsten Jahr die Erbse.
 - innerhalb einer Art: Eine kranke Pflanze wächst schlechter oder stirbt. Die gesunde Nachbarpflanzen hat dann ein größeres Wachstumspotential (mehr Licht, Wasser und Stickstoff verfügbar).

Ein unvermeidlicher Nebeneffekt ist, dass sich das Verhältnis Getreide:Erbsen nicht genau vorherbestimmen lässt.

Ein Futtermittel mit Energie und Eiweiß:

Das Erntegut des Gemenges stellt für das Vieh eine ausgewogenere Nahrung dar als ein Getreide oder eine Leguminose alleine (Energie aus dem Getreide und Eiweiß aus der Leguminose). Außerdem handelt es sich um eine günstige Eiweißquelle.

Welche Gemenge anbauen? (ITAB, 2003; BORDENAVE, 2002; SCHAUB)

Zu berücksichtigende Kriterien

Die im Gemenge enthaltenen Arten müssen untereinander **verträglich**, für den vom Landwirt beabsichtigten **Verwendungszweck** geeignet und an die **Produktionsbedingungen** (Boden, Klima, Vorfrucht, Unkrautdruck sowie weitere Rahmenbedingungen wie Ernte, Saattermin, ...) angepasst sein.

Bei der Auswahl von Arten und Sorten für das Gemenge ist darauf zu achten, dass:

- Reife- und Saattermine harmonisieren,
- die Entwicklungsgeschwindigkeiten, die Höhe zum Zeitpunkt der Blüte und die Pflanzlänge harmonisieren, damit nicht eine oder mehrere Arten unterdrückt werden.

Auch muss die Standfestigkeit des als Stützfrucht für Erbsen dienenden Getreides gewährleistet sein.

Welche Arten passen zueinander und in welchem Mischungsverhältnis?

In Bezug auf den Reifetermin lassen sich Getreide und Körnerleguminosen in zwei Gruppen von möglichen Gemengen einteilen:

- die frühen: Gerste – Roggen – Weizen / Körnererbsen,
- die späten: Triticale – Hafer / Ackerbohne – Futtererbse.

Ein gewisser Unterschied beim Reifezeitpunkt zwischen zwei Arten ist möglich, wenn die frühere Art nicht zu Auswuchs neigt.

Die Anteile von Getreide und Leguminosen dürfen auf der Grundlage des im Erntegut erwarteten Verhältnis geplant werden, da dieses sich zwischen Aussaat und Ernte noch sehr stark ändern kann, insbesondere in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf. Je nasser das Jahr ist, desto stärker begünstigt es die Leguminosen, auf Kosten des Getreides, und umgekehrt.

Die Anteile der einzelnen Arten am Gemenge richten sich daher nach:

- der Eignung der Arten für den Standort (insbesondere die Bodenverhältnisse),
- den Ansprüchen der einzelnen Arten (z.B. bezüglich Licht bei Ackerbohne),
- den Saatterminen: Eine zu späte Saat kann zu Lasten des Erbsenertrages gehen und den Reifeunterschied zwischen Erbsen und Getreide vergrößern. Sät man dagegen früh, so begünstigt man die Entwicklung der Erbsen, weshalb der Anteil am Gemengesaatgut reduziert werden kann.
- der Konkurrenzkraft bzw. 'Kampfkraft' bestimmter Arten gegenüber anderen (z.B. Hafer, Triticale oder Roggen gegenüber Weizen oder Gerste): Ihr Anteil an der Aussaatmenge muss begrenzt werden, damit sie die anderen nicht ersticken.
- der Vorfrucht: Getreide wird begünstigt, wenn die Vorfrucht viel Nitrat hinterlässt (z.B. nach Grünlandumbruch).

Im Allgemeinen wird empfohlen, in Gemengen mit Erbsen oder Wicken etwa 15% Leguminosen einzubringen, d.h. 25-30 kg/ha Futtererbse bei einer Gesamtmenge von 200 kg/ha. Bei größeren Anteilen steigt die Lagergefahr. Bei Ackerbohnen kann der Anteil an der Gesamtmenge 45% betragen.

Welche Arten verwenden, in Abhängigkeit von Situation und Verwertung?

Nach Verwertungsrichtung (Verkaufsfrucht/Eigenverwertung)

Bei Verkaufsfrüchten empfiehlt sich eine Beschränkung auf zwei Arten (ein Getreide und eine Körnerleguminose), die leichter auseinander zu reinigen ist. Auf der anderen Seite sind Weizen und Gerste am gesuchtesten.

Für die Verwertung im eigenen Betrieb werden Gemenge mit mindestens 3 Arten empfohlen, um die Synergien zwischen den Arten zu verstärken und die Ernährung vielseitiger zu gestalten.

Je nach zu ernährender Tierart (CORNEC, 2003)

Bei Legehennen ist der Einsatz von Ackerbohnen mit Vicin bzw. Vizin-Convizin zu vermeiden.

Für Schweine und Mastgeflügel können alle Arten von Erbsen und Ackerbohnen verwendet werden. Die tanninarmen Sorten sind jedoch zu bevorzugen, d.h. Eiweißerbse und Weiße Bohnen, da sie einen höheren Energiegehalt und eine bessere Verdaulichkeit aufweisen.

In der Wiederkäuerfütterung sind alle Körnerleguminosenarten einsetzbar.

In Abhängigkeit von den Anbaubedingungen

Weizen ist weniger robust, anspruchsvoller an die Wasserversorgung und weniger konkurrenzstark gegenüber Unkräutern, kann aber mehr Ertrag bringen als die anderen Getreidearten.

Hafer kann auch auf feuchten, schlecht abtrocknenden Böden angebaut werden, während Gerste eher kalkhaltige, tiefgründige Böden bevorzugt und Roggen auch mit sauren, flachgründigen Böden zurecht kommt.

Triticale wird ziemlich hoch und dennoch standfest, so dass es Unkraut gut unterdrückt. Außerdem bringt es auch einen hohen Strohertrag.

Hafer deckt mit seiner raschen Jugendentwicklung schnell den Boden und unterdrückt gut das Unkraut (aber auch die Erbsen, so dass die Saatstärke angepasst werden muss).

Roggen steht gut und produziert viel Stroh.

Wie sät man Gemenge? (ITAB, 2003; BORDENAVE, 2002; SCHAUB)

Das Saatgut wird normalerweise gemischt (z.B. in einem Betonmischer), bevor man es in die Getreidedrillmaschine einfüllt. Während der Saat muss das Saatgut im Säkasten regelmäßig durchmischt werden, um einer Entmischung vorzubeugen und eine gleichmäßige Verteilung der Arten zu bekommen. Die Sätiefe beträgt 3-4 cm. Das ist ein Kompromiss zwischen den Saattiefen für Getreide und Leguminosen.

Auch die Aussaat von Gemengen mit Ackerbohnen kann in einem Arbeitsgang erfolgen, aber da das Korn schwerer ist, wandert es im Säkasten nach unten und macht Schwierigkeiten beim Durchgang in die Säscharre. Außerdem muss sie 7-8 cm tief gesät werden. Deshalb ist eine Aussaat in zwei Arbeitsgängen vorzuziehen.

Schlussfolgerungen zum Gemengeanbau

Der Anbau von Getreide-Leguminosen-Gemengen hat zahlreiche Vorzüge. Diese Gemenge sind konkurrenzstärker gegenüber Unkraut und weniger anfällig gegenüber Krankheiten und Schädlingen. Durch Synergie- und Kompensationseffekte ist ihr Ertrag häufig besser und gleichmäßiger als bei Reinsaaten der einzelnen Gemengepartner.

Die Gemengepartner sind aber gut auszuwählen und in Abhängigkeit von den Standortbedingungen und dem Verwendungszweck zu gewichten. Andererseits können die Anteile der beteiligten Partner bei der Ernte je nach Verlauf der Jahreswitterung erhebliche Unterschiede aufweisen.

Im Gemengeanbau wird meist die Futtererbse eingesetzt. Gemenge mit Körnererbsen sind seltener. Forschungen zur Ermittlung der Saatmengenanteile für ein wohlausgewogenes Getreide-Körnererbsengemenge laufen, doch konnten die optimalen Mischungsanteile von Getreide und Körnerleguminosen bis heute noch nicht ermittelt werden.

4.1.2 Bodenansprüche der Lupinenarten

Die in der Landwirtschaft angebauten gelben, weißen und schmalblättrigen Lupinen (*Lupinus luteus*, *L. albus* und *L. angustifolius*) sind gemäß Literaturangaben auf Böden mit pH unter 7 angewiesen. In der Literatur wird der Anbau von gelben Lupinen (*L. luteus*) nur auf Böden mit einem pH unterhalb von 6, von schmalblättrigen und weißen Lupinen nur auf Böden mit einem pH unterhalb von 6.8 empfohlen (Gesellschaft zur Förderung der Lupine 2003). Für die weiße Lupine konnte mittels Erhebungen auf Praxisbetrieben in der Schweiz gezeigt werden, dass die Art auch auf Böden mit pH-Werten bis 7.7 (mittels CO₂-Methode bestimmt) ohne Chlorosen und mit ansprechenden Erträgen angebaut werden kann.

Die Vorliebe der Lupine für saure Böden ist seit langem bekannt, und verschiedene wissenschaftliche Berichte behandelten die Thematik bereits anfangs des 20. Jahrhunderts. Als Ursache für die beim Anbau auf alkalischen Böden auftretenden Chlorosen wurde vor allem eine zu geringe Eisenversorgung verantwortlich gemacht (Parsche 1940). Neuere Arbeiten zeigen aber, dass andere Gründe für die Chlorosen der Lupinen verantwortlich sind.

Im folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeiten zu den Bodenansprüchen der Lupinen kurz vorgestellt. Da es sich bei der weißen und der schmalblättrigen Lupine um unterschiedliche Arten mit unterschiedlichen Bodenansprüchen handelt, werden die entsprechenden Publikationen dazu getrennt vorgestellt.

Die Ansprüche von Lupinen an den Boden gliedern sich in verschiedene Teil-Systeme:

1. Lupinen können mit Hilfe von *Bradyrhizobium*-Bakterien atmosphärischen Stickstoff aufnehmen. Eine hohe Aktivität dieser Bakterien ist für ein optimales Wachstum der Lupinen wichtig. Diese Aktivität wiederum wird auch durch die Bodenbedingungen beeinflusst.
2. Die weißen Lupinen bilden im Gegensatz zu den schmalblättrigen Lupinen bei Eisen- oder Phosphat-Mangel Proteoid-Wurzel aus. Mit Hilfe dieser Wurzeln können sie zusätzlich Eisen oder Phosphat aufnehmen.
3. Der pH im Boden wird durch das Carbonatpuffersystem bestimmt und hängt stark vom Kalkgehalt im Boden ab. Der pH hat einen Einfluss auf die Verfügbarkeit der Nährstoffe.

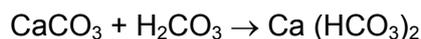
All diese Faktoren sind neben den Witterungsbedingungen für Lupinen wachstumsbestimmend. In den folgenden Unterkapiteln werden die wichtigsten Grundlagen und Forschungsergebnisse dazu zusammengefasst und Erkenntnisse daraus abgeleitet.

4.1.2.1 Carbonatpuffersystem

Die Versauerung des Bodens kann mehrere Gründe haben (Gisi *et al.* 1997):

- saure Niederschläge (H_2CO_3 , HCl , HNO_3 , H_2SO_4)
- sauer wirkende Dünger (Ammoniumsulfat, Superphosphat)
- Zufuhr sauer wirkender Huminstoffe aus der oberen Bodenhorizonten
- bodeninterne Prozesse: Atmung, Kationenaufnahme, Humifizierung, Oxidation. Bei der Atmung wird das entstehende Kohlendioxid mit Wasser umgesetzt:
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$

Eine Versauerung des Bodens erfolgt aber erst, wenn die Pufferkapazität des Bodens erschöpft ist. Solange Kalk (CaCO_3) im Boden vorhanden ist, fällt der pH nicht unter 7. Die Base CO_3^{2-} fängt die Protonen auf. Das System kann vereinfacht wie folgt beschrieben werden:



4.1.2.2 Wurzelknöllchen-Bakterien

Lupinen können mit dem Bakterium *Bradyrhizobium lupini* eine Symbiose eingehen. Dabei wird in den gebildeten **Wurzelknöllchen** atmosphärischer Stickstoff (N_2) zu Ammonium (NH_4^+) umgewandelt. Die Bakterien stellen den sauerstofflabilen stickstoffreduzierenden Enzymkomplex Nitrogenase sowie die diesen Komplex kodierenden Gene zur Verfügung. Die Pflanze ihrerseits stellt die nötige Energie (ATP), das Reduktions- und Elektronentransportsystem Ferredoxin, das sauerstoffbindende Enzym Leghämoglobin sowie Kohlenhydrate zur Bildung von Aminosäuren zur Verfügung (Gisi *et al.* 1997).

Vor allem in schlecht mit Stickstoff versorgten Böden ist eine gute Aktivität der Knöllchenbakterien wichtig für einen guten Wuchs und Ertragsfähigkeit der Lupinen. Eine Arbeit von Raza *et al.* (2001) untersuchte die Reaktion verschiedener Rhizobium-Isolate in verschiedenen Nährlösungen. Die Isolate stammten von mehreren Standorten in Ägypten. Die Nährlösungen wurden mit steigenden Gehalten an NaCl (1-8 % w/v), pH (4-10), CaCO_3 (1-10% w/v) sowie 12 Antibiotikas versetzt. Alle getesteten Isolate überlebten sowohl unter sauren wie auch alkalischen Bedingungen und Kalkgehalten bis 10% im Nährmedium. Unterschiede zeigten sich nur bei der Reaktion auf steigende NaCl-Gehalte. Ein Teil der Isolate überlebte signifikant besser in hohen NaCl-Konzentrationen als die andere Gruppe.

Eine Arbeit von Abd-Alla (1999) zeigte, dass sich *Bradyrhizobium lupini*-Stämme bezüglich ihrer Aufnahmefähigkeit von Eisen in alkalischem Milieu unterscheiden.

4.1.2.3 Bodenansprüche der weißen Lupine

Im Folgenden findet sich eine Übersicht zu Arbeiten mit weißen Lupinen. Darin werden die Ansprüche der Lupinen bezüglich pH, Bicarbonatgehalte und Bodentypen untersucht.

Weißer Lupinen bilden bei tiefen Gehalten an Phosphat oder Eisen **Proteoid-Wurzeln** aus (Foto 3). Proteoid-Wurzeln (auch Clusters genannt) sind weltweit in verschiedenen Pflanzen-Familien und Habitaten bekannt.

Hagstrom *et al.* (2001) beschreiben in ihrer Arbeit die Morphologie, Struktur und Physiologie dieser speziellen Wurzelform. Auch Watt und Evans (1999) untersuchten die Physiologie und die Entwicklung von Proteoid-Wurzeln.

Peiter *et al.* (2001a) zeigten in ihrer Arbeit, dass erhöhter pH (7.7) und die Zugabe von organischen oder anorganischen Puffern (MES und TES¹⁵ bzw. HCO₃⁻) die Ausbildung von Proteoid-Wurzeln stark begünstigten. Hoher pH, gepuffert oder ungepuffert, induzierte die Bildung dieses Wurzeltyps. Bei einer gepufferten Lösung mit hohem pH nahm die Länge der Clusters zu. Die Länge der Wurzeln hingegen wurde negativ durch einen hohen pH und/oder gepufferte Lösungen beeinflusst.



Foto 3: Proteoid-Wurzeln der weißen Lupine in Nährlösung ohne Phosphat (C) und mit 0.5 mM P (D) (Watt u. Evans, 1999)

Der Einfluss **kalkhaltiger Erde** auf das Wurzel- und Sprosswachstum der weißen Lupine wurde durch Kerley (2000) in Pflanzentöpfen untersucht. Nach 75 Tagen war das Gewicht der Haupt- und Nebenwurzeln der Pflanzen in kalkhaltiger Erde (2.5% CaCO₃ w/w) signifikant geringer als dasjenige der Pflanzen in Erde mit neutralem pH. Allerdings war das Trockengewicht und die Anzahl Proteoid-Wurzeln in beiden Verfahren ähnlich groß. Der Versuch zeigte, dass Proteoid-Wurzeln bei zunehmendem Kalkgehalt nicht abnehmen. In der Erde mit neutralem pH betrug der Anteil an Proteoid-Wurzeln 17% am gesamten Wurzelgewicht, in der kalkhaltigen Erde stieg der Anteil signifikant auf über 30%. Der Phosphor- und Magnesiumgehalt der in kalkhaltiger Erde gewachsenen Pflanzen war am Ende des Experiments signifikant tiefer als in Pflanzen, die in Erde mit neutralem pH gewachsen waren.

Kalkchlorosen bei Lupinen zeigen sich typischerweise als **Gelbverfärbung der Blätter**. Kerley und Huyghe (2001) zeigten aber, dass diese Verfärbungen ein ungeeignetes Merkmal für Kalkempfindlichkeit sind. Für Screenings auf Kalktoleranz eignet sich das elektronisch gemessene Chlorophyll besser.

Um die Reaktion von weißen Lupinen auf gekalkte saure Böden oder auf alkalische Böden zu untersuchen, wurden im Gewächshaus 12 weiße Lupinen-Genotypen kultiviert (Liu und Tang, 1999a). Die Untersuchungen zeigten ebenfalls, dass die **Chlorosen** kein zuverlässiger Indikator für eine Selektion von toleranten Genotypen sind, da die Ausprägung der Chlorose nicht mit dem Sprosswachstum korrelierte. Die Resultate aus dem Gewächshaus konnten im Freien mit auf alkalischem Boden kultivierten Pflanzen nicht bestätigt werden. Es muss deshalb angenommen werden, dass neben der Boden-Alkalinität noch andere Faktoren einen Einfluss auf das Wachstum der Lupinen ausüben.

Die Symptome der Chlorosen auf den Blättern könnten auch auf einen **Zink-Mangel** hindeuten. Aus diesem Grund untersuchte Liu und Tang (1999b) den Einfluss von Zink auf weiße Lupinen in Böden bei verschiedenen pH-Werten. Die Experimente zeigten, dass der pH des Bodens einen größeren Einfluss auf das Pflanzenwachstum hat als die Zink-Versorgung.

¹⁵ MES + TES: 2-(N-morpholino)ethanesulfonic-Säure + N-tris(hydroxymethyl)methyl-2-aminoethanesulfonic-Säure

Peiter *et al.* (2001b) zeigten, dass **Bicarbonat (HCO_3^-) der Schlüsselfaktor für Wachstumshemmungen der Lupinen auf kalkhaltigen Böden** war. Dabei wurde hauptsächlich das Wachstum der Wurzeln und nicht das Sprosswachstum beeinträchtigt. Die Versuche wurden in pH-kontrollierter, aber ungepufferter Nährlösung bei konstantem Licht oder unter konstanter Dunkelheit durchgeführt. Bei einem pH von 8 war die Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln deutlich reduziert. Die gelbe Lupine reagierte am stärksten auf Bikarbonat, die weiße Lupine am wenigsten, die schmalblättrige Lupine nahm eine Zwischenstellung ein. Trotz des reduzierten Wurzelwachstums nahm das Wurzelgewicht nicht ab, sodass das spezifische Wurzelgewicht zunahm. Die Citrat-Konzentration in den Wurzeln der sensitiven gelben Lupine nahm bei hohem pH zu, bei den zwei anderen Arten war dies nicht zu beobachten.

Kerley und Huyghe (2002) untersuchten den Einfluss von **pH, Bikarbonat und Calcium** auf das Wachstum von weißen Lupinen in Nährlösung. Die Studien zeigten, dass jeder der Stressfaktoren spezifische Reaktionen bei den Lupinen hervorrief. Bikarbonat (5 mM) hatte den größten Effekt, die intoleranten Sorten wiesen ein vermindertes Trockengewicht des Sprosses sowie einen höheren Anteil an toten Hauptwurzeln auf. Bikarbonat verminderte zudem die Anzahl und Dichte der determinierten Wurzeln, nicht aber der undeterminierten. Calcium (3 mM) schädigte alle Teile der Wurzeln, wobei sich die Hauptwurzel verkürzte, allerdings starb bei keiner Pflanze die Hauptwurzel ab. Die Anzahl und Dichte der seitlichen Wurzeln wie auch die Länge der undeterminierten Wurzeln waren ebenfalls reduziert. Das alkalische Milieu (pH 7.5) bewirkte eine geringere Anzahl und Dichte der determinierten seitlichen Wurzeln im Vergleich zu einem Milieu von pH 6.5. Die Experimente zeigten, dass eine erhöhte Toleranz auf alkalischen Böden auf eine Toleranz bezüglich einer oder mehrerer dieser Stressfaktoren zurückzuführen sein könnte.

Im Jahr 1997 wurde in England eine Studie zur **Toleranz** von verschiedenen weißen Lupinen-Sorten und Stämmen gegenüber **kalkhaltigen Böden** durchgeführt (Kerley *et al.* 2001). Die Sorte Lucyanne war sehr intolerant und vergleichbar mit der schmalblättrigen Lupine, die weißen Genotypen La 673, 668 und 675 erwiesen sich hingegen als relativ tolerant. Ein möglicher Mechanismus für diese Toleranz könnte eine Kontrolle der Calcium- oder Eisenaufnahme sein. Es konnte aber keine geeignete Methode gefunden werden, um potentiell tolerante von sensitiven Genotypen zu unterscheiden.

Europäische Sorten der weißen Lupine wachsen schlecht auf **kalkhaltigen Böden**. Ägyptische Genotypen hingegen zeigen auch auf stark kalkhaltigem Untergrund keine Anzeichen von Stress. Verschiedene europäische Sorten und ägyptische Herkünfte wurden in einem Experiment auf kalkhaltigen und neutralen Böden miteinander verglichen (Kerley *et al.* 2002). Die europäischen Sorten zeigten auf gekalkten Böden Chlorosesymptome aufgrund einer reduzierten Netto- CO_2 -Aufnahme. Die ägyptischen Sorten hingegen zeigten keinen Unterschied bezüglich der Netto- CO_2 -Aufnahme beim Wachstum in den zwei Böden.

4.1.2.4 Bodenansprüche der schmalblättrigen Lupine

Schmalblättrige Süßlupinen werden in Europa erst seit den 90er Jahren angebaut. In Australien hingegen werden ausschließlich und seit längerer Zeit schmalblättrige Lupinen kultiviert. Dies ist wahrscheinlich der Grund, weshalb die wissenschaftliche Literatur zu schmalblättrigen Lupinen und deren Bodenansprüchen hauptsächlich australischer Herkunft ist. Im Folgenden wird ein Überblick über die australischen Publikationen zu schmalblättrigen Lupinen

und deren Bodenansprüchen gegeben. In den vorgestellten Versuchen wurden australische Sorten verwendet, die in Europa nicht angebaut werden.

Eine Studie von Tang *et al.* (1993a) beschäftigte sich mit dem Wachstum der schmalblättrigen Lupinen bei verschiedenen **pH-Werten** der Nährlösung. Im Experiment wurden Pflanzen der australischen schmalblättrigen Lupinensorte Yandee aus einer Nährlösung mit pH 5.2 in eine Nährlösung mit pH 7.5 versetzt. Nach 12 Tagen war das Wurzelgewicht, die Länge der Hauptwurzel und der Nebenwurzeln sowie die Anzahl der Nebenwurzeln in der basischen Nährlösung signifikant reduziert.

In einer weiteren australischen Studie von (Tang *et al.*, 1992) konnte gezeigt werden, dass das **pH-Optimum** für das Wurzelwachstum der Sorte Yandee zwischen 5 und 5.5 liegt.

Das Sprosswachstum und die Blattoberfläche wurden nicht beeinflusst. In einer zusätzlichen Publikation von Tang *et al.* (1993b) wird zudem aufgezeigt, dass die Verminderung des Wurzelwachstums bei **einer Erhöhung des pH** innerhalb einer Stunde eintritt. Dieser Prozess ist auf eine geringere Zellausdehnung und nicht auf eine reduzierte Zellteilungen zurückzuführen und ist reversibel. Die Permeabilität in der Plasma-Membran der Zellen des Rindengewebes der Wurzel für K^+ und Na^+ war bei Lupinen in Nährlösung mit hohem pH gleich groß wie bei Lupinen in Nährlösungen mit tieferem pH.

Tang und Robson (1993a) untersuchten auch die Auswirkungen eines erhöhten pH's auf die **Knöllchenbildung**. Sie konnten zeigen, dass bei pH-Werten über 6 die Masse der Knöllchen der schmalblättrigen Lupine reduziert wird. Dieser Effekt trat ein, bevor das Sprosswachstum gehemmt wurde. Ein hoher pH reduzierte auch den Stickstoffgehalt in der Pflanze. Daneben wurden auch das Wurzel- und Sprosswachstum durch einen hohem pH beträchtlich beeinträchtigt. Die gesamte Wurzellänge, die Anzahl der Seitenwurzeln und die Länge der einzelnen Seitenwurzeln waren bei hohem pH der Nährlösung deutlich reduziert. Daraus resultierte eine verminderte Aufnahme von Eisen und Phosphor.

In einer Untersuchung von Tang und Robson (1995) wurde die australische schmalblättrige Lupine Gungurru auf einem alkalischen Glay, einem sauren Lehm und einem kalkhaltigen sauren Lehm mit oder ohne Zugabe von **Bradyrhizobium** kultiviert. Auf dem alkalischen Boden wiesen die Pflanzen ohne Impfung eine geringe Knöllchenbildung und eine geringe Stickstoffkonzentration im Spross auf, die Anzahl Knöllchen war geringer als diejenige auf saurem Boden. Es konnte kein signifikanter Effekt einer Kalkzugabe auf das Wachstum und die Knöllchenbildung nachgewiesen werden.

Ein Experiment von Brand *et al.* (1999) untersuchte das Wachstum der australischen schmalblättrigen Lupinensorten Gungurru in Böden mit unterschiedlichen pH-Werten (7.0-9.6), Lehmgehalten (3-82%) und Calciumcarbonatgehalten (0-47%). Bei Ende des Experimentes nach 7 Wochen war die Chlorose negativ korreliert mit dem Trockengewicht des Sprosses. Der **Calciumcarbonat**-Gehalt des Bodens korrelierte am stärksten mit der Stärke der Chlorosen. Das Trockengewicht wurde aber auch durch die Kombination der Faktoren Lehmgehalt, pH und $CaCO_3$ -Gehalt beeinflusst.

Tang *et al.* (1995) untersuchten im Gewächshaus den Einfluss von hohen **Calcium**-Konzentrationen auf das Wachstum von schmalblättrigen Lupinen der Sorte Gungurru. Erhöhte $CaCO_3$ -Zugaben erhöhten den pH der Bodenlösung und erniedrigten das Spross- und Wurzelwachstum sowie die Chlorophyll-Konzentration in den jüngsten voll ausgebildeten Blättern. Dieser Effekt trat unabhängig davon auf, ob die Pflanzen den Stickstoff selbst fixierten oder ob die Pflanzen mit Stickstoff gedüngt wurden. Die Untersuchungen ließen vermu-

ten, dass ein hoher pH der Hauptgrund für das schlechte Wachstum der schmalblättrigen Lupinen auf alkalischen Böden ist. Der Ca-Gehalt oder ein hoher Ionen-Druck scheinen ein weniger wichtiger Faktor zu sein.

Eine weitere Arbeit von Tang und Robson (1993b) beschäftigte sich mit der Frage, welche Bedürfnisse an **Eisen** die verschiedenen Lupinenarten aufweisen. Die Experimente zeigten, dass *Lupinus pilosus* am tolerantesten auf geringe Eisen-Gehalte in der Nährlösung reagierte, *L. luteus* war am sensitivsten, *L. angustifolius* lag dazwischen. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass Eisen-tolerante Lupinenarten mit niedrigeren Eisengehalten sowohl im Nährmedium wie auch in der Pflanze auskommen. Zudem scheinen sie eine höhere Fähigkeit zu haben, Eisen von den Wurzeln zum Spross zu transportieren.

Peiter *et al.* (2000) zeigten zudem, dass ein Ungleichgewicht der Nährstoffe **Magnesium** und **Eisen** nicht der Hauptgrund für ein gehemmtes Wachstum auf kalkhaltigen Böden im Jugendstadium der schmalblättrigen, weißen oder gelben Lupine ist.

Um die **genetische Variabilität** der schmalblättrigen Lupine bezüglich der pH-Ansprüche abzuschätzen, wurden im Mittelmeergebiet von 15 verschiedenen Standorten schmalblättrige Lupinen-Genotypen gesammelt. Diese wurden auf einem alkalischen sandigem Glay-Lehm aus West-Australien kultiviert (Cowling und Clements 1993). Die fünf Wochen alten Pflanzen zeigten teilweise Chlorosen, die aber nicht mit dem pH-Wert des Herkunftsortes, sondern mit der Höhe über Meer des Herkunftsortes korreliert waren. Pflanzen mit stärkeren Chlorosen stammten von höher gelegenen Standorten. Diese Pflanzen wiesen ein geringeres Wurzel- und Spross-Frischgewicht sowie geringere Gehalte an Eisen, Kalium und Magnesium auf. Die Gehalte in den jungen Pflanzenteilen an Zink, Phosphat und Selen waren höher verglichen mit toleranteren Genotypen. Der pH des Herkunftsortes war somit kein geeigneter Indikator, um pH-tolerante Genotypen zu finden. Es konnte aber eine Spannbreite bezüglich der Toleranz auf den alkalischen Boden innerhalb der Genotypen gefunden werden.

Eine weitere Arbeit kam einige Jahre später zum selben Ergebnis: Verschiedene wilde Genotypen von *L. angustifolius*, die von Böden mit pH zwischen 4.2 bis 9 stammten, wurden gesammelt. Diese Genotypen wurden während 22 Tagen in einer Nährlösung mit pH 7 kultiviert (Tang und Robson 1998). Der Versuch zeigte, dass die Toleranz (gemessen am Wachstum und der Knöllchenbildung) bei pH 7 nicht mit dem Boden-pH des Herkunftsortes korreliert. Einige der wilden Genotypen schienen eine bessere Toleranz für pH 7 aufzuweisen als die bekannten australischen schmalblättrigen Lupinensorten. Um pH-tolerante Genotypen zu finden, ist der pH-Wert des Herkunftsortes somit kein geeigneter Indikator.

Tang *et al.* (1996) erarbeiteten eine Methode, um für schmalblättrige Lupinen Genotypen mit einer höheren Toleranz für alkalische Böden zu finden. Dazu wurden die Lupinen in einer Nährstofflösung mit hohem pH, aber variierenden Konzentrationen an Puffern und Bikarbonat kultiviert. Für ein **Screening** bezüglich des Wurzelwachstums erwies sich eine Nährstofflösung mit pH 7 und einem Puffer aus 1 mmol MES/L¹⁶ und 1 mm TES/L¹⁷ (sowie 10 mmol CaCl₂/L) am geeignetsten.

¹⁶ MES: 2-(N-morpholino)ethanesulfonic-Säure

¹⁷ TES: N-tris(hydroxymethyl)methyl-2-aminoethanesulfonic-Säure

Für ein Screening mittels des Wurzelgewichts erwies sich eine Lösung von 5 mmol Bikarbonat/L bei einem pH von 8.7 als geeignet.

Um die **genetische Variabilität** von Lupinen bezüglich ihrer **Kalk-Toleranz** zu untersuchen, wurden 13 verschiedene Lupinen-Genotypen auf einem alkalischen und einem sauren Lehmboden untersucht (Tang *et al.*, 1993c). Es wurden sowohl Sorten wie auch Wildtypen betrachtet. Obwohl die Pflanzen keine Chlorosen zeigten, war eine große Variation bezüglich des Spross-Gewichtes zu beobachten. Die Toleranz für alkalische Bedingungen nahm in der folgenden Reihenfolge ab: *L. atlanticus* < *L. pilosus* < *L. cosentinii* < *L. albus* < *L. angustifolius*. Bei den schmalblättrigen Lupinen zeigten nicht alle Genotypen die gleiche Sensitivität. Bei den auf alkalischem Boden gewachsenen Pflanzen war in der zweiten Woche eine gute Korrelation zwischen dem Wurzelwachstum der zweiten Woche und dem Sprosswachstum in der 12. Woche zu finden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Wurzelwachstum der jungen Pflanzen eine mögliches Merkmal für ein Screening für Kalktoleranz sein kann.

Die verschiedenen Lupinenarten variieren deutlich in ihrem **Wurzelsystem**. Die schmalblättrige Lupine nimmt unter zwölf untersuchten Lupinenarten eine Extremstellung ein (Clements *et al.* 1993). Sie weist eine dominante Hauptwurzel sowie eine relativ hohe Anzahl von Seitenwurzeln erster Ordnung auf, allerdings nur wenige Seitenwurzeln zweiter Ordnung. Das Wurzelsystem ist somit weniger ausgeprägt als beispielsweise dasjenige der weißen Lupine. Das schwach ausgeprägte Wurzelsystem sowie die relativ dicken Wurzeln der schmalblättrigen Lupine könnten erklären, warum diese Art auf fein texturierten Böden in Australien nur schlecht wächst.

4.1.2.5 Zusammenfassung / Ausblick

Sowohl für weiße wie auch für schmalblättrige Lupinen sind einige Arbeiten zu Bodenansprüchen publiziert. Die Versuche wurden aber meist nur in Nährlösungen oder Pflanzentöpfen durchgeführt. Die Pflanzen wurden nicht bis zur Kornausbildung untersucht. Zudem wuchsen die Pflanzen ohne Infektion durch *Bradyrhizobium*.

Die Interpretation der wissenschaftlichen Arbeiten ist nicht einfach, da das System Boden - Lupinen - Bradyrhizobium sehr komplex ist. Folgende Faktoren scheinen wichtig für das Wachstum der Lupinen zu sein:

- der Bikarbonat-Gehalt (CaCO_3) des Bodens scheint ein wichtigerer Faktor zu sein.
- der pH ist nicht der wichtigste Faktor für Chlorosen.
- die weiße Lupine erträgt Böden mit hohem pH besser als die schmalblättrige Lupine.
- es gibt innerhalb des Sortenspektrums wahrscheinlich Unterschiede bezüglich der Bodenansprüche. Bei weißen Lupinen wurden kalktolerantere Zuchtstämme gefunden. Bei den schmalblättrigen Lupinen wurden noch keine Arbeiten mit mitteleuropäischen Sorten durchgeführt.
- Schlechteres Wachstum auf alkalischen Böden ist vor allem auf ein vermindertes Wurzelwachstum zurückzuführen.
- Bei einem pH über 6 war bei schmalblättrigen Lupinen die Knöllchenbildung vermindert. Das Optimum für das Wurzelwachstum der australischen Sorten Yandee ohne *Bradyrhizobium* liegt bei einem pH von 5 bis 5.5.
- Chlorose-Symptome sind kein gutes Maß für die pH-Verträglichkeit, da nicht immer mit der Wurzel-Bildung korreliert.

- Eine Methode für ein Screening auf Toleranz für alkalische Bodenbedingungen wurde für schmalblättrige Lupinen beschrieben.
- Weiße Lupinen können im Gegensatz zur schmalblättrigen Lupine bei Eisen- oder Phosphatmangel Proteoidwurzeln ausbilden. Dadurch wird die Eisen- und Phosphatversorgung sichergestellt.

Für das Auffinden von kalktoleranten Sorten der weißen oder schmalblättrigen Lupinen sind deshalb folgende Fragen zu beantworten:

- Welche Gehalte an Bikarbonat (weiße Lupinen) oder Calciumcarbonat (schmalblättrige Lupinen) werden von den Lupinen noch toleriert?
- Mit welchen Ertragseinbußen ist beim Lupinenanbau auf ungeeigneten Böden zu rechnen?
- Unterscheiden sich die im europäischen Saatguthandel erhältlichen Lupinensorten bezüglich ihrer Bikarbonat-Toleranz, d.h. gibt es geeignete Sorten für alkalische Böden?

Für die Beantwortung dieser Fragen ist ein vertieftes Verständnis des komplexen Systems nötig, um zielgerichtet Versuche anlegen zu können.

4.1.3 Stickstoffdynamik nach Körnerleguminosenanbau

Nach der Ernte

Körnerleguminosen sind Schmetterlingsblütler: Sie binden Luftstickstoff und können im Boden Stickstoffreste hinterlassen.

Für Erbsen geben die meisten Literaturstellen einen nach der Ernte um 10 - 30 kg N/ha höheren Nitratgehalt als bei Getreide an. Die Schwankungen zwischen einzelnen Schlägen und einzelnen Jahren können jedoch beträchtlich sein (LAURENT et al, 1998). Dieser zusätzliche Stickstoffgehalt lässt sich zum Teil mit der geringen Durchwurzelungstiefe und -dichte (deswegen höhere Gehalte in den tieferen Bodenschichten) sowie mit der Hinterlassung von stickstoffreichen Ernterückständen erklären.

Anschließend erfolgt eine Mineralisation der organischen Substanzen im Boden, insbesondere der Ernterückstände und des Rhizobienstickstoffs. Sie werden im wesentlichen innerhalb von 3 Monaten nach Einarbeitung mineralisiert (bei mittleren Tagestemperaturen von 15°C). Dagegen ist die Netto-Mineralisation zwischen der Erbsenernte und dem Beginn der winterlichen Versickerungsperiode sehr unterschiedlich, je nach Stickstoffgehalts des Strohs. In einem Versuch in Boigneville (südlich von Paris) schwankte sie zwischen 0 und 60 kg N/ha (LAURENT et al, 1998).

Im Allgemeinen geht man davon aus, dass die gesamte Netto-Mineralisation nach Erbsen um rund 30 kg N/ha über derjenigen von Getreide mit Einarbeitung des Strohs liegt (LAURENT et al, 1998).

Für den Ökolandbau wurde im Rahmen eines ITADA-Projekts auf der Grundlage von Literaturangaben sowie von eigenen Versuchen ein Schätzrahmen für die Abschätzung der mittleren N_{min}-Gehalte des Bodens vor Beginn der winterlichen Dränperiode entwickelt (ITADA, 1999). Sofern keine Untersaaten oder Zwischenfrüchte angebaut werden, ist demnach mit folgenden Werten zu rechnen:

(kg N / ha)	Mineralböden	Humusgehalte > 2,5 %
Nach Ackerbohne/Erbse	66	+ 20
Nach Soja	45	
Nach Getreide	42	+ 10

Bei Erbsen liegen diese Werte sehr nahe an denen des konventionellen Landbaus. Für Soja gibt es nicht allzu viele Angaben, aber es sieht so aus, als ob Soja vor Winter kaum höhere Werte als Getreide aufweist und damit deutlich unter den Werten von Ackerbohnen und Erbsen liegt.

Auswaschung nach der Ernte und über Winter

Der Anbau von Körnerleguminosen bringt nicht zwangsläufig ein höheres Nitratauswaschungsrisiko mit sich. Es gibt keinen einfachen Zusammenhang zwischen Vorfrucht und Nitratauswaschung über Winter, da eine sehr große Anzahl von Einflussfaktoren daran beteiligt ist (LAURENT et al, 1998): Diese betreffen den Boden, die Witterung und das Anbausystem.

Der Umfang der winterlichen Auswaschung hängt genauer betrachtet ab von (ITADA, 1999):

- dem Bodengehalt an Nitratstickstoff zum Ende der Vegetationsperiode,
- der Grundwasserneubildungsrate (Niederschläge, Evapotranspiration, Feldkapazität des Wurzelraums, eventuellem kapillarem Grundwasseraufstieg),
- dem Umfang der Nitratfreisetzung aus der organischen Substanz des Bodens während der Dränperiode,
- dem Umfang der gasförmigen Stickstoffverluste durch Denitrifizierung während der Dränperiode (die auf bestimmten Böden mit Wasserüberschuss sehr hoch sein können),
- der möglichen Stickstoffaufnahme durch die Vegetation in diesem Zeitraum.

Entscheidender Faktor ist die Bewirtschaftung im Zeitraum zwischen zwei Hauptfrüchten. Im Falle von Erbsen erlaubt die Ansaat einer Zwischenfrucht vor oder nach der Ernte, auch bei kurzer Dauer eine zufriedenstellende Begrenzung der Stickstoffauswaschung (LAURENT et al, 1998). In dem früheren ITADA-Projekt konnte mit Zwischenfrüchten in Unter- oder Stoppsaat nach Erbsen oder Ackerbohnen eine Reduzierung des auswaschungsgefährdeten Boden-Nitratgehaltes zu Beginn des Winters um 25 kg N/ha erreicht werden (ITADA, 1999).

Ein gutes Management der Zwischenkulturzeit erlaubt mit der Reduzierung der Verluste über Winter auch einen höheren Nutzen der Folgefrucht von den Vorzügen der Leguminosenvorfrucht, der in Form von Einsparungen bei der Stickstoffdüngung der Folgefrucht zum Ausdruck kommen kann.

4.1.4 Futterwert

Körnerleguminosen sind in der Futtermittelration vor allem für die Eiweißversorgung wichtig. Dementsprechend kommen dem Rohproteingehalt sowie der Verdaulichkeit und Wertigkeit des Proteins große Bedeutung zu. Aber auch andere Inhaltsstoffe können sich wertsteigernd oder -mindernd auswirken.

Rohproteingehalt und andere Inhaltsstoffe

Es treten relativ starke sorten- und standortabhängige Schwankungen auf, weshalb die folgenden Angaben nur als Mittelwerte angesehen werden können. Für die Lupinen-Arten werden Rohproteingehalte in der Trockenmasse von 44% (Gelbe Lupine), 37% (Weiße Lupine) und 33% (Schmalblättrige Lupine) angegeben (Roth-Maier et al, 2004). Der Rohproteingehalt von Sojabohnen liegt mit 40-45% im Bereich der Gelben Lupine. Geringere Rohproteingehalte finden sich bei Ackerbohnen mit ca. 30% und Erbsen mit 25% (Bellof et al, 2004).

Sojabohnen werden konventionell meist aufgrund ihres Ölgehaltes von ca. 20% als Ölfrucht angebaut, und nach dem Pressen als hocheiweißreicher Presskuchen in der Fütterung eingesetzt. Auch die Verfütterung vollfetter Sojabohnen ist möglich. Lupinen weisen ebenfalls hohe Ölgehalte von 9% (Weiße Lupine) bzw. 6% (Gelbe u. Schmalblättrige Lupine) auf (Roth-Maier et al, 2004). Erbsen und Ackerbohnen besitzen hingegen hohe Stärkegehalte und sind bei der Rationsberechnung sowohl als Eiweiß- als auch als Energiequelle zu berücksichtigen.

Essentielle Aminosäuren

Die Aminosäurezusammensetzung des Eiweißes (biologische Wertigkeit) ist vor allem bei der Fütterung von Monogastriern (z.B. Schweine, Geflügel) wichtig, während Wiederkäuer durch die mikrobielle Proteinsynthese in den Vormägen die ideale Proteinzusammensetzung erhalten. Zunehmende Bedeutung erlangt die Proteinwertigkeit jedoch auch für Wiederkäuer in hohen Leistungsklassen (vor allem Hochleistungsmilchkühe). Um den großen Proteinbedarf durch die Produktion in den Vormägen zu decken, sind große Energiemengen zur Versorgung der Pansenmikroben erforderlich. Diese können jedoch mit artgerechtem Raufutter (geringe Energiedichte) rein mengenmäßig nicht aufgenommen werden. Abgebautes Primärprotein kann somit nicht neu synthetisiert werden und wird als Ammoniak/Harnstoff ausgeschieden, was den Organismus der Tiere belastet. Falls eine geringe Leistung aus ökonomischer Sicht nicht möglich oder erwünscht ist, kann nur ein erhöhter Anteil an sog. pansenstabilem Protein (UDP) die Eiweißversorgung des Tieres sicherstellen. UDP wird nicht im Pansen umgebaut und steht somit dem Tier direkt zur Verfügung, muss aber folglich auch die Anforderungen an die Aminosäurezusammensetzung erfüllen.

Leistungsbegrenzend sind unter hiesigen Fütterungsbedingungen im Allgemeinen die Aminosäuren Lysin, Methionin (v.a. Geflügel), Threonin, Tryptophan (Roth-Maier et al, 2004). Häufig wird auch die Summe der beiden schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein angegeben.

Tab. 50 zeigt die Gehalte an Rohprotein und essentiellen Aminosäuren in wichtigen Körnerleguminosen. Neben den Gesamtgehalten spielt auch das Verhältnis der limitierenden Aminosäuren zueinander eine wichtige Rolle. Üblicherweise wird der Lysin-Gehalt im Verhältnis zu den übrigen Aminosäuren angegeben. Als Richtwerte für die Relationen Lys:Met+Cys:Thr:Trp werden beispielsweise angegeben (Zollitsch et al, 2000):

- Zuchtsauen und Mastschweine: 1 : 0,60 : 0,60 : 0,20
- Legehennen: 1 : 0,88 : 0,70 : 0,22

Tab. 50: Gehalte an Rohprotein, wichtigen Aminosäuren und Aminosäurenverhältnissen verschiedener Körnerleguminosen

Futtermittel	% Rohprotein	% Lys	% Met+Cys	% Trp	Lys:Met+Cys:Thr:Trp
Ackerbohne	29,9	1,92	0,58	0,26	1 : 0,29 : 0,54 : 0,14
Erbse	25,9	1,80	0,60	0,23	1 : 0,33 : 0,52 : 0,13
Lupine ¹	37,6	1,95	1,09	0,38	1 : 0,56 : 0,79 : 0,19
Sojabohne, hitzebehandelt	40,5	2,54	1,17	0,56	1 : 0,43 : 0,56 : 0,21

Quelle: Zollitsch et al, 2000

Angaben auf Trockenmasse bezogen

keine Mengenangaben für Threonin

¹ keine Angaben zur Lupinenart

Hier zeigt sich der deutlich höhere Bedarf von Geflügel und besonders Legehennen an schwefelhaltigen Aminosäuren. Das günstigste Verhältnis Lys:Met+Cys bieten die Lupinen. Dennoch ist bei allen Körnerleguminosen (besonders Erbse und Ackerbohne) die Versorgung mit schwefelhaltigen Aminosäuren kritisch. Eine hohe Threonin-Versorgung bieten Lupinen, während andere Körnerleguminosen auch hier etwas im Mangel sind. Die Versorgung mit Tryptophan wird durch Lupinen und Sojabohne gewährleistet, genügt aber bei Erbse und Ackerbohne nicht.

Nach weiteren Quellenangaben nimmt die biologische Wertigkeit der Lupinen in der Reihenfolge Gelbe Lupine > Weiße Lupine > Schmalblättrige Lupine ab (Roth-Maier et al, 2004), und ist bei der Erbse besser als bei der Ackerbohne (Zwingel u. Binder, 2003).

Verdaulichkeit und antinutritive Inhaltsstoffe

Neben der Wertigkeit ist auch die Verdaulichkeit des Proteins wichtig. Zudem können antinutritive Inhaltsstoffe die Verdaulichkeit oder Aufnahme des Futters mindern oder die Tiergesundheit beeinträchtigen, was wiederum meist zu einer verminderten Aufnahme führt.

Das Lupinenprotein ist ähnlich gut verdaulich wie Soja- oder Weizenprotein. Eine Ausnahme ist das Methionin, das über den geringen Gehalt hinaus auch noch eine schlechtere Verdaulichkeit aufweist (Roth-Maier et al, 2004). Lupinen enthalten hohe Gehalte an Nicht-Stärke-Polysacchariden (NSP), die bei Monogastriern zu Blähungen führen und die Verfütterung einschränken. Dieser Effekt kann durch NSP-abbauende Enzymzusätze vermieden oder durch Schälens der Lupinen reduziert werden (Roth-Maier et al, 2004). Der Gehalt an giftigen Alkaloiden liegt bei den „Süßlupinen“ bei max. 0,05% und ist unproblematisch. Grenzen für die Lupinenfütterung ergeben sich vor allem durch die mangelnde Methioninversorgung. Empfohlene Obergrenzen liegen bei 20% in der Monogastrierfütterung bzw. 4 kg/Tag bei Milchkühen.

Erbsen weisen eine im Vergleich zu Weizen oder Lupinen geringere Verdaulichkeit auf, wobei ebenfalls das Methionin zusätzlich limitiert ist. Als wertmindernde Inhaltsstoffe treten Proteaseinhibitoren und Tannine auf, die vor allem für Monogastrier ungünstig sind. Allerdings weisen weißblühende Erbsensorten nur geringe Gehalte dieser Stoffe auf. Da Erbsen geringe Protein- und höhere Stärkegehalte aufweisen als Lupinen, ersetzen sie praktisch einen Teil Getreide in der Futtermischung. Empfehlungen liegen für Schweine bei bis zu 40% Erbsen, Mastgeflügel bis 50%, Legehennen bis 30%, Milchkühe bis 4 kg/Tag (Bellof et al, 2004).

Bei Ackerbohnen werden Verdaulichkeit und Futteraufnahme durch Tannine gesenkt, und die Glucoside Vicin und Convicin führen durch Stoffwechselbeeinträchtigungen zu Leistungsabfall. Zwar sind weißblühende Ackerbohnsorten tanninarm, und unter neueren

Züchtungen sind auch Sorten mit stark reduziertem Vicin-/Convicin-Gehalt vertreten, jedoch zeigte sich bei Versuchen mit Legehennen dass auch weißblühende, tannin- und vicin-/convicinarme Ackerbohnen schon ab 10% Futteranteil zu Verminderung von Futteraufnahme und Eigewicht führen. Demgegenüber war die Fütterung von 20-40% weißblühenden Erbsen kein Problem (Halle, 2005).

Sojabohnen weisen einen hohen Gehalt an verdauungshemmenden Trypsininhibitoren auf, die durch Hitze zerstört werden. Das sog. „Toasten“ der Sojabohnen ist erforderlich, um hohe Futterwerte zu erzielen.

Wiederkäuerfütterung

In der Wiederkäuerfütterung zeichnen sich Lupinen durch eine hohe Verdaulichkeit und Proteinsynthese in den Vormägen aus und somit den höchsten Gehalt an verdaulichem Protein unter allen Körnerleguminosen aus. Der UDP-Anteil liegt bei Lupinen bei ca. 20% (Roth-Maier et al, 2004). Demgegenüber besitzen Ackerbohnen und Erbsen nur etwa 15% UDP (Bellof et al, 2004).

Bei einem Versuch zur 100% Biofütterung von Milchkühen wurde die zuvor eingesetzte konventionelle Eiweißquelle Biertreber durch Ackerbohnen ersetzt. Die Maßnahme war erfolgreich, wenn gleichzeitig der Leguminosenanteil im Grundfutter erhöht wurde. Lediglich bei sehr hohen Milchleistungen traten Leistungsminderungen auf (Sommer et al, 2005).

Vorbehandlung von Körnerleguminosen zur Verfütterung

Eine mechanische Zerkleinerung (Schroten) ist grundsätzlich sinnvoll, um die Verdauung der großkörnigen Leguminosen zu vereinfachen. Darüber hinaus können verschiedene (vor allem thermische) Behandlungen die Verdaulichkeit steigern oder antinutritive Inhaltsstoffe zerstören.

Das Schälen von Lupinen reduziert die Gehalte an Zellwandkohlenhydraten und somit NSP, was bei der Fütterung von Monogastriern höhere Lupinenanteile ermöglicht (Roth-Maier et al, 2004).

Die hydrothermische Behandlung von Lupinen erhöht den UDP-Gehalt in der Wiederkäuerfütterung (nach Produzentenangaben von 20% auf 45%). Positive Effekte bei der Milchkuhfütterung konnten bestätigt werden, wobei auch ökonomische Vorteile vorlagen (Pries et al). Für Monogastrier kann die hydrothermische Behandlung Vorteile durch Inaktivierung antinutritiver Inhaltsstoffe erbringen (Roth-Maier et al, 2004). Demgegenüber wurden in einem Fütterungsversuch mit hydrothermisch behandelten Erbsen, trotz verdoppeltem UDP-Gehalt keine signifikanten Leistungssteigerungen bei Milchkühen festgestellt, so dass das Verfahren für Erbsen als nicht ökonomisch angesehen wird (Baars, 2005).

Der Einsatz mobiler Toastanlagen für Sojabohnen findet derzeit in Deutschland nicht statt, so dass die Sojabohnen zur Toastanlage transportiert werden müssen. Verfahren, bei denen durch den mechanischen Pressvorgang zur Ölextraktion genügend Hitze entsteht, um einen bereits getoasteten Presskuchen zu erhalten, sind noch nicht verbreitet, könnten aber die Wirtschaftlichkeit der Sojabohne für die Futternutzung verbessern.

4.1.5 Wirtschaftlichkeit

Tab. 51 zeigt die Berechnung von Deckungsbeiträgen für verschiedene Körnerleguminosen im Vergleich. Die ökonomischen Daten entstammen verschiedenen Quellen. Die Produktionsdaten wurden den Projekterfahrungen entnommen, wobei günstige Produktionsbedingungen vorausgesetzt wurden (ausreichende Wasserversorgung, relativ hohe Lupinerträge). Es wurde eine einheitliche Flächenprämie (Betriebsprämie + Ökolandbauprämie) angenommen. Diese muss je nach Land und politischer Entwicklung korrigiert werden.

Unter den getroffenen Annahmen bestätigt sich die ökonomische Vorzüglichkeit der Sojabohne bei Vermarktung für die Tofuproduktion. Unter den Futterleguminosen erscheint die Wintererbse als meist gewinnbringend, während Sojabohne, Winterackerbohne und Lupinen etwa gleichauf liegen. Je nach Anbaubedingungen und -technik können die angegebenen Zahlen jedoch stark schwanken.

Tab. 51: Deckungsbeitragsberechnung für verschiedene Körnerleguminosen im ökologischen Anbau am Oberrhein

Kultur Verwendung / Anbauform / Art	Sojabohne		Erbse		Ackerbohne		Lupine	
	Tofu- Rohware	Futter- mittel	Sommer- sorte	Winter- sorte	Sommer- sorte	Winter- sorte	Weisse	Schmal- blättrige
Ertrag (dt/ha)	25	25	20	35	25	30	30	25
Marktpreis (€/dt)	62	35	27	27	27	27	27	27
Erlös (€/ha)	1550	875	540	945	675	810	810	675
Saatgut (kg/ha)	160	160	300	200	330	220	250	150
Saatgutkosten (€/ha)	190	190	231	154	250	167	180	145
Saatgutimpfung (€/ha)	23	23					30	30
Beregnung (mm)	60	60	30	30	60	60	60	30
Beregnungskosten (€/ha)	108	108	54	54	108	108	108	54
Maschinenkosten (€/ha)	230	230	200	200	170	170	185	185
Trocknung, Lager (€/ha)	66	40	25	35	35	45	40	25
Summe var. Kost. (€/ha)	617	591	510	443	563	490	543	439
Deckungsbeitrag ohne Prämien (€/ha)	933	284	30	502	112	320	267	236
Prämien ca. (€/ha)	480	480	480	480	480	480	480	480
Deckungsbeitrag mit Prämien (€/ha)	1413	764	510	982	592	800	747	716

Quellen: Untiedt (2004), Goessler (2005), Recknagel (2005), eigene Schätzungen anhand der Versuchserfahrungen

Sensitivitätsbetrachtung

Haupteinflussfaktoren auf den Deckungsbeitrag sind bei gegebenen Marktpreisen der Ertrag und die Saatgutkosten. Der Ertrag kann standort- und jahresabhängig bei gleichen Produktionsfaktoren sehr unterschiedlich ausfallen. So wurden für alle angegebenen Kulturen auch schon deutlich höhere Erträge erzielt. Eine wichtige aktive Einflussmaßnahme ist hierbei die Beregnung.

Bei Berechnungskosten von 1,80 €/mm*ha und einem Marktpreis von 27 €/dt muss eine Beregnungsgabe von 30 mm einen Ertragszuwachs von mehr als 2 dt/ha erbringen, um wirtschaftlich zu sein. Dies ist aber am Oberrhein bei Beregnung in kritischen Phasen häufig der Fall. So kann optimale Beregnung die Wirtschaftlichkeit von Sommererbsen und -ackerbohnen, aber auch die der anderen Körnerleguminosen erhöhen. Limitierend müssen in diesem Zusammenhang Umweltschutzaspekte diskutiert werden.

Die Saatgutkosten von Winterformen sind geringer bei Erbsen aufgrund der geringeren TKM und bei Ackerbohnen aufgrund der geringeren erforderlichen Saaddichte. Dies bringt Einsparungen von ca. 80 €/ha. Auch innerhalb einer Kultur können durch Wahl von Sorten mit geringer TKM Kosten gespart werden. Von zu starken Einsparungen durch Verringerung der Saaddichte wird aufgrund der in den Feldversuchen beobachteten Effekte auf Konkurrenz- und Standraumnutzung abgeraten.

Vorfruchtwert

Bei der betrieblichen Wertschätzung von Körnerleguminosen muss der Vorfruchtwert, oder besser der Mehrwert der Gesamtertragsfolge berücksichtigt werden. Mehrerträge der Folgefrucht nach Leguminosenanbau werden sowohl auf bessere N-Versorgung (Konservierung der N-Rückstände vorausgesetzt) als auch bessere Bodengare zurückgeführt. Hinzu kommen eventuell verringerter Aufwand bei der Bodenbearbeitung sowie beim Pflanzenschutz aufgrund positiver phytosanitärer Effekte. Die Kalkulationen zum Fruchtfolgewert der Körnerleguminosen unterliegen großen Schwankungen, führen jedoch häufig zu Ergebnissen zwischen 100 und 200 €/ha.

Vermarktungswege

Die Preise für heimische Futterleguminosen werden in immer stärkerem Maße abhängig von den Sojapreisen. Aufgrund seiner hohen Wertigkeit und des Bedarfs an hoch-proteinhaltigen Futtermitteln für hohe Leistungen spielt Soja auch im Ökolandbau eine wichtige Rolle. Wichtigster Bio-Soja-Lieferant ist Brasilien. Wachsende Bedeutung für Bio-Soja-Exporte nach Deutschland wird von Italien und China erwartet (Goessler, 2005). Aufgrund dieser Entwicklung wird bei Preisen für Körnerleguminosen deutlich über 30 €/dt für die Futtermühlen der Import von Ökosoja interessant (Untiedt, 2004), so dass es schwierig wird, höhere Preise für heimische Körnerleguminosen zu erzielen.

Demgegenüber ist es für den Bio-Futtermittelmarkt ohnehin ungünstig, dass hohe Qualität in Form hoher Eiweißgehalte und biologischer Wertigkeit am Markt nicht angemessen bezahlt wird (Gerke, 2005). Die Einheitspreise für Erbse, Ackerbohne und Lupinen entsprechen nicht dem Futterwert, weshalb insbesondere der Lupinenanbau vor allem für die betriebseigene Verfütterung interessant erscheint.

Eine Alternative für Lupinen besteht in der Humanernährung. Allerdings konnten sich Lupinen-Produkte bislang im Naturkost-Bereich noch immer nicht über wenige Nischen hinaus entwickeln.

Neue Perspektiven könnten sich ergeben, wenn entweder die Nachfrage auf dem Bio-Futtermittelmarkt weiter steigt, der Faktor „heimische Erzeugung“ für die Vermarktung an Bedeutung gewinnt, oder es mittelfristig nicht gelingt, die Koexistenz von Bio- und GVO-Soja zu realisieren.

4.2 Befragungen und Erhebungen bei Praktikerbetrieben

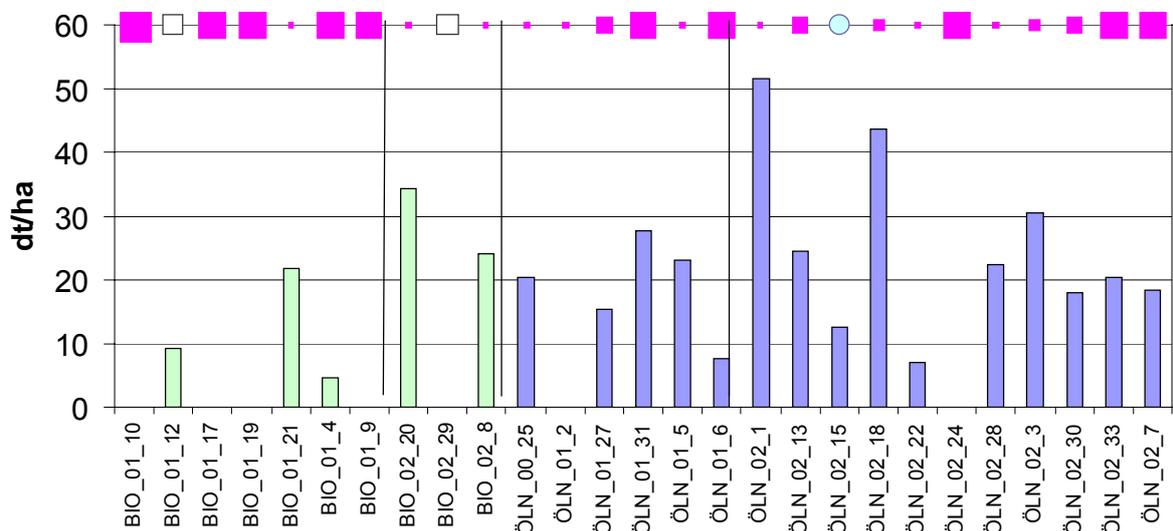
4.2.1 Lupinenanbau in der Schweiz 2001/2002

Im Folgenden werden einige Punkte aus den Fragebogen näher ausgewertet.

Erträge

Die durchschnittlichen Lupinererträge aufgrund der ausgewerteten Fragebogen in den befragten Kantonen sind enttäuschend gering. Bei den weißen Lupinen sind von 27 Ertragsangaben nur zweimal Erträge über 40 dt/ha erreicht worden (ÖLN) und nur einmal ein Ertrag zwischen 30 und 40 dt/ha (Bio). In 7 Fällen wurden die Lupinen nicht geerntet, wobei in fünf Fällen die Anthraknose zum Totalausfall führte. Auf einem Betrieb wurden die Lupinen wegen eines Hagelschadens nicht geerntet, auf einem anderen Feld war der Unkrautdruck zu hoch. Der Durchschnittsertrag aller geernteten Flächen lag in den zwei Jahren bei 22 dt/ha. Dieser Wert entspricht nicht dem Potenzial der Kultur. Setzt man diesen Ertrag aber in Bezug zum Anthraknoseauftreten, so wird erkennbar, dass die Krankheit verantwortlich für die Ertragseinbußen war (s. Abb.1).

Über die Erträge von schmalblättrigen Lupinen liegen nur von 6 Betrieben (bei sieben zurückgeschickten Fragebogen) Ertragsangaben vor. Auf einem Betrieb wurde in einem sehr schönen Bestand ein Ertrag von 28 dt/ha realisiert. Auf drei Betrieben wurde ein Ertrag von ca. 20 dt/ha erreicht, auf einem Feld wurden die schmalblättrigen Lupinen als Direktsaat angebaut, wobei sie sich als zu wenig konkurrenzstark erwiesen. Auf einem anderen Feld traten Chlorosen auf.



Die ausgefüllten Markierungen geben die Befallsstärke durch die Anthraknose an (sehr stark, mittel, keine). Fehlende Angaben sind mit farblosen Markierungen gekennzeichnet, beim Betrieb mit der runden Markierung trat Kalk-Chlorose auf.

Abb. 1: Ertrag von weißen Lupinen bei 13 % Feuchtigkeit auf Praxisfeldern der Kantone Basel, Bern, Aargau, Solothurn und Zürich in den Jahren 2001 und 2002 aufgetrennt nach Bio und ÖLN

pH-Wert

Die Auswertung der Boden-pH der verschiedenen Lupinenparzellen zeigte, dass ein großer Teil der Lupinen auf einem leicht basischen Boden angebaut wurde. Dies, obwohl empfohlen

wird, Lupinen nur auf Böden mit einem pH <7 anzubauen. Ob ein erhöhter pH einen Einfluss auf die Ertragshöhe hat, ist schwierig abzuschätzen, da aufgrund des starken Anthraknoseauftretens das Ertragspotenzial der Kultur in den letzten zwei Jahren nur selten ausgeschöpft werden konnte. Der höchste in den Fragebogen vermerkte Ertrag mit weißen Lupinen von ca. 50 dt/ha wurde interessanterweise auf einem Boden mit einem pH von 7.5 erzielt.

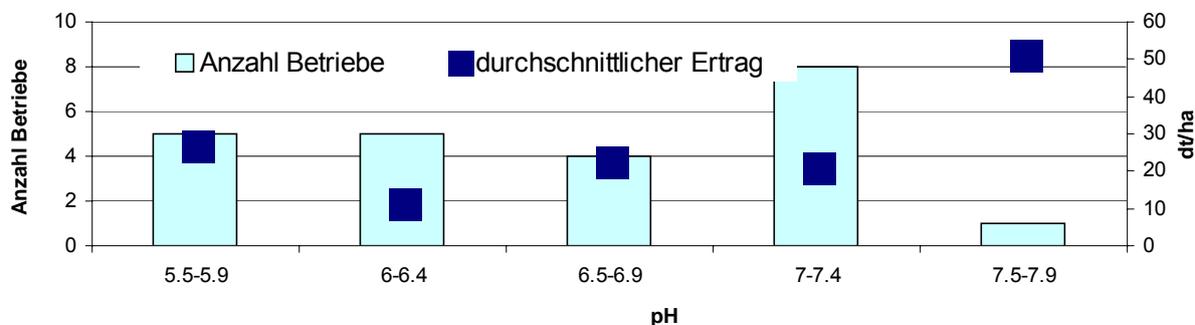


Abb. 2: Anzahl Betriebe pro pH-Kategorie der Jahre 2001 und 2002 sowie die Mittelwerte der auf diesen Betrieben erzielten Erträge mit weißen Lupinen ohne Berücksichtigung der Totalausfälle

Geplanter Anbau im nächsten Jahr

Von den 32 auswertbaren Fragebogen gaben 38% der Landwirte an, nächstes Jahr möglicherweise wieder Lupinen anzubauen. 62% der Landwirte sind nicht mehr an einem Lupinenanbau interessiert (Abb. 3). Von den Biobetrieben würden 30% wieder Lupinen anbauen (n=10), bei ÖLN interessieren sich 41% für einen erneuten Lupinenanbau (n=22). Als häufigsten Grund, keine Lupinen mehr anzubauen, wurde die Anthraknose sowie Probleme mit Unkräutern genannt.

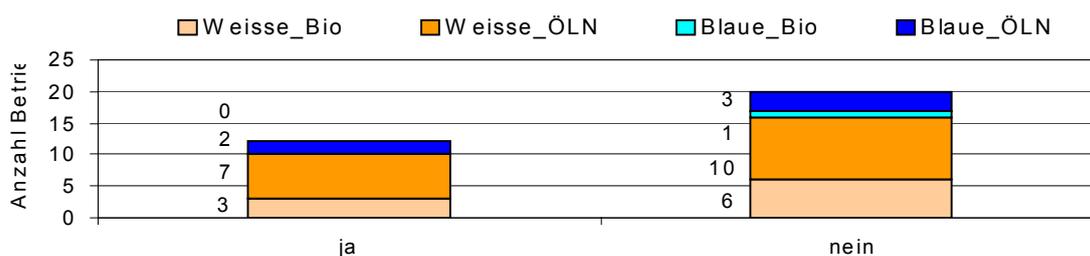


Abb. 3: Verteilung der Antworten zwischen Bio- und ÖLN-Betrieben sowie zwischen den angebauten Lupinenarten auf die Frage, ob nächstes Jahr wieder Lupinen angebaut würden

Diskussion

Der Rücklauf der Fragebogen war sehr hoch, mit den Antworten konnten etwa 50% der Lupinenflächen der angeschriebenen Landwirte abgedeckt werden. Die Umfrage zeigte, dass der Lupinenanbau in der Praxis in den Jahren 2001 und 2002 große Probleme bereitete. Die Anthraknose führte in beiden Jahren zu hohen Ertragseinbußen. Dieser hohe Krankheitsdruck ist wahrscheinlich auf eine ungenügende Saatgutqualität zurückzuführen. Die Anthraknose trat aber nicht nur im Biolandbau auf, sondern ebenso stark bei ÖLN-Betrieben,

die gebeiztes Saatgut einsetzen. Das in die Schweiz importierte Saatgut stammt aus Frankreich, wodurch der Landwirt in der Schweiz keinen Einfluss auf die Saatgutqualität hat.

Die Umfrage wurde in dieser Form in der Westschweiz nicht durchgeführt. Einzelne Rückmeldungen aus der Praxis lassen aber vermuten, dass die Erträge in der westlichen Schweiz höher waren und die Anthraknose weniger Probleme verursachte. Dies würde auch auf eine Beeinflussung des Anthraknosebefalls durch die Witterung hindeuten.

Die Umfrage zeigte auch, dass zumindest die weiße Lupine problemlos auf Böden mit pH > 7 angebaut werden kann. Die Frage nach der pH-Abhängigkeit beziehungsweise nach dem Einfluss verschiedener Bodenfaktoren auf die Chlorose bei Lupinen wurde im Jahr 2003 im Rahmen des vorliegenden ITADA-Projekts mittels Literaturrecherchen weiter vertieft (siehe Kapitel 4.1).

4.2.2 Körnerleguminosenanbau in Deutschland 2003/2004

2003

Unter den befragten Betrieben waren Mitglieder der Verbände „Bioland“, „Naturland“, „Demeter“ und „GÄA“ vertreten, wobei sieben im Haupterwerb und zwei im Nebenerwerb bewirtschaftet werden. Die Betriebsgrößen variieren zwischen 13 und 120 ha, und der Betriebschwerpunkt liegt durchweg im Marktfruchtanbau, in Einzelfällen ergänzt durch Viehhaltung und Sonderkulturen.

Aufgrund der sicheren Abnahme durch den Tofu-Hersteller „Taifun“ hat die Sojabohne im regionalen Ökolandbau die übrigen Körnerleguminosen weitgehend aus der Fruchtfolge verdrängt.

Der Anteil von Soja an der Fruchtfolge beträgt 20-50%, was zusammen mit dem ebenfalls hohen Anteil an Körnermais und Sommergetreide vor allem hinsichtlich des Unkrautdruckes kritisch zu bewerten ist. Die Bodenbearbeitung vor Soja ist gekennzeichnet durch eine je nach Vorfrucht praxisübliche Stoppelbearbeitung, eine Winter- oder Frühjahrsfurche nach der Zwischenfrucht Senf oder Ölrettich und eine intensive Saatbettbereitung als Unkrautkur durch drei- bis viermaliges Eggen.

Die Aussaat erfolgt Ende April bis Anfang Mai meistens als Einzelkornsaat bei einer Saattiefe von 5-6 cm. In sechs Betrieben beträgt der Reihenabstand 50 cm, in zwei Betrieben beträgt er 40 cm, wobei die Saatlücke zwischen 55 und 66 keimfähigen Körnern pro m² variiert. Eine Ausnahme stellt die von einem Betrieb praktizierte Reihenweite von 70 cm bei einer Saatlücke von 35 keimfähigen Körnern pro m² dar. Sowohl das Saatgut der angebauten Sorten „Dolly“, „Quito“, „Maximus“ und „Optimus“, als auch der Rhizobien-Impfstoff „Force 48“ werden über „Taifun“ bezogen.

Nur ungefähr die Hälfte der Betriebe verfügt über ein Bewässerungssystem und hat so die Möglichkeit, die Wasserversorgung während der trockenheitssensiblen Blüh- und Kornfüllungsphase sicher zu stellen. Dabei sind pro Jahr je nach Witterung ein bis maximal fünf Gaben von ca. 30 mm üblich.

Der hohe Unkrautbesatz wird vor allem auf die langsame Jugendentwicklung der Sojabohne zurückgeführt. Nach dem Blattfall in der Reifephase kommt es außerdem zu starker Spätverunkrautung. Die dabei vorherrschenden Unkrautarten gehören nach Angaben der Landwirte zur Gruppe der wärmeliebenden „Maisunkräuter“ (Melde, Amaranth, Hirse) oder zu den im

ökologischen Landbau typischen Wurzelunkräutern (Quecke, Distel, Ampfer). Zur Unkrautkontrolle werden nach dem Blindstriegeln durchschnittlich 4 Durchgänge mit Hacke und Striegel im unregelmäßigen Wechsel oder als Gerätekombination vorgenommen. Der letzte dieser Durchgänge erfolgt bei ca. 30 cm Wuchshöhe als Hacke, wobei leicht in die Reihe gehäufelt wird.

Bisher gibt es in den befragten Betrieben noch keine Probleme mit Krankheiten, allerdings tritt auf Betrieben mit einem Sojaanteil von 40% und mehr in der Fruchtfolge schon ein schwacher Befall mit Sklerotinia auf. Größerer Schaden entsteht dagegen durch Fraß von Hasen, Vögeln und Rehen.

Die Ernte findet von Ende September bis Anfang Oktober mit einem normalen Getreideschneidwerk statt. Zur Reinigung des Ernteguts von Meldesamen sind der Dreschkorb und der Boden unter der Überkehr als Sieb ausgeformt. Bei der Wahl der Schnitthöhe muss ein Kompromiss gefunden werden zwischen der möglichst vollständigen Ernte der tiefansetzenden untersten Hülsen und der möglichst geringen Verschmutzung des Erntegutes mit Erde und Steinen. Die Erträge schwanken zwischen durchschnittlich 20 und 30 dt/ha, wobei kein offensichtlicher Zusammenhang mit verschiedenen Bestell- oder Unkrautregulierungsmaßnahmen festzustellen war.

Durch die Befragung konnten zwei Kernprobleme des ökologischen Sojaanbaus im Oberrheingebiet identifiziert werden. Das erste stellt die Sicherung der Wasserversorgung dar. In der Region tritt regelmäßig Sommertrockenheit im Juli und August auf, und die Böden neigen je nach Mächtigkeit des Oberbodens zum Austrocknen, da der Unterboden häufig aus Kies besteht. Eine Lösung dieses Problems wird von einem der befragten Landwirte in einer reduzierten Bodenbearbeitung und damit besserer Wasserverfügbarkeit gesucht. Allerdings ist diese Strategie schwer zu vereinbaren mit der Lösung des zweiten Kernproblems, dem hohen Unkrautbesatz. Während das Unkraut zwischen den Reihen relativ leicht zu kontrollieren ist, reichen die Möglichkeiten zur mechanischen Unkrautkontrolle in der Reihe nicht aus. Lösungsansätze in der Praxis sind verstärktes Häufeln, Einsatz einer Fingerrollhacke, Fingerhacke oder Untersaaten. Bisher ist jedoch noch keine Strategie in vollem Umfang befriedigend, und oft dient die Handhacke als letztes Mittel.

2004

Da nur ein Fragebogen zurückgeschickt wurde, erfolgte die Praxisbefragung 2004 vor allem telefonisch und teilweise per e-mail. Während in bezug auf Sojabohnen vor allem die Ergebnisse der Befragung 2003 bestätigt wurden, gab es einige Informationen zu anderen Körnerleguminosen.

Wintererbsen und Winterackerbohnen werden in der Praxis am Oberrhein bereits angebaut, und die betreffenden Landwirte sind zufrieden mit den Ergebnissen. Weiße und Schmalblättrige Lupinen wurden zum Teil angebaut, meist aber wieder aufgegeben. Als wichtiges Problem aller Körnerleguminosen außer Soja wurde oft die unsichere Vermarktung genannt, da nur ein kleiner Teil der Betriebe die Ernte selbst oder in direkter Kooperation mit anderen Landwirten verfüttern kann, viele hingegen viehlos wirtschaften.

4.2.3 Gemenge von Körnerleguminosen und Getreide im Elsass 2003

Merkmale der Körnerleguminosen-Getreide-Gemenge im Elsass

Die Zusammensetzung der Gemenge ist unterschiedlich, insbesondere bei den Sommerungen. Von den Körnerleguminosen kommt meistens die Erbse zum Einsatz (s. Tab. 52). Am häufigsten wird ein Gemenge von Triticale und Futtererbsen angebaut.

Tab. 52: Die wichtigsten Merkmale der Körnerleguminosen-Getreide-Gemenge des Jahres 2003 im Elsass

	Winter-Gemenge	Sommer-Gemenge
Kombinierte Arten	Triticale (90 %) – Erbsen (10 %) überwiegend (+ manchmal Weizen/Roggen/Dinkel)	Sommergerste (85 %) + Erbsen (15 %) (Manchmal auch überwiegend Körnerleguminosen: 75 %)
Anzahl befragter Betriebe mit Gemenge	5 von 11 Befragten	4 von 9 Befragten
Betriebstyp	Milchvieh	Gemischt (Milchvieh/Rindfleisch, Gemüse, Schweine ...)
geographische Lage	Tallagen (Alsace Bossue / Sundgau)	Tallagen und Rheinebene
Böden	Alkalisches und kiesig (F-67), schwerer, toniger Unterboden (F-68)	unterschiedlich
Fruchtfolgedauer	4-7 Jahre	5-7 Jahre
Vorfrüchte	Normalerweise Getreide (nach Feldfutter)	Normalerweise Getreide (Haupt- oder Zweitfrucht) oder Gemüse
Nachfrüchte	Feldfutter oder Körnerleguminosen-Getreide-Gemenge	Feldfutter oder Gemüse (oder Getreide, wenn die Körnerleguminose im Gemenge dominierte)
Unkrautregulierung	Keine, wenn zuvor Stoppelbearbeitung erfolgte und gepflügt wurde	Keine (oder Striegel, bei Beregnung bzw. Klee grasun tersaat direkt nach der Saat des Gemenges)
Düngung	Oft Kompost im September (15 t/ha) oder Gülle im Frühjahr	Kompost / Gülle
Ertrag (2003) ¹⁸	Triticale-Erbsen im 'Buckelelsass': 25 dt/ha	- mit Erbsen: 30 dt/ha - mit Dominanz von Ackerbohnen: 35-40 dt/ha
Verfütterung an:	Milchkühe	Kalbinnen, Kälber, Bullen, Schweine

Die Gemenge werden hauptsächlich von Viehhaltungsbetrieben für den Eigenbedarf angebaut.

Meistens wird gedüngt wie bei anderen Getreidearten. Im Allgemeinen handelt es sich dabei um eine Erhaltungsdüngung. Da es sich meist um tierhaltende Betriebe handelt, stehen Mist und Gülle zur Verfügung. Die Stickstofflieferung von kleinen Leguminosenanteilen im Gemenge bleibt deshalb unberücksichtigt.

Nach der Aussaat sind bis zur Ernte nur wenige Arbeitsgänge erforderlich.

¹⁸ Wegen der Hitze lagen die Erträge in diesem Jahr um etwa 15 dt/ha niedriger als üblicherweise.

Ein Teil des Ernteguts wird oft für die Aussaat im Folgejahr verwendet. Vor der Aussaat wird meist das Unkraut herausgereinigt. Eine Trennung von Getreide und Leguminosen erfolgt nur selten. Dagegen gleichen manche Landwirte die Abnahme des Leguminosenanteils durch Zugabe von gekauftem Leguminosensaatgut zur Gemengeaussaat im Folgejahr aus.

Von den Landwirten genannte Vor- und Nachteile von Körnerleguminosen-Getreide-Gemengen

Die befragten Landwirte geben meistens an, Körnerleguminosen-Getreide-Gemenge deshalb anzubauen, weil sie dabei von einigen Vorzügen der Leguminosen profitieren können, ohne deren großen Nachteile im Reinanbau (insbesondere bei Erbsen) hinnehmen zu müssen.

Vorteile von Leguminosen in Gemengen	Nachteile von Leguminosen im Reinanbau
<ul style="list-style-type: none"> - geringer Stickstoffbedarf - Stickstoffbindung für die Tierfütterung 	<ul style="list-style-type: none"> - Anfälligkeit für Verunkrautung - Anfälligkeit für Schädlinge und Krankheiten - Lagergefahr - Ernteschwierigkeiten

Der unproblematische Anbau und die Stickstofflieferung für die Tierfütterung sind die wichtigsten von den Landwirten genannte Vorzüge.

Bemerkung: Die meisten der befragten Landwirte haben früher auch schon Körnerleguminosen im Reinanbau angebaut, diesen jedoch aufgegeben. In Gemengen findet man meistens Erbsen, deren Reinanbau im ökologischen Landbau schwieriger ist als der von Ackerbohnen.

Die wichtigsten Hemmnisse für den Gemengeanbau hängen mit der Schwierigkeit, gleichzeitig unterschiedliche Arten anzubauen, zusammen. Als Hauptproblem wurde die **Unsicherheit der Anteile von Getreide und Leguminosen bei der Ernte** genannt. Diese verändern sich tatsächlich in **Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen des Jahres**. In feuchten Jahren entwickeln sich meist die Leguminosen besser. Ist deren Saatstärke hoch, sind sie in der Lage, das Getreide zu unterdrücken oder aber in die Höhe treiben und zum Lagern bringen. Außerdem nähert man sich den Problemen des Reinanbaus von Leguminosen an.

Die auftretenden Probleme sind manchmal auch auf die **Auswahl von nicht situationsangepassten Arten und Saatstärken** zurückzuführen, was zu einem Ungleichgewicht der verschiedenen Arten in der Vegetationszeit führt und infolgedessen zu:

- Reifeverzögerung (wenn eine Art nicht genügend Licht bekommt, zum Beispiel die Ackerbohne im Gemenge mit Hafer),
- Unterdrückung einer Art und einem ganz geringen Anteil im Erntegut: dies kommt insbesondere in Gemengen mit Körnererbsen vor, wenn der Erbsenanteil zu gering ist (unter 10%) bzw. in Gemengen mit Hafer, einer sehr konkurrenzstarken Art.

Die Wahl ungeeigneter Arten und/oder Aussaatstärken tritt meistens bei Gemengen mit Erbsen auf und bei Landwirten, die noch wenig Erfahrung mit Gemengen haben.

Schlussfolgerung

Der Anbau von Getreide-Leguminosen-Gemengen hat **zahlreiche Vorteile** und wird oft realisiert, um von bestimmten Vorzügen der Leguminosen zu profitieren und dabei deren Nachteile im Reinanbau zu reduzieren. **Die Einfachheit des Anbaus sowie die Erzeugung eines Eiweißträgers für die Tierfütterung** sind die wichtigsten Pluspunkte für die Landwirte, die meist auch Tierhaltung betreiben.

Die wichtigsten Hemmnisse für die Ausdehnung dieser Anbauform liegen in der Schwierigkeit begründet, zwei verschiedene Kulturen gleichzeitig zu führen und insbesondere in den **stark wechselnden Anteilen der Gemengepartner im Erntegut**, je nach Jahreswitterung.

Die Schwierigkeiten resultieren manchmal auch aus der Wahl für die spezielle Situation **nicht geeigneter Gemengepartner in ungünstigen Anteilen**. Die richtige Auswahl von Arten und Mischungsverhältnissen stellt jedoch einen der wichtigsten Erfolgsfaktoren bei Getreide-Körnerleguminosen-Gemengen dar.

Es ist also sehr wichtig, die für die jeweilige Situation **am besten geeigneten Arten und Saatmengen auszuwählen**.

Möchte man das Problem der stark schwankenden Anteile im Erntegut reduzieren, so empfiehlt sich die Wahl von leicht im Zuge der Reinigung trennbaren Mischungspartnern (wenige Arten mit leicht sortierbaren Körnern). Für den Verkauf wird dies in der Regel erforderlich sein.

Das bekannteste und am häufigsten angebaute Gemenge besteht aus **Triticale und Futtererbsen**. Die Erträge dieses Gemenges sind sehr gleichmäßig.

Mit Körnererbsen zusammen wird oft Gerste angebaut, aber die Gemenge sind recht verschieden. Die Erträge schwanken stärker als bei Gemengen mit Futtererbsen, es gibt jedoch mehr Absatzmöglichkeiten.

Im Gegensatz zu Futtererbsen, die unbedingt eine Stützfrucht benötigen und somit nicht in Reinkultur angebaut werden können, kann der Anbau von Körnererbsen sowohl in Reinkultur als auch im Gemenge mit Getreide erfolgen. **Der Anbau von Körnererbsen im Gemenge mit Getreide** kann unter bestimmten Umständen eine gute Alternative zum Anbau in Reinkultur sein:

- bei Unkrautproblemen,
- auf steinigten Böden, bei denen die Ernte im Falle von Lager zum Problem werden kann,
- bei Regenwetter zur Erbsenreife mit der Folge einer Ernte in überreifem Zustand, die dann wegen Lager schwierig wird.

Andererseits konnte für die **Gemenge mit Körnererbsen** bis heute noch keine klare Angabe zu den Saatmengenanteilen für ein ausgewogenes Gemenge gefunden werden. Es sieht so aus, als ob in Gemengen der Anteil von Körnererbsen etwas höher sein muss als der von Futtererbsen. Die **optimalen Anteile hängen jedoch von mehreren Faktoren ab**:

- den beteiligten Arten: den Ansprüchen jeder einzelnen (z.B. braucht die Ackerbohne Licht), ihrem Entwicklungsrhythmus (der Anteil kampfstarker Arten wie Hafer muss reduziert werden),
- dem Schlag (die Standorteigenschaften sowie der Nmin-Gehalt nach der Vorfrucht),

- dem Saattermin (eine späte Saat begünstigt das Getreide zu Ungunsten der Körnererbse).

Zur Ermittlung der optimalen Mischungsverhältnisse für ein ausgewogenes Gemenge mit Körnererbsen wären mehrfaktorielle Versuche nötig.

4.3 Feldversuche zur Ökologischen Unkrautregulierung

4.3.1 Sojabohne

Die Sojabohne erwies sich als potenziell sehr konkurrenzstarke Körnerleguminose, weshalb der Einfluss der Anbauverfahren auf die Bestandesentwicklung einen starken Einfluss auf die Verunkrautung hatte. Bei der direkten Unkrautbekämpfung waren Häufigkeit und Termingerechtigkeit der Maßnahmen meist ausschlaggebender als die Gerätewahl.

4.3.1.1 Mechanische Unkrautregulierung und Sortenwahl (D-Buggingen, 2003)

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass es sich um einen Tastversuch mit nur 2 Wiederholungen handelte. Erwartungsgemäß waren nur wenige Effekte signifikant. Ertragsdaten konnten für die Sorte Dolly wegen hoher Kornausfallverluste nicht ermittelt werden. Tab. 53 zeigt die Mittelwerte der erhobenen Parameter mit Signifikanztests im Überblick. Signifikante Effekte wurden farbig hervorgehoben.

Bestandesentwicklung

- Feldaufgang: 10.05.2003 (12 Tage nach Saat)
- gute Bestandesentwicklung:
 - Dolly: zügigere Jugendentwicklung
 - Quito: langsamere, bis Ende Juli jedoch stärkere vegetative Entwicklung
- Extrem heißer, vergleichsweise trockener Sommer 2003
 - kurze Blühphase: 20.06. - 24.07.
 - trotz fehlender Beregnungsmöglichkeit zunächst keine sichtbaren Wassermangelsymptome (tiefgründiger Boden)
 - aber: am 20.08. > 50% Kornausfall bei Dolly (Samen trocken, aber noch grün)
 - sehr früher Erntetermin für 00-Sorte Quito: 04.09.

Bestandesdichte

- mittlerer Feldaufgang: 92% (Unterschiede v.a. durch Sätechnik)
- Verluste während Bearbeitung: 4% (bei intensiver Bearbeitung geringfügig höher)
- Bestandesdichte nach Abschluss der Maßnahmen je nach Saatedichte: 98 Pfl./m² („Kontrolle“, „Striegel“), 58 Pfl./m² („Hacke“, „Praxis“)

Tab. 53: Ergebnisse im Versuch Unkrautregulierung Soja, D-Buggingen 2003

Varianten		Bestandesdichte			Konkurrenzkraft				Verunkrautung			Ertragsparameter			
		Feldaufgang	Verluste bis 24.07.	Bestand 24.07. ³	Höhe 25.06.	Höhe 24.07.	Bodendeckung 25.06.	Bodendeckung 24.07.	Unkräuter 25.06.	Unkräuter 24.07.	Unkraut-TM bei Ernte	Ertrag (w=9%) ⁴	Ernteindex ⁴	Prot.gen. (TM)	Stroh-N
Unkrautregulierung	Sorte	%	%	Pfl./m ²	cm	cm	%	%	Pfl./m ²	Pfl./m ²	dt/ha	dt/ha		%	kg/ha
Kontrolle	Quito	95	1	94	49	78	68	98	22	29	11,8	26,4	0,39	41,1	42,4
	Dolly	105	2	103	55	72	80	95	25	23	8,6			39,2	28,9
Striegel	Quito	102	2	100	51	82	70	93	26	15	9,5	27,8	0,37	41,1	49,2
	Dolly	98	2	96	58	77	75	100	33	23	18,5			39	26,5
Hacke	Quito	86	2	59	52	80	63	95	6	10	5	30,9	0,44	40,9	35,3
	Dolly	89	4	60	54	75	70	95	5	5	4,4			38	23,5
Praxis	Quito	76	12	53	48	87	58	93	7	6	0	27,3	0,44	40,5	28,6
	Dolly	85	8	61	62	74	63	90	2	1	0			38,4	18,9
F-Test Unkrautregulierung x Sorte ¹		0,41	0,15		1,9	2,75	0,24	4,78	0,27	4,19	2,19	0,91	6,23	0,14	1,46
Grenzdifferenz ²		23,1	14,5		8,3	8,4	20,8	4,3	34,9	12	7,6	9,2	0,07	2,8	12,7
Mittelwerte Unkrautregulierung	Kontrolle	100	2	98	52	75	74	96	24	26	10,2			40,1	35,6
	Striegel	100	2	98	54	79	73	96	30	19	14			40	37,8
	Hacke	87	3	60	53	77	66	95	6	8	4,7			39,4	29,4
	Praxis	80	10	57	55	80	60	91	5	3	0			39,4	23,7
F-Test Unkrautregulierung ¹		3,98	2,6		0,73	0,97	1,45	14,33*	1,69	9,45*	22,35*			0,38	4,26
Grenzdifferenz ²		21,9	11,4		7,1	10,4	23,6	2,8	43,8	15,1	5,8			2,8	13,9
Mittelwerte Sorten	Quito	90	4	76	50	82	64	94	15	15	6,6	28,1	0,41	40,9	38,9
	Dolly	94	4	80	57	74	72	95	16	13	7,9			38,6	24,4
F-Test Sorten ¹		0,83	0	0,45	14,44*	38,3**	4,24	0,33	0,04	1,23	0,54			15,72*	37,41**
Grenzdifferenz ²		13,6	9,5	14,5	5,2	3,4	10,1	3	13,7	4,7	5			1,6	6,5

¹ Signifikanzniveaus: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test (α=5%)³ Saatdichte unterschiedlich je nach Unkrautregulierung⁴ für Dolly nicht ermittelt (>50% Kornausfall)

Bodendeckung, Bestandeshöhe, Lager

- Bodendeckung: tendenziell schneller bei Dolly und reduzierter Reihenweite, bis 24.07. jedoch überall > 90% Bodendeckung
- Bestandeshöhe: Dolly schneller, am Ende jedoch Quito höher
- Etwas Lager v.a. bei höheren Reihenweiten

Krankheiten und sonstige Schadfaktoren

Außer Hitze und Trockenheit keine.

Verunkrautung

- Insgesamt sehr niedriger Unkrautdruck
 - ⇒ Daher auch in der unbearbeiteten „Kontrolle“ und den aus arbeitstechnischen Gründen nur 1x bearbeiteten Varianten „Striegel“ und „Hacke“ keine Extremverunkrautung
- Dominierende Arten: *Chenopodium album* (Weißer Gänsefuß), *Sonchus asper* (Rauhe Gänse Distel)
- Kein Effekt der Sojasorte auf die Verunkrautung
- Behandlungseffekte:
 - v.a. deutlich reduzierte Verunkrautung durch Hacke gegenüber nicht gehackten Varianten
 - Variante „Praxis“ (3x Hacke+Striegel) tendenziell weniger verunkrautet als „Hacke“ (1x Hacke)
 - Praktisch kein Unterschied zwischen „Striegel“ und „Kontrolle“ (1x Striegel zu wenig)

Ernte und Ertrag

Der Drusch erfolgte am 04.09., wobei Dolly durch aufgeplatzte Hülsen bereits über 50% der Körner verloren hatte, während Quito sich auch bei der extremen Trockenheit als platzfest erwies. Die Erträge von Quito lagen im Mittel bei 28,1 dt/ha (9% Kornfeuchte), ohne signifikante Variantenunterschiede. Der Rohproteingehalt von Quito war mit 40,9% signifikant höher als der von Dolly (38,6%).

Das Ertragspotenzial von Dolly ohne Kornausfall lag nach Hochrechnungen (Probeschnitte + aufgesammelte u. getrocknete Körner von 4 Parzellen) bei 26,0 dt/ha. Allerdings waren die Körner von Dolly, abgesehen vom Ausfall, zu großen Teilen unreif, d.h. noch grün und für die Tofuproduktion nicht geeignet. Dieses Problem trat 2003 auch auf zahlreichen Praxis schlägen auf. Somit sind das Ertragsniveau und die weitgehende Ausreife der Körner von Quito unter den Bedingungen des Jahres 2003 als sehr zufriedenstellend anzusehen.

4.3.1.2 Mechanische Unkrautregulierung und Anbauverfahren (D-Heitersheim, 2004 / D-Buggingen, 2005)

Tab. 54 und Tab. 55 zeigen die Mittelwerte der in beiden Jahren erhobenen Parameter mit Signifikanztests im Überblick. Signifikante Effekte wurden farbig hervorgehoben, einzelne Werte können anhand der Grenzdifferenzen verglichen werden.

Tab. 54: Ergebnisse im Versuch Unkrautregulierung Soja, D-Heitersheim 2004

Variante	Bestandesdichte			Konkurrenzkraft				Verunkrautung				Ertrag	
	Feldaufgang %	Verluste bis 08.07. %	Bestand 08.07. Pfl./m ²	Höhe 14.07. cm	Höhe 20.08. cm	Bodendeckung 14.07. %	Bodendeckung 20.08. %	annuelle Un- kräuter 04.06. Pfl./m ²	annuelle Unkräuter 08.07. Pfl./m ²	annuelle Unkräuter 20.08. Pfl./m ²	Unkraut-TM bei Ernte dt/ha	Ertrag (w=9%) ³ dt/ha	Ernteindex
Standraum	69	23	34	49	64	90	87	20	32	21	19,7	19	0,51
Intensiv	44	30	22	42	58	65	70	4	13	19	15,4	13,4	0,53
Späte Hacke	63	1	44	52	73	75	62	49	24	16	16,6	16,5	0,51
Fingerhacke	62	45	24	46	59	62	72	19	12	17	10,9	15,4	0,53
Späte Saat	84	5	56	38	73	68	95	0	8	12	1	22,5	0,42
Striegel	72	21	56	51	60	92	75	29	20	22	8,4	14,4	0,5
Weißklee	64	28	32	49	62	87	73	12	26	12	15,9	17,9	0,51
Leindotter	76	20	43	52	72	87	75	17	10	17	12,5	20,6	0,53
F-Test ¹	1,47	2,67	4,82**	3,55*	3,9*	1,89	2,36	1,11	1,15	0,27	1,44	1,22	12,27***
Grenzdifferenz ²	29,5	25,9	18,1	8,1	9,6	26,6	20,3	44,4	24,2	21,6	14,8	8,7	0,03

¹ Signifikanzniveaus: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test (α=5%)³ Ertrag von „Späte Saat“ kalkuliert aus Probeschnitt (vgl. Text)

Tab. 55: Ergebnisse im Versuch Unkrautregulierung Soja, D-Buggingen 2005

Variante	Bestandesdichte			Konkurrenzskraft			Verunkrautung			Ertrag	
	Feldaufgang %	Verluste bis 17.07. %	Bestand 17.07. Pfl./m ²	Höhe 17.07. cm	Höhe 09.09. cm	Bodendeckung 06.07. %	Unkrautzählung 22.06. Pfl./m ²	Unkrautzählung 06.07. Pfl./m ²	Unkraut-TM bei Ernte dt/ha	Ertrag (w=9%) dt/ha	Ernteindex
Praxis	103	1	89	84	49	100	0,4	0,8	0,2	32	0,42
Späte Saat	85	6	70	58	59	75	0,2	0,2	0	20,5	0,32
Fingerhacke	107	12	80	84	52	98	0,2	0,2	0,2	32,2	0,42
Rotorhacke	109	6	90	86	48	99	10	6,3	20,8	31,6	0,4
Standraum	93	0	68	80	54	99	5	4,6	8	30,1	0,38
Striegel	95	14	57	79	52	99	5	3,8	4,1	27,6	0,36
Leindotter	89	6	59	79	54	99	4,4	3,3	19	24	0,36
F-Test ¹	3,52*	1,97	12,29***	32,47***	2,35	19,97***	12,67***	8,87***	2,94*	3,73*	4,01**
Grenzdifferenz ²	19,3	10,4	9,6	4,8	6,9	6,1	1,8	3,4	16,9	8,3	0,07

¹ Signifikanzniveaus: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001) ² t-test (α=5%), vereinfachtes Modell

Im Versuchsjahr 2004 wurde aufgrund starker Bodenunterschiede und extrem lückiger Bestände die 4. Wdh. (nördlichster Block) nicht berücksichtigt. Die Variante „Späte Saat“ konnte 2004 nicht mehr gedroschen werden. Der Ertrag wurde aus dem Probeschnitt und dem mittleren Verhältnis aus Probeschnitt- und Druschertrag der übrigen Parzellen berechnet. Bei der Auswertung der Daten 2005 wurde die spezielle Randomisationsstruktur (s. Anhang) für den globalen F-Test berücksichtigt, während für den t-test ein vereinfachtes Modell angewandt wurde, um einheitliche Grenzdifferenzen zu erhalten.

Bestandesentwicklung

Tab. 13 zeigt die Termine wichtiger Stadien der Bestandesentwicklung sowie die Entwicklungsdauer in Tagen.

Tab. 56: Zeitliche Entwicklung der Sojabestände, D-Heitersheim 2004 und D-Buggingen 2005

Variante	Rw	Aussaat	Feldaufgang		Reihenschluss		Blühbeginn		Blühende		Reife	
		Datum	Datum	t	Datum	t	Datum	t	Datum	t	Datum	t
2004 (Ohgata)												
„Standraum“	30	27.04.	15.05.	18	19.06.	53	23.07.	87	10.08.	105	29.09.	155
„Intensiv“	30				19.06.	53						
„Späte Hacke“	50				19.07.	83						
„Fingerhacke“	50				19.07.	83						
„Späte Saat“	30	18.05.	27.05.	9	28.06.	41	66	20.08.	94	12.10.	147	
„Striegel“	15	27.04.	15.05.	18	11.06.	45	87	10.08.	105	29.09.	155	
„Weißklee“	30				19.06.	53						
„Leindotter“	30				19.06.	53						
2005 (Amphor)												
„Praxis“	54	12.05.	25.05.	13	01.07.	50	24.06.	43	12.08.	92	11.10.	152
„Späte Saat“	54	31.05.	10.06.	10	15.07.	45	04.07.	34		73	11.10.+	133
„Fingerhacke“	54	12.05.	25.05.	13	01.07.	50	24.06.	43	92	11.10.	152	
„Rotorhacke“	54				01.07.	50						
„Standraum“	30				22.06.	41						
„Striegel“	17				16.06.	35						
„Leindotter“	17				16.06.	35						

Rw: Reihenweite (cm)

t: Tage nach Aussaat

+ : „Späte Saat“ 2005 bei hoher Kornfeuchte gedroschen

- erste Juli-Hälfte 2004 sehr kühl → Blütenstände verharrten lange in den Blattachsen
- 2005: witterungsbedingt sehr späte Aussaat, dennoch frühere und längere Blühphase als 2004
- Späte Saat:
 - zügigerer Feldaufgang und Reihenschluss als bei anderen Varianten gleicher Reihenweite
 - 2004 kein Drusch aus arbeitstechnischen Gründen (Maisernte)

- 2005 Ernte mit übrigen Varianten, obwohl optimale Druschreife noch nicht erreicht war (hohe Kornfeuchte, Körner plastisch verformbar)
- mittlere Entwicklungsdauer von Feldaufgang bis Druschreife: 138 Tage

Bestandesdichte

- 2004: geringer Feldaufgang, Hasenfraß an Keimpflanzen, von Wdh. 1 nach 4 zunehmender Kiesgehalt des Bodens
 - mittlerer Feldaufgang: Wdh. 1 (83%), Wdh. 2 (63%), Wdh. 3 (55%), Wdh. 4 (40%)
 - ⇒ keine Berücksichtigung der besonders schlecht etablierten und unrepräsentativen 4. Wdh. bei der weiteren Auswertung
 - weitere Verluste während der Bearbeitung: 1-30% (Fingerhacke: 45%)
 - ⇒ Bestandesdichten (Wdh. 1-3) nach Abschluss der Maßnahmen: 22-44 Pfl./m² bzw. 56 Pfl./m² bei den Varianten „Späte Saat“ (tendenziell höherer Feldaufgang und geringe Verluste) und „Striegel“ (höhere Saatdichte)
- 2005: Feldaufgang 100% bei Einzelkornsaat (85% bei später Saat), 92% bei Drillsaat
 - Verluste während Bearbeitung: 0-14%
 - ⇒ Bestandesdichten nach Abschluss der Maßnahmen: 57-90 Pfl./m² (v.a. durch Aussaatbedingungen bestimmt)

Bodendeckung, Bestandeshöhe, Lager

- 2004: verhaltenes Wachstum (Bestandeshöhe max. 73 cm)
 - Bodendeckung trotz geringer Bestandesdichten vergleichsweise hoch, aber sehr heterogen
 - kein Lager
- 2005: zügigere Entwicklung, trotz späterer Saat bereits Mitte Juli deutlich höhere Bestände (bis 86 cm) als 2004
 - Bodendeckung am 06.07.2005 praktisch 100% (Ende August auch in „Später Saat“)
 - Lager: Bestände zwischen Juli u. September von ca. 80 cm auf 50 cm Höhe zusammengefallen, aber stabil → Ernte nicht problematisch, jedoch verlangsamte Abtrocknung
 - Bild: Reihenschluss bei unterschiedlichen Reihenweiten 2005
 - „Späte Saat“ in beiden Jahren nach ca. 3 Monaten vegetativ gleich weit entwickelt wie übrige Varianten



Foto 4
30 cm

(29.06.2005)
Reihenweite

Foto 5
54 cm

Untersaaten

- Weißklee 2004: Ausbringung zu spät, Lichtmangel unter den Sojabohnen → kein nennenswerter Biomasseaufwuchs

- Leindotter 2004: gute Etablierung und Ausfüllung der Lücken im Sojabestand, Höhe ca. 55 cm, Bodendeckung 20-30%
- ⇒ Abreife Ende August, kein Ausfall, Ernte mit den Sojabohnen war möglich, jedoch konnte die kleinsamige Ölsaart nicht von den ähnlich großen Unkrautsamen getrennt werden
- Leindotter 2005: zunächst gut etabliert, bis 30 cm Höhe erreicht, im Juli jedoch von den schließenden Sojabohnen vollständig zurückgedrängt (Lichtmangel)

Krankheiten und sonstige Schadfaktoren

Bestandesverluste durch mechanische Maßnahmen:

- Striegelschäden (v.a. 21.06.2004 bei zu großen Sojapflanzen), Hackschäden (v.a. bei geringer Reihenweite 2004), Schäden durch Fingerhacke (v.a. 2004 wegen fehlender Anwendungserfahrung)

Hasenfraß (nur 2004):

- erhebliche Schäden nach Feldaufgang, Fraßspuren bis Juli beobachtet, nur kurzzeitige Wirkung des Vergällungsmittels Arbin

Hagelschlag (08.07.2004):

- Schäden auf dem Versuchsfeld im Vergleich zu nahegelegenen Praxisfeldern gering (v.a. rissige Blätter und abgeknickte Triebe)

Folgende Krankheiten wurden in den Sojabeständen beobachtet (nur 2005):

- Falscher Mehltau (*Peronospora manshurica*) am 12.08.2005, < 5% der Blattfläche
- *Sclerotinia sclerotiorum* nesterweise von 09.09.2005 bis zur Ernte beobachtet (Vorfrucht: Sonnenblume), jedoch keine größeren Schäden

Verunkrautung

Arten und Verteilung:

- In beiden Jahren bzw. auf beiden Standorten klar dominierend: *Chenopodium album* (Weißer Gänsefuß), *Amaranthus retroflexus* (Zurückgekrümmter Amarant)
- weitere häufige Arten: *Polygonum lapathifolium*, *Echinochloa crus-galli*, *Galium aparine*
- stark räumliche Verteilung der Unkräuter: beide Jahre nach Norden zunehmend
- 2004: nesterweises Auftreten mehrjähriger Arten: *Cirsium arvense*, *Equisetum arvense*, *Symphytum officinale*
- ⇒ bei Auswertung der Unkrautzählungen 2004 nur annuelle Arten berücksichtigt
- tendenziell stärkere Zurückdrängung von *Amaranthus* als von *Chenopodium* bei intensiver Bearbeitung (*Chenopodium* keimt unter breiteren Bedingungen, was die zeitgerechte Bekämpfung erschwert)

Bekämpfungsvarianten:

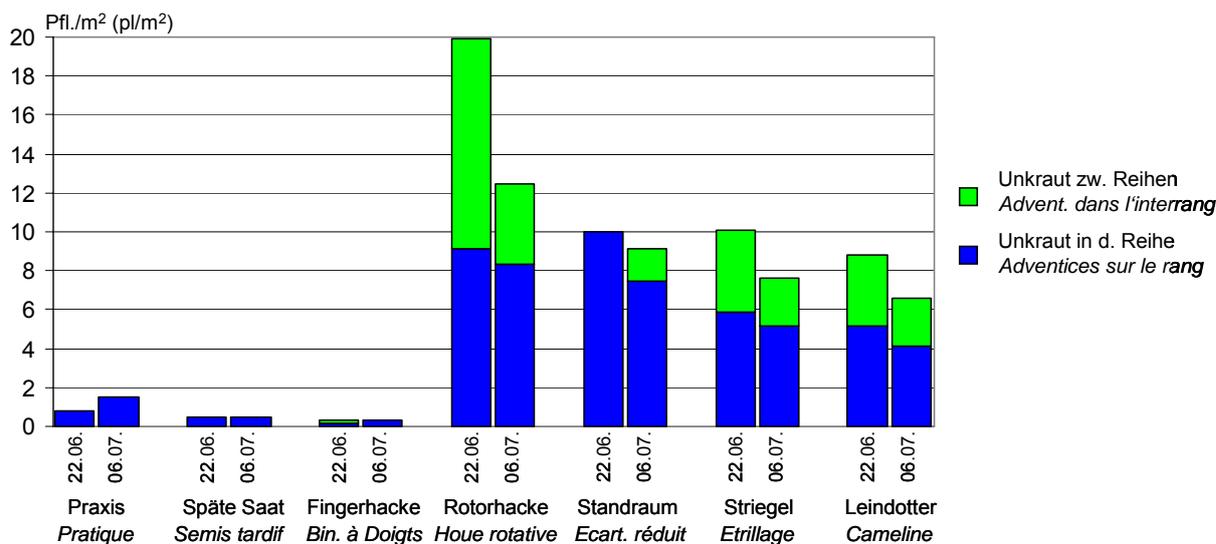
- 2004 keine signifikanten Effekte feststellbar
 - starke Heterogenität des Versuchsfeldes (große Varianz)

-
- Verunkrautung relativ einheitlich (v.a. durch lückige Bestände bestimmt)
 - aber: tendenziell geringste Verunkrautung bei „Späte Saat“
 - 2005 signifikante Variantenunterschiede (vgl. Tab. 55 und Abb. 4)
 - „Praxis“, „Späte Saat“ und „Fingerhacke“: erfolgreiche mechanische Bekämpfung, dichte Bestände → nahezu unkrautfrei
 - „Striegel“ und „Leindotter“: nicht blind gestriegelt, einige Unkräuter zu widerstandsfähig → mittlere Verunkrautung
 - „Standraum“: Hackeinsatz ohne Striegel, Unkrautwuchs in der Reihe → mittlere Verunkrautung
 - „Rotorhacke“: Einsatz zu optimalen Zeitpunkten und abschließende Gänsefußhacke wegen Feuchtigkeit nicht möglich → mehr Unkräuter zum Keimen angeregt als vernichtet → sehr starke Verunkrautung

Abb. 4 zeigt die Ergebnisse der Unkrautzählungen 2005. Bei Einsatz der Gänsefußhacke blieben Unkräuter fast ausschließlich in den Reihen stehen. Der Flächenanteil „in der Reihe“ ist hier um so größer, je kleiner die Reihenweite ist. Bei ausschließlicher Betrachtung der Flächen „in der Reihe“ (10 cm breite Streifen ohne Berücksichtigung der Zwischenräume) zeigt sich:

- eine geringere Verunkrautung von „Später Saat“ und „Fingerhacke“ im Vergleich zu „Praxis“ (nicht signifikant)
- eine etwa gleiche Verunkrautung von „Praxis“, „Striegel“ und „Leindotter“ (in allen Varianten war in der Reihe der Striegel wirksam)
- eine signifikant höhere Verunkrautung von „Standraum“ (Hacke ohne Striegel, keine Unkrautbekämpfung in der Reihe)
- eine noch höhere Verunkrautung mit der Rotorhacke (keimfördernder Effekt)
 - ⇒ eine gewisse Unkrautbekämpfung in der Reihe ist mit dem Striegel, und tendenziell noch besser mit der Fingerhacke möglich
 - ⇒ Varianten mit großer Reihenweite profitieren v.a. von dem größeren Flächenanteil, der mit der Hacke unkrautfrei gehalten werden kann

Die Spätverunkrautung zeigt sich bei der zur Ernte vorliegenden Unkraut-Biomasse. Sie wurde in den Versuchen nicht durch eine große Anzahl, sondern v.a. durch einzelne, sehr große Unkraut-Pflanzen bestimmt, die sich bereits im Sommer und nicht erst nach Blattfall der Sojabohnen etabliert hatten.



„in der Reihe“ = 10 cm breiter Streifen um die Säspur / „zwischen Reihen“ = Rest, abhängig von Reihenweite
 Gesamtbezugsfläche = 1 m², „in der Reihe“ und „zwischen Reihen“ = Flächenanteile

Abb. 4: Unkrautzählungen in Soja, D-Buggingen 2005

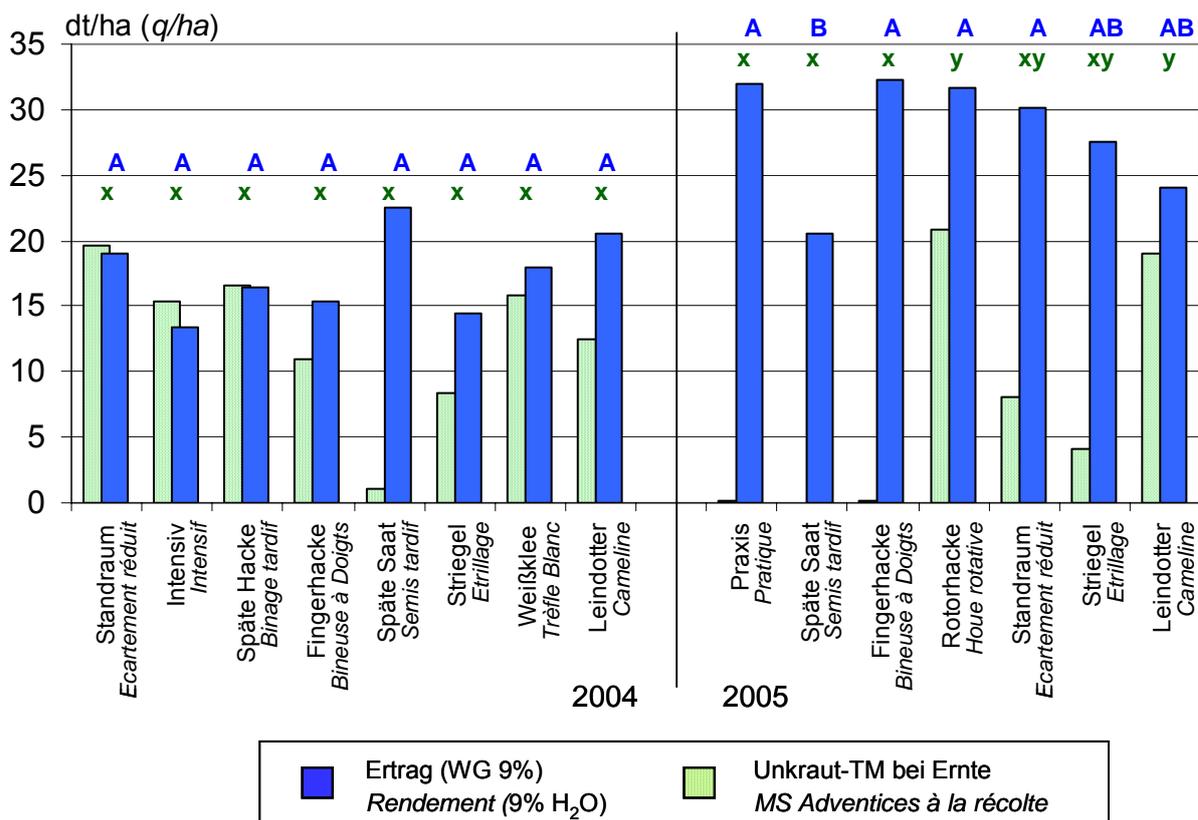
Ernte und Ertrag

Abb. 5 zeigt die im Parzellendrusch ermittelten Erträge sowie die im Probeschnitt ermittelte Unkraut-Biomasse bei Ernte. 2004 konnte die Variante „Späte Saat“ nicht gedroschen werden, da bei Erreichen der Druschreife das Gerät nicht mehr zur Verfügung stand. Der Ertrag wurde aus dem Probeschnitt und dem mittleren Ertrags-Verhältnis Drusch:Probeschnitt der übrigen Parzellen berechnet. 2005 konnten zwei Parzellen (Varianten „Striegel“ u. „Rotorhacke“) wegen zu starker Verunkrautung nicht gedroschen werden. Die Probeschnitte zur Bestimmung der Unkraut-TM wurden jedoch entnommen. Der tiefe Hülsenansatz der Sojabohnen war unproblematisch, da nach Ernte keine an den Stoppeln verbliebenen Hülsen gefunden wurden.

Das Ertragsniveau war 2005 deutlich höher als 2004. Die Erträge unterschieden sich innerhalb der Jahre nicht signifikant, mit Ausnahme der späten Saat 2005, die den vier ertragsstärksten Varianten signifikant unterlegen war.

Klare Korrelationen zwischen Verunkrautung und Ertrag wurden nicht festgestellt. Auch in stark verunkrauteten Varianten wurden hohe Erträge geerntet. Als problematisch sind hier eher der Reinigungsaufwand oder Qualitätsminderungen durch noch grüne Unkräuter (Verfärbung in der Tofuproduktion unerwünscht) anzusehen.

In beiden Jahren korrelierten die Erträge signifikant positiv mit der Bestandesdichte. Der Ernteindex war zwar in beiden Jahren bei später Saat am niedrigsten, hatte jedoch keinen eindeutigen Ertragseffekt (2004 negativ und 2005 positiv mit Ertrag korreliert).



Varianten mit gleichen Buchstaben innerhalb eines Jahres unterscheiden sich nicht signifikant (Großbuchstaben: Ertrag, Kleinbuchstaben: Unkraut)

Abb. 5: Korndruscherträge und oberirdischer Unkrautwuchs in Soja, D-Heitersheim 2004 und D-Buggingen 2005

4.3.1.3 Mechanische und thermische Unkrautregulierung (F-Holtzwihr, 2003/04)

Versuch 2003

Beobachtungen während der Vegetationszeit der Kultur

Der Feldaufgang der Sojabohnen war in den Reihen stellenweise ungleichmäßig: Einige Sojabohnen liefen neben der Saatreihe auf und wurden beim Hacken zerstört.

Auch die Entwicklungsstadien waren nicht sehr einheitlich, was die Terminierung der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen, insbesondere der thermischen Bekämpfung, die in einem ganz bestimmten, nur kurze Zeit (1-2 Tage) währenden Entwicklungsstadium der Sojabohne (geschlossene Keimblätter) erfolgen muss, erschwerte.

Diese Homogenitätsprobleme des Aufgangs sind zweifellos der verwendeten Sätechnik, nämlich einer Sämaschine für Getreide, zuzuschreiben, die bei den großen Sojakörnern Schwierigkeiten mit der hohen Ablagedichte in der Reihe hatte.

Die Bestandesdichte der Sojabohnen lag nach Abschluss der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen am 24.06.03 in den Varianten 1, 2 und 3 bei 44 Pflanzen/m² (entsprechend 63% der Saatstärke) und in Variante 4 bei 51 Pflanzen/m² (entsprechend 51% der Saatstärke).

Obwohl der Versuch nicht am Waldrand sondern nur in der Nähe eines Waldes lag, waren da und dort einige Wildschäden festzustellen:

- Schäden durch Rehe und Hasen (Fraßschäden an den Spitzen der Sojapflanzen am Rand des Versuchs sowie punktuell in den Elementarparzellen)
- Wildschweinschäden im August-September (in manchen Parzellen Trittschäden sichtbar)

Wie erwartet, war der Unkrautdruck hoch. Die wichtigsten Unkräuter waren Weißer Gänsfuß (*Chenopodium album*), Amaranth (*Amaranthus retroflexus*) und Hirsen (Hühnerhirse *Echinochloa crus-galli*), d.h. also die für Mais typischen Unkräuter. Wesentlich seltener traten auf: Ackerwinde (*Convolvulus arvensis*), Perserknöterich (*Polygonum persicaria*), schwarzer Nachtschatten (*Solanum nigrum*), Vogelmiere (*Stellaria media*) und Klettenlabkraut (*Galium aparine*).

Die Verteilung der Unkräuter ist jedoch ziemlich unregelmäßig, mit hohen Variationskoeffizienten zwischen den einzelnen Zählplätzen (meistens über 30%) und zwischen den Blöcken (Variationskoeffizienten zwischen 17 und 53%).

Insbesondere ist die mittlere Unkrautdichte¹⁹ in Block 2 signifikant höher als in Block 1 (manchmal doppelt so hoch). Dies gilt für:

- Gesamtunkrautpopulation am 04. und 16.06.03 (in der Tendenz auch am 28.05.03)
- Hirsen am 28.05. und 04.06.03²⁰
- Gänsefuß am 04.06. und Amaranth am 16.06.03

Tab. 57: Irrtumswahrscheinlichkeit für das Bestehen von Unterschieden in der mittleren Unkrautdichte zwischen zwei Wiederholungsblöcken

	Gesamtzahl Unkräuter	Chenopodien	Amaranth	Hirsen
28.05.03	0,08215	0,81795	0,95000	0,00641
04.06.03	0,01815	0,00814	0,51900	0,02127
16.06.03	0,03767	0,31660	0,00190	0,12077

Zu erwähnen ist die mit bloßem Auge erkennbare, wesentlich stärkere Hirse-Verunkrautung in einem Streifen mit allen Elementarparzellen des Blocks 2, der sich rechtwinklig quer durch das Feld zieht und auf die Spur eines Maisregners aus dem Vorjahr zurückzuführen sein könnte.

Gesamtverunkrautung in Abhängigkeit von den Bekämpfungsvarianten

Trotz der heterogenen Verteilung der Unkräuter ist die mittlere Unkrautdichte über alle Arten zwischen den verschiedenen Bekämpfungsvarianten am 28.05. und am 04.06.03 signifikant verschieden.

Genauer gesagt ist die Unkrautdichte am 28.05.03 in Variante 3, in der bis dahin noch keine Unkrautbekämpfung erfolgte, signifikant höher als in den anderen drei Varianten (s. Abb. 6). Zwischen den drei anderen Varianten gibt es dagegen trotz unterschiedlichen Verfahren (Striegel in den Varianten 2 und 4, Flämmgerät in Variante 1) keine signifikanten Unterschiede.

¹⁹ Die 'mittlere Dichte' bezeichnet die Gesamtdichte der Unkräuter in und zwischen den Reihen

²⁰ Am 16.06.03 waren die Hirsen schwierig zu zählen, ohne Pflanzen auszureisen, da bereits am Schossen. Dies erklärt möglicherweise das Fehlen signifikanter Unterschiede, wie sie zuvor gegeben waren.

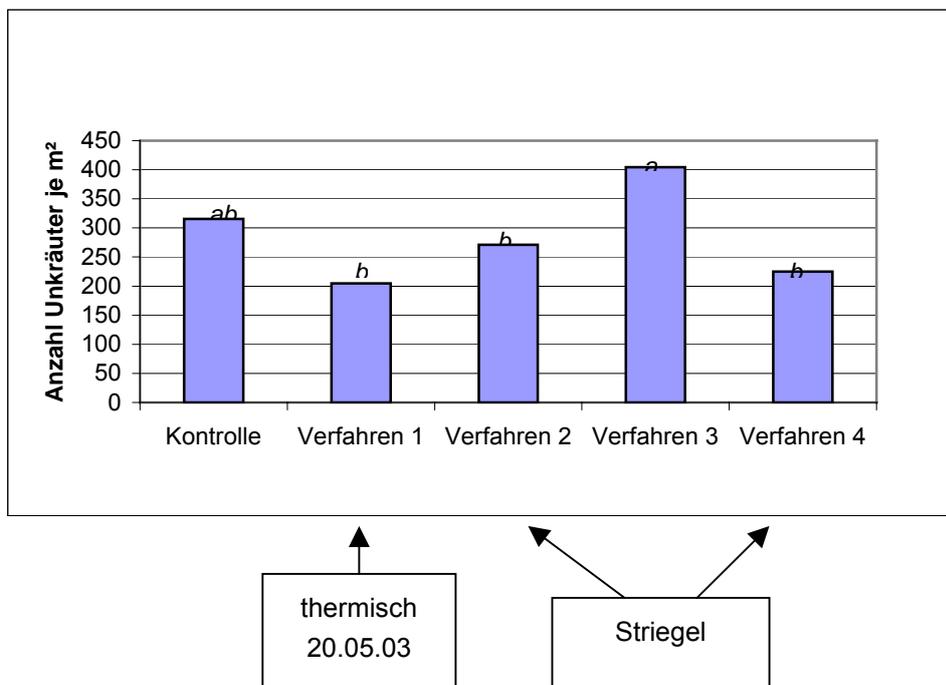


Abb. 6: Unkrautdichte am 28.05.03 in den verschiedenen Varianten

Am 04.06.03 ist die Unkrautdichte am geringsten in Variante 4, die bis dato zwei Mal gestriegelt wurde, wohingegen die anderen bis dato erst ein Mal behandelt wurden (s. Abb. 7). Am höchsten ist die Unkrautdichte dagegen in Variante 1, die im Gegensatz zu allen anderen nicht gestriegelt, sondern zu einem frühen Zeitpunkt (geschlossene Keimblätter) einmal abgeflämmt wurde.

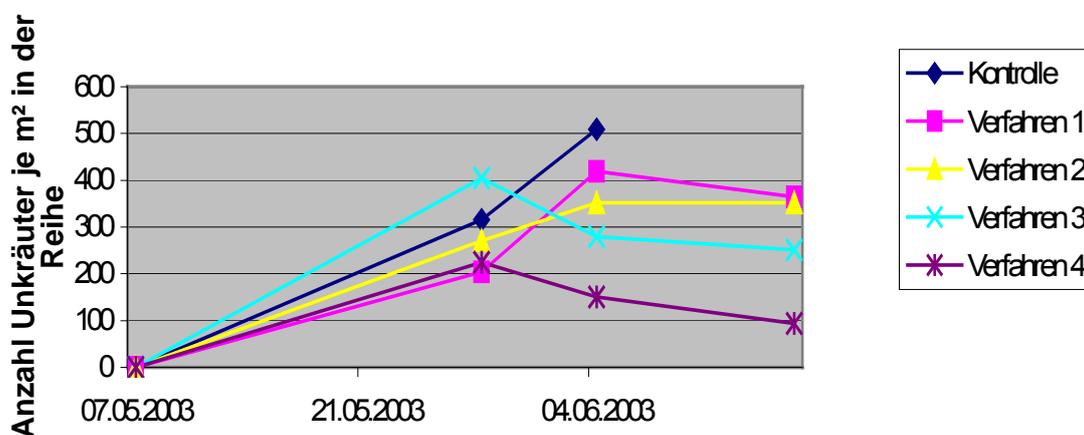


Abb. 7: Entwicklung der Unkrautdichte in der Reihe in Abhängigkeit von den Unkrautbekämpfungsvarianten

Auch am 16.06.03 ist die Unkrautdichte in Variante 4 am niedrigsten (

Abb. 8). Diese wurde zuvor 3 Mal gestriegelt (ganzflächig, also auch in der Reihe), im Gegensatz zu den anderen, die nur 2 Mal behandelt wurden. Die Unkrautdichte in der Reihe ist am höchsten in den Varianten 1 und 2, bei denen die erste Bekämpfung früh und die zweite (Hacke) mit deutlichem Abstand (3-4 Wochen) und nur zwischen den Reihen erfolgte.

Zu diesem Termin sind die Unterschiede bei der mittleren Unkrautdichte (in und zwischen den Reihen) nicht signifikant: Durch die totale Zerstörung des Unkrautbesatzes zwischen den Reihen infolge des Hackens wurden die bis dahin bestehenden Unterschiede zwischen den Varianten ausradiert.

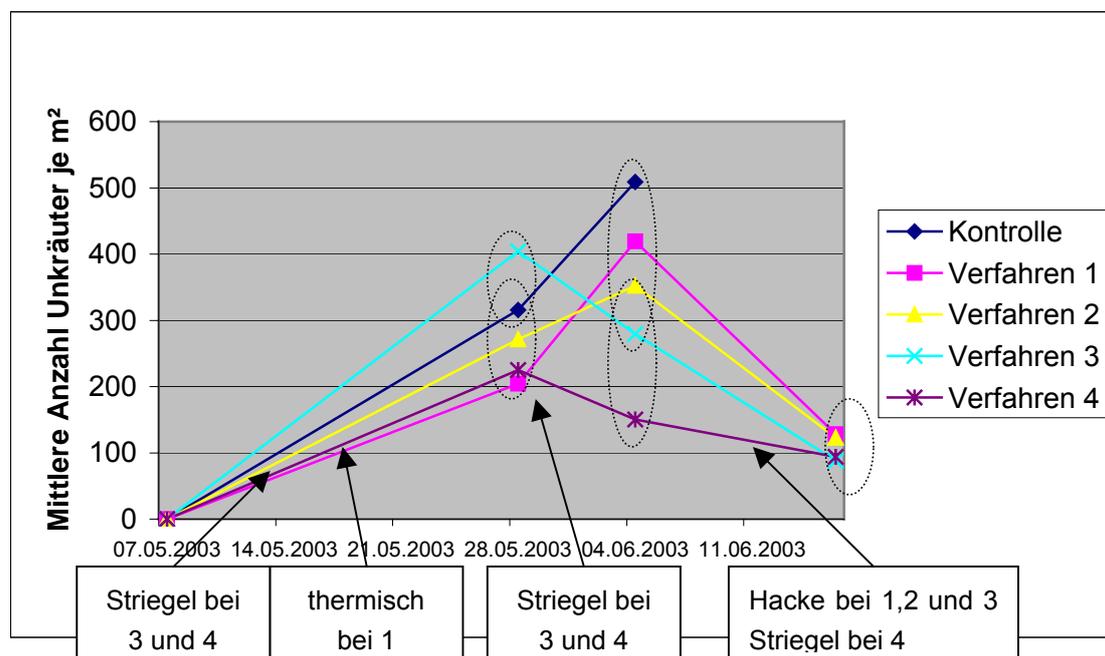


Abb. 8: Entwicklung der mittleren Unkrautdichte je m²

Was die Entwicklung im Laufe der Zeit angeht, so geht die mittlere Unkrautdichte (in und zwischen den Reihen) lediglich bei den Varianten 1 und 3 zwischen dem 04. und 16.06.03 signifikant zurück, d.h. bei den Varianten, die am 28.05 und 04.06. die höchsten Unkrautdichten aufgewiesen haben.

In Variante 3 konnte der Striegel die mittlere Unkrautdichte zwischen dem 28.05 und dem 04.06.03 nicht signifikant reduzieren. Wahrscheinlich kam diese Maßnahme zu spät: Ein Teil der Unkräuter (Chenopodien und Hirsen) war bereits zu weit entwickelt und konnte dem Gerät widerstehen. Erst der Hackgang am 11.06.03 hat zu einer signifikanten Reduzierung der mittleren Unkrautdichte zwischen dem 28.05. (oder 04.06.) und dem 16.06.03 geführt.

Es sieht so aus, als ob hier der **Termin und die Häufigkeit der Maßnahme entscheidender für die Unkrautdichte** sind als die Wahl des Geräts: Nachdem die Unkräuter in Wellen auflaufen, wird die Unkrautdichte umso stärker reduziert, je früher und je häufiger die Unkrautbekämpfung erfolgt.

Trotzdem weisen die verschiedenen **Geräte nicht denselben Effekt** auf:

in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium des Unkrauts: Der Striegel wirkt nur auf kleine Unkräuter (höchstens 2-Blatt) - die Bekämpfungshäufigkeit ist deshalb besonders bedeutsam, während das Hackgerät zwischen den Reihen auch noch Unkräuter in einem fortgeschrittenem Entwicklungsstadium vernichten kann.

in Abhängigkeit von der bearbeiteten Fläche: Striegel und Flämmgerät (Im Stadium Soja-Keimblätter geschlossen) arbeiten über die Gesamtfläche, während die Hacke, sofern nicht gehäufelt wird, nur zwischen den Reihen wirkt.

Verteilung der Unkräuter nach Arten in Abhängigkeit von Bekämpfungsvarianten

Die Gesamt-Unkrautdichte reicht für die Beschreibung des Unkrautdrucks bei den verschiedenen Bekämpfungsvarianten jedoch nicht aus: Die Anteile der verschiedenen Arten unterscheiden sich zwischen den verschiedenen Varianten doch wesentlich.

Variante 1: Flämmen + Hacken:

Nach dem Flämmen am 20.05.03 ist die Anzahl von Chenopodien im Vergleich der Varianten am 28.05.03 tendenziell am niedrigsten und zu den Terminen 04. und 16.06. unter den niedrigsten (Abb. 9). Wegen fehlender Bekämpfungsmaßnahmen zwischen dem 20.05. und dem 11.06.03 steigt die ursprünglich geringe Gänsefußdichte zwischen 28.05. und 04.06. signifikant an.

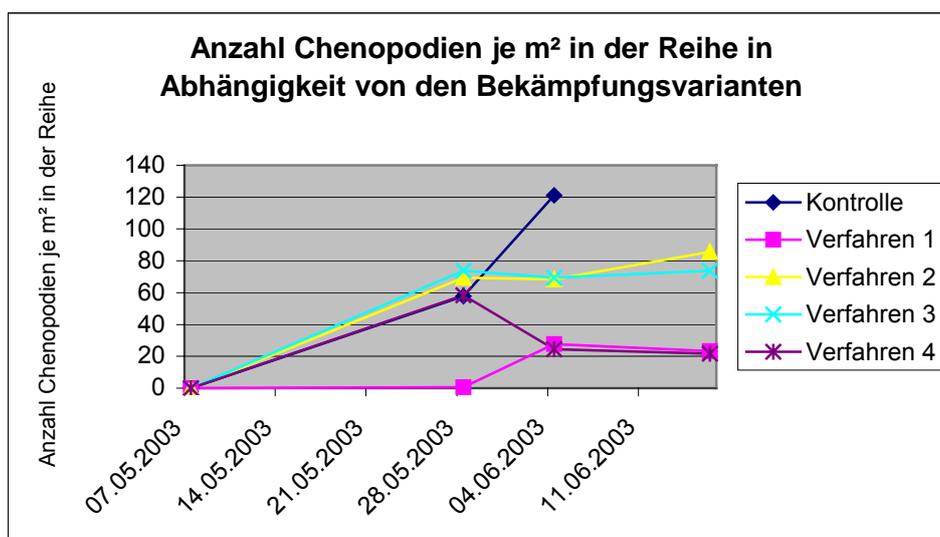


Abb. 9: Anzahl Chenopodien je m² in der Reihe in Abhängigkeit von den Bekämpfungsvarianten

Die Hacke vom 11.06. bewirkt durch die Zerstörung der Unkräuter zwischen den Reihen eine leichte, jedoch signifikante Reduzierung der mittleren Unkrautdichte (in und zwischen der Reihe) zwischen dem 04. und dem 16.06.03.

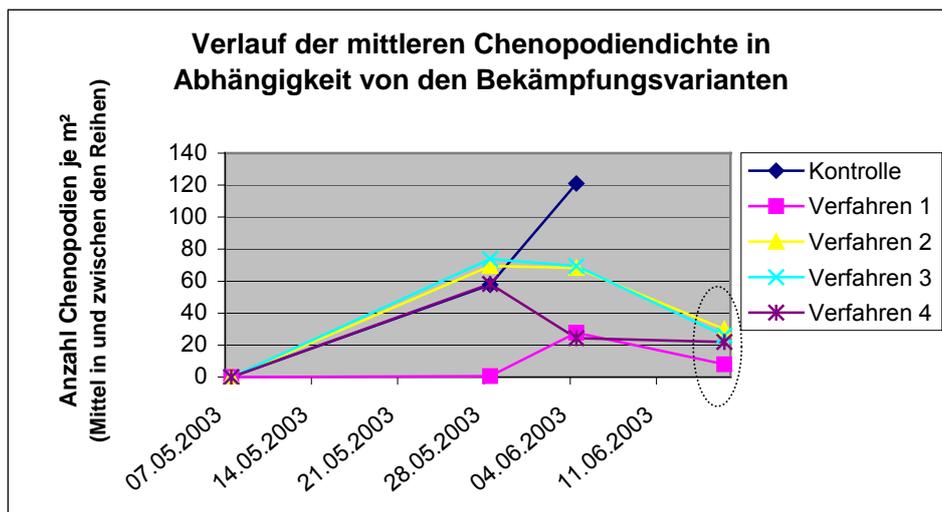


Abb. 10: Verlauf der mittleren Chenopodiendichte in Abhängigkeit von den Bekämpfungsvarianten

Die Amaranthdichte in der Reihe ist am 28.05.03 bei dieser Variante ebenfalls am niedrigsten (Abb. 11). Mangels Bekämpfungsmaßnahmen im Zeitraum zwischen dem 20.05 und dem 11.06.03 nimmt die Dichte zwischen dem 28.05. und dem 04.06.03 signifikant zu, so dass diese Variante 1 am 04.06.03 die höchste Amaranthdichte nach der Kontrolle aufweist. Auch am 16.06.03 ist die Amaranthdichte bei dieser Variante sowohl im Mittel als auch in der Reihe am höchsten, trotz einer signifikanten Abnahme der Dichte zwischen dem 04. und 16.06.03, nach dem Hacken vom 11.06. und einer höheren Dichte in Block 2 als in Block 1.

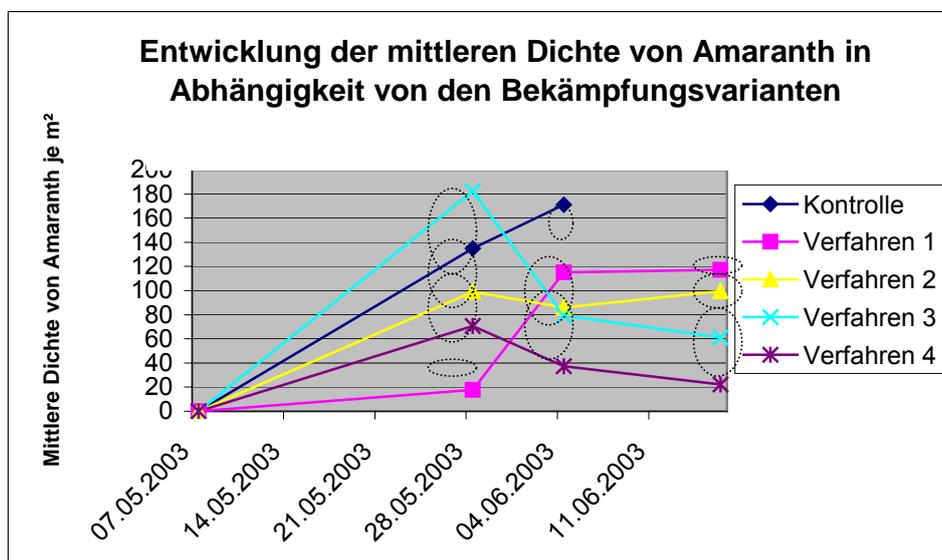


Abb. 11: Entwicklung der mittleren Dichte von Amaranth in Abh. von den Bekämpfungsvarianten

Was die Gräser betrifft, so wiesen diese zu dem Termin, wo sich trotz des höheren Drucks im Block 2 gegenüber Block 1 signifikante Unterschiede zeigten (am 28.05.03) in Variante 1 tendenziell die höchste Dichte auf (s. Abb. 12).

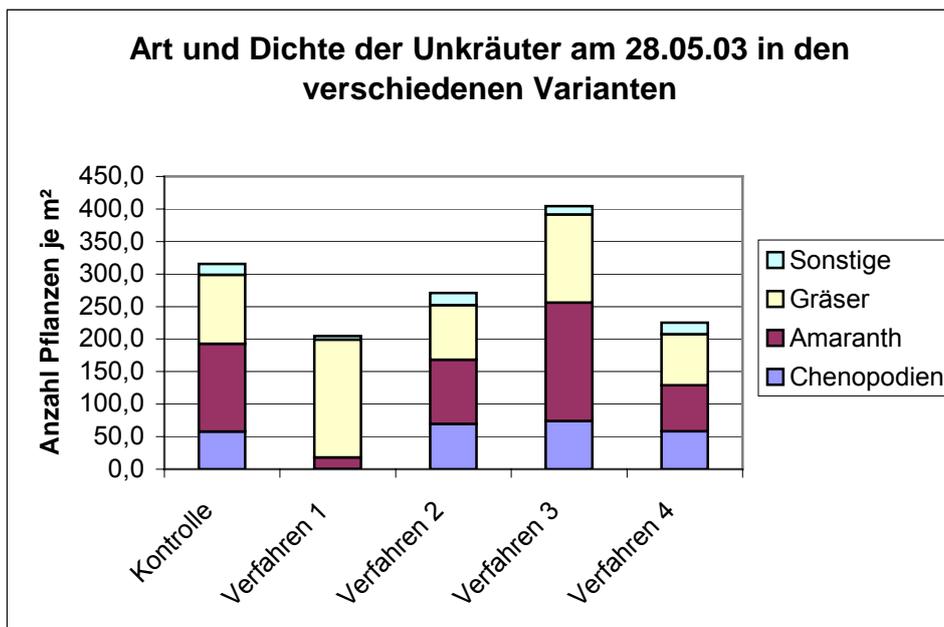


Abb. 12: Art und Dichte der Unkräuter am 28.05.03 in den verschiedenen Varianten

Das Abflämmen im Sojastadium 'Keimblätter geschlossen' war kurzfristig sehr wirksam gegenüber Dikotyledonen (Amaranth und Gänsefuß). Gegenüber Gräsern war es jedoch unwirksam, da sich diese, ohne die Konkurrenz von Unkräutern, viel stärker entwickelten. Da die Folgemaßnahme sehr spät kam, haben sich Gänsefuß und Amaranth (der nach dem Flämmen sehr stark aufgelaufen ist) stark vermehrt.

Variante 2: Blindstriegeln + Hacken:

Bei dieser Variante zählte die Gräserdichte am 28.05.03 tendenziell zu den niedrigsten. Die Dichte der Gänsefüße in der Reihe zählt dagegen am 16.06.03 signifikant zu den höchsten (mit Variante 3).

Bei dieser Variante zeigt sich im Laufe der Zeit jedoch keine wirklich signifikante Entwicklung der Unkrautdichte bei den verschiedenen Arten.

Das Striegeln erwies sich gegenüber Hirsen also als wirksamer als das Flämmen, gegenüber Chenopodien jedoch als weniger wirksam. Die geringere Wirkung gegenüber Gänsefuß könnte jedoch auch auf den gegenüber Variante 1 um 5 Tage früheren Bekämpfungstermin zurückzuführen sein.

Variante 3: Spätes Striegeln + Hacken:

Nachdem das erste Striegeln erst am 28.05.03 nach der Auszählung erfolgte, lag die Amaranthdichte bei dieser Variante am 28.05.03 am höchsten von allen vier Varianten. Die Reduzierung zwischen dem 28.05 und 04.06. war jedoch signifikant, so dass die Amaranthdichte am 16.06.03 bei dieser Variante zu den niedrigsten zählte (mit Variante 4). Hingegen zählte die Gänsefußdichte am 16.06.03 bei dieser Variante zu den höchsten (mit Variante 2).

Nachdem es zu einem starken und gegenüber Gänsefuß etwas späterem Auflaufen von Amaranth kam, hat das späte Striegeln den Amaranth besser bekämpft als das frühe Striegeln (Variante 2), da sich der Amaranth dann noch in einem empfindlichen Stadium befand. Für die Bekämpfung des Gänsefuß, der früher aufgelaufen ist, kam diese Maßnahme jedoch zu spät, so dass er bei der letzten Zählung am 16.06.03 gegenüber den anderen Varianten, die alle früher behandelt wurden, in dieser Variante 3 die höchste Dichte aufwies.

Variante 4: 3 x Striegeln:

Diese Variante mit einem frühen ersten Striegeltermin weist am 28.05.03 eine der niedrigsten Hirsedichten auf (wie Variante 2), trotz einer gegenüber Block 1 in Block 2 deutlich erhöhten Dichte.

Außerdem bewirkt die dreimalige gegenüber ansonsten zweimaliger Bekämpfung eine der niedrigsten Gänsefußdichten in der Reihe am 04. und 16.06.03 (zusammen mit Variante 1), trotz einer in Block 2 gegenüber Block 1 am 04.06.03 höheren Dichte.

Auch weist sie am 04. und 16.06.03 die niedrigste Amaranthdichte in der Reihe (trotz einer am 16.06. gegenüber Block 1 in Block 2 höheren Dichte) und eine der niedrigsten mittleren Amaranthdichten auf (zusammen mit Variante 3), trotz einer ebenfalls in Block 2 gegenüber Block 1 höheren Dichte.

Außerdem nehmen die Unkrautdichten, unabhängig von der Art, zwischen dem 28.05. und 16.06.03 nicht signifikant ab.

So haben also ein frühes Striegeln in Verbindung mit einer etwas höheren Aussaatstärke bei engerem Reihenabstand (infolgedessen schnellerer Bodenbedeckung) sicherlich zu einer der niedrigsten Hirsedichten bei Variante 4 geführt. Außerdem hat das wiederholte Striegeln den Besatz mit Gänsefuß und Amaranth auf einem niedrigen Niveau gehalten.

Auswirkung der verschiedenen Unkrautbekämpfungsvarianten auf den Sojabestand

Während (24.06.03) und nach der Blüte (02.09.03) unterscheidet sich die Höhe des Sojabestandes in den verschiedenen Unkrautbekämpfungsvarianten nicht signifikant. Diese hatten also keinen differenzierenden Einfluss auf die Höhe des Sojabestandes.

Die Bestandesdichte der Sojakultur lag bei den ersten Auszählungen am 28.05 und 04.06.03 tendenziell in Variante 4 (mit 100 Kö./m² Saatstärke gegenüber 70 Kö./m² bei den anderen) etwas höher. Anschließend scheinen die Unterschiede geringer zu werden (Abb. 13).

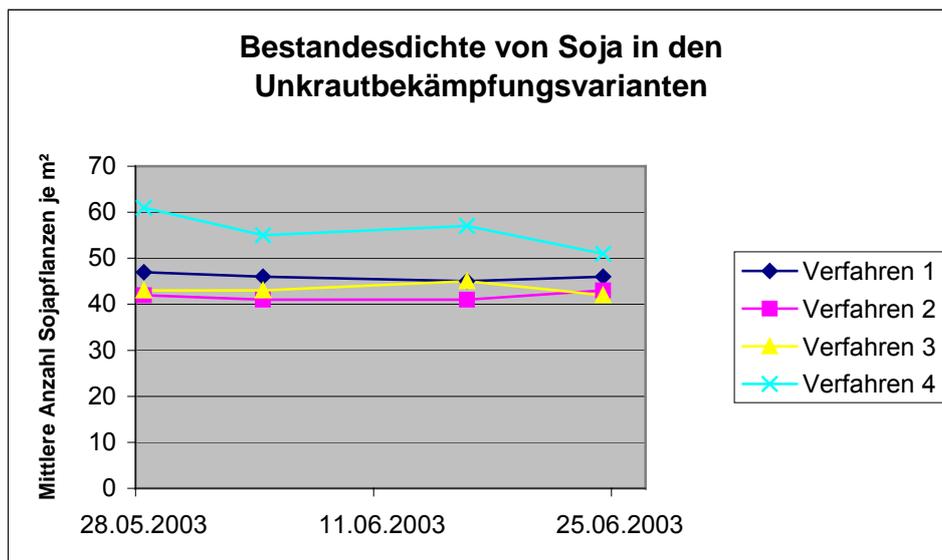


Abb. 13: Bestandesdichte von Soja in den Unkrautbekämpfungsvarianten

Bei Variante 4 nimmt die Bestandesdichte im Laufe der Zeit nicht signifikant ab. Die mittlere Dichte scheint in Block 2 höher zu sein als in Block 1. Im Verhältnis zur Aussaatstärke erscheint die tatsächliche Bestandesdichte in Variante 4 niedriger zu liegen, als bei den anderen Varianten (am 24.06.03 nur 51% gegenüber 63% bei den anderen). Diese niedrigere Bestandesdichte könnte auf Probleme mit der Getreidesämaschine bei der Aussaat von 100 Kö./m² und/oder die größere Anzahl von Reihen bei dieser Variante zurückzuführen sein. Manche Reihen scheinen in dieser Variante mit engerem Reihenabstand beim Striegeln unter das Schlepperrad gekommen zu sein.

Da das erste Striegeln bereits vor dem Auflaufen erfolgte (also bevor die Bestandesdichte gezählt werden konnte), fällt es schwer, diese Hypothese abzuklären.

Ernte

Allgemeine Feststellungen

Der durchschnittliche Ertrag war in diesem Jahr mit 11,2 dt/ha bei 9% Wasser gering. Dies lässt sich zum Teil mit der großen Hitze des Sommers 2003 erklären. Die ausgewählte Sorte Dolly neigte dabei zum Aufplatzen der Hülsen, sobald diese reif waren. So platzten die unteren Hülsen im September auf und ließen die Körner zu Boden fallen, während die oberen Hülsen noch grün waren und bei kühleren Temperaturen dann langsamer reiften.

Die Größe der Elementarparzellen hat sich als zu klein in Bezug auf den Korntank des Mäh-dreschers des Landwirts erwiesen, so dass ein großer Teil (bis zu 45%) der jeweils entleerten Menge aus der Beerntung der zuvor gedroschenen Parzelle stammen kann. Eine variantenspezifische Qualitätsuntersuchung des Ernteguts ist deshalb in diesem Jahr nicht möglich. Der Korntank wurde aber jedes Mal auf dieselbe Art und Weise entleert, so dass immer dieselbe Menge in den Leitungssystemen verblieb. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die nach jeder Elementarparzelle entleerte Menge mit der auf dieser Parzelle gedroschenen Menge korrespondiert und man daraus den Ertrag jeder Parzelle ableiten kann.

Die Qualitätsuntersuchungen wurden an einer Mischprobe aller Elementarparzellen vorgenommen. Gemessen wurden eine TKM von 225 g, ein Eiweißgehalt von 42,5% und ein Wassergehalt von 14%.

Erträge der einzelnen Unkrautbekämpfungsvarianten

Die Erträge der verschiedenen Unkrautbekämpfungsvarianten unterscheiden sich nicht signifikant. In Block 1 sind sie aber doppelt so hoch (14,6 dt/ha) wie in Block 2 (7,7 dt/ha). Bei den Bodenuntersuchungen zeigte sich, dass der Boden von Block 1 tiefgründiger war als in Block 2: Eine Schicht mit kalkhaltigen Kieselsteinen steht bei Block 2 in rund 45 cm Tiefe an, während sie bei Block 1 erst in 60 cm Tiefe beginnt.

Folglich lassen sich mehrere Hypothesen aufstellen:

- da der Boden in Block 2 flachgründiger war, standen den Pflanzen weniger Ressourcen zur Verfügung, was einen geringeren Ertrag bedingt hat; dies umso mehr, als die Sojabohnen dort höchstwahrscheinlich früher reif und die Verluste durch aufgeplatzte Hülsen folglich höher waren,
- ab dem 28.05.03 war der Unkrautdruck (Hirschen) dort höher, was die Kultur ebenfalls beeinträchtigt und deren Ressourcen weiter geschmälert haben kann.

Betrachtet man jedoch die beiden Blöcke unabhängig voneinander, möchte man meinen, dass Variante 2 den höchsten Ertrag brachte (Abb. 14). Das würde bedeuten, dass das frühe Striegeln den Ertrag steigert, weil die Sojakultur bereits im Jugendstadium einen Vorsprung gegenüber den Unkräutern bekommt und sich so besser etablieren kann. Diese Aussage bedarf aber noch der Bestätigung.

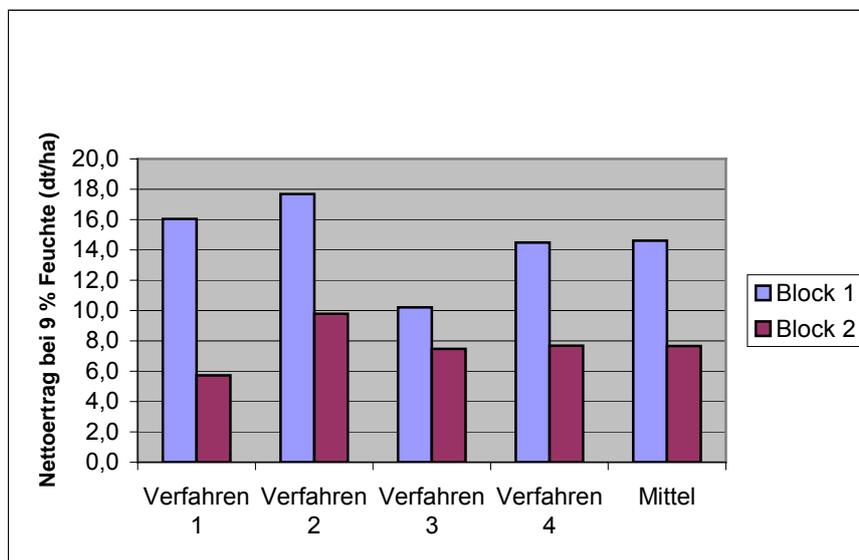


Abb. 14: Ertrag von Soja in Abhängigkeit vom Verfahren der Unkrautbekämpfung

In Block 2, wo der Druck von Hirschen und Amaranth am stärksten war, insbesondere in der ehemaligen Trommelregnerspur, war der Ertrag in Variante 1, die den höchsten Besatz mit diesen Unkräutern aufwies, am schlechtesten. Es kann also sein, dass die starke Konkurrenz von Hirschen und Amaranth, die durch die 3-wöchige Behandlungspause nach dem Flämmen ermöglicht wurde, den Ertrag dieser Variante beeinträchtigt hat.

Versuch 2004

Wegen der Frühjahrstrockenheit und der Ausbildung einer Verschlammungskruste war der Feldaufgang der Sojabohnen in 2 von 6 Saat-Reihen (s. Abb. 15) sehr ungleichmäßig. Es wurde sogar überlegt, den Versuch erneut auszusäen, doch ergiebige Niederschläge Anfang Juni haben die noch nicht gekeimten Körner auflaufen lassen.

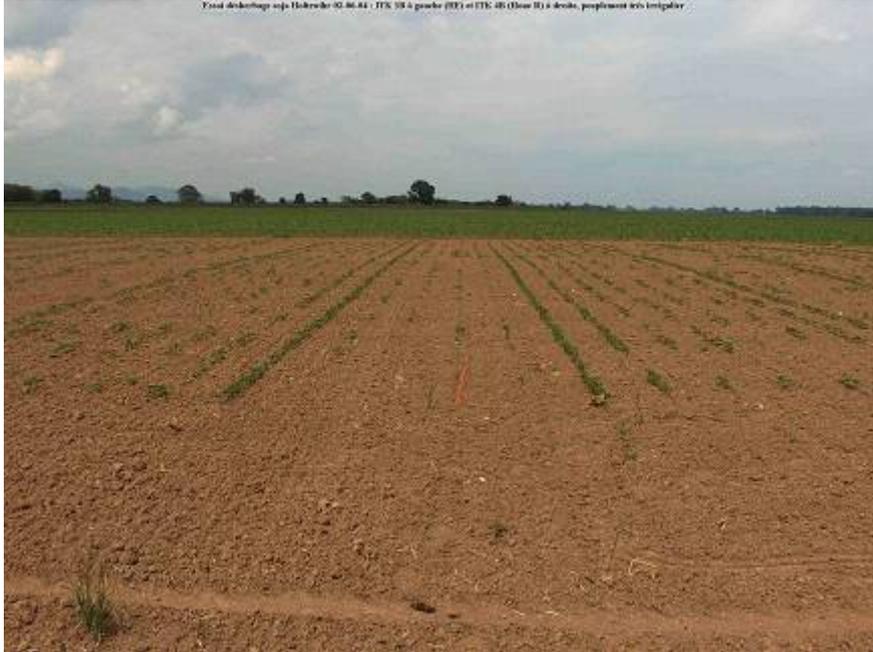


Abb. 15: Sehr ungleicher Feldaufgang im Sojaversuch (Anfang Juni 2004), F-Holtzwihr 2004

Wirkung auf die Unkräuter

Die wichtigsten im Versuch vorkommenden Unkräuter waren Gänsefußarten, Windenknöterich, Amaranth und Bingelkraut. Die Mitte Juni durchgeführte Hacke konnte alle Unkräuter zwischen den Reihen zerstören.

In den Reihen war die Verunkrautung mit insgesamt höchstens 40 Pflanzen je Quadratmeter relativ gering. In Variante 3 ist sie signifikant am stärksten, d.h. in der Variante, in der nur eine Unkrautbekämpfungsmaßnahme in der Reihe durchgeführt wurde, gegenüber zwei in den anderen drei Varianten.

Bei den anderen drei Verfahren unterscheidet sich die Unkrautdichte in der Reihe kaum, trotz der Verwendung unterschiedlicher Geräte im ersten Durchgang (Striegel, Abflämmen oder Sternradhacke).

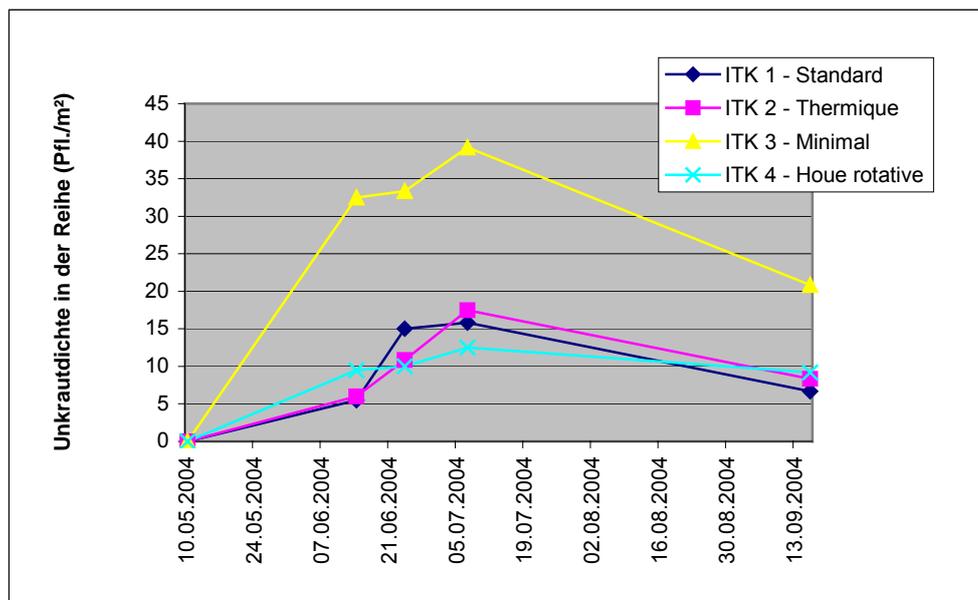


Abb. 16: Entwicklung der Unkrautdichte in den Sojareihen in Abhängigkeit von der Unkrautbekämpfungsstrategie, F-Holtzwihr 2004

Wirkung auf die Sojakultur

Während der Vegetationszeit:

Die Erhebungen zeigten für die Bestandesdichte der Sojakultur keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten auf: Ende Juni, nach dem Ende der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen, lag sie im Mittel bei 28 Pfl./m², d.h. bei 54% der Aussaatstärke.

Die Bodenbedeckung und die Bestandeshöhe bei Blühbeginn unterscheiden sich ebenfalls nicht signifikant zwischen den Varianten (s. Anhang). Zum Zeitpunkt der Reife ist der Sojabestand in Zone A jedoch höher als in Zone B; die bei der ersten Behandlung abgeflämmte Soja ist tendenziell höher während die der Standardvariante tendenziell am niedrigsten ist.

Sojaertrag:

Die von Hand geernteten Sojaerträge unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den Varianten der Unkrautbekämpfung. Das Mittel beträgt 32,8 dt/ha bei 9% Feuchte. Bei einem mittleren Proteingehalt von 45,4% i.d.TM beläuft sich der Eiweißertrag auf 13,5 dt/ha.

Der Versuch konnte erst am 04. Januar 2005 gedroschen werden. Der Mähdruschertrag belief sich dabei im Mittel auf 25,8 dt/ha (bei 9% Feuchte).

4.3.1.4 Einfluss des Saattermins (F-Appenwihr, 2004)

Allgemeine Feststellungen

Die **Verteilung der Unkräuter** hat sich innerhalb des Versuchs als **sehr ungleichmäßig** erwiesen, mit einem sehr großen Variationskoeffizienten zwischen den Blöcken, was die Unkrautdichte angeht, wie auch beim Besatz im Erntegut (VK zwischen 50 und 120%, s.

Anhang). Im Block 2²¹ war die Unkrautdichte besonders hoch; es zeigten sich aber auch Wechselwirkungen zwischen dem Block und dem Saattermin.

Auswirkung des Saattermins auf die Verunkrautung

Beim Saattermin 1 (frühe Saat) scheint die Verunkrautung wesentlich stärker zu sein:

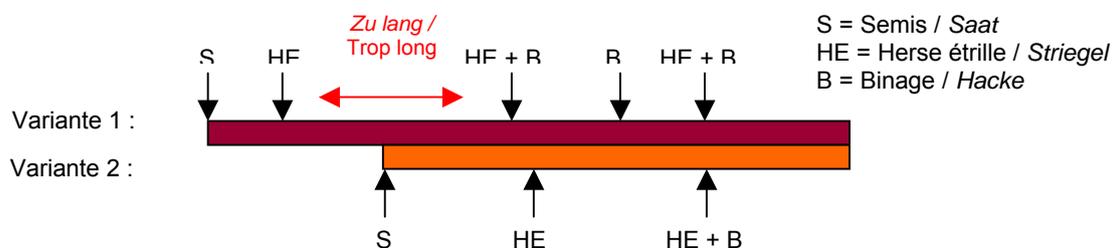
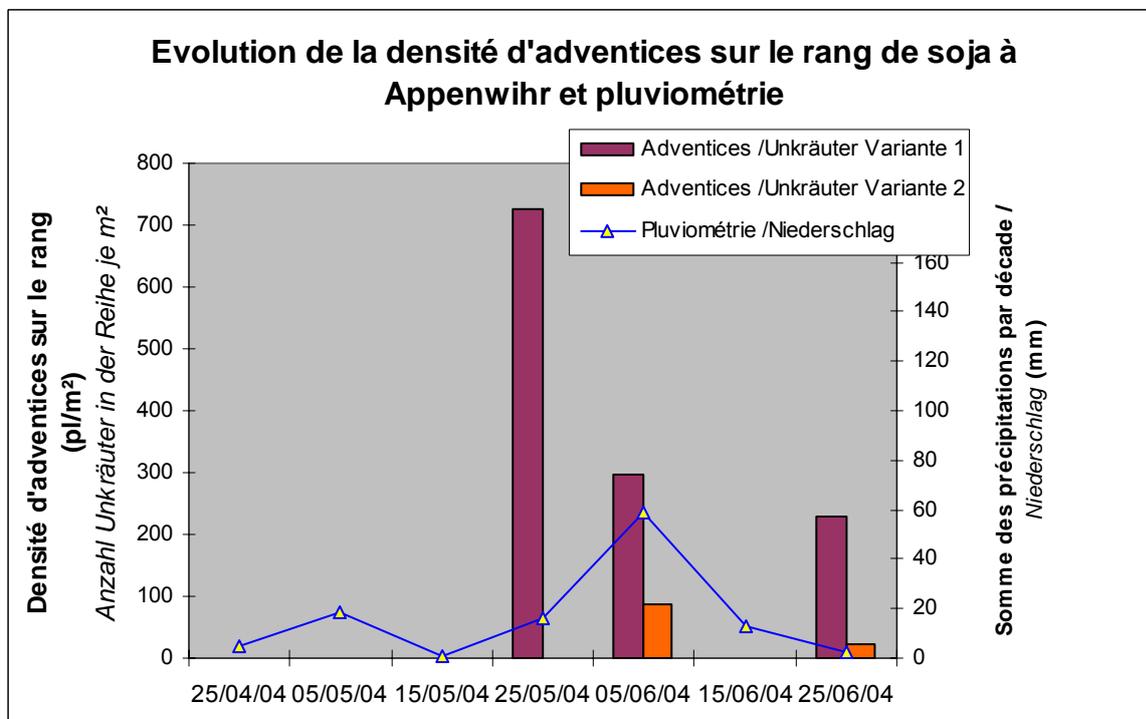


Abb. 17: Niederschlag, Unkrautbekämpfungsmaßnahmen und Entwicklung der Unkrautdichte in der Soja-Reihe in Abhängigkeit vom Saattermin, F-Appenwihr 2004

Wegen der Trockenheit im April haben sich die beiden Vorsaat-Striegelgänge als unwirksam erwiesen. Nach Niederschlägen Mitte Mai kam es zu einem massiven Auflaufen von Unkräutern. Der Landwirt kam aber erst Ende Mai zur Bearbeitung der Versuchsfläche (wegen anderer Arbeiten im Betrieb). Am 27. Mai, gerade vor dem Striegeln und Hacken, war die Verunkrautung sehr stark und einige Unkräuter hatten bereits das empfindliche Stadium in bezug auf den Striegel überschritten. Das Striegeln Ende Mai und Mitte Juni konnte somit nur einen Teil der Unkräuter in den Reihen beseitigen.

²¹ Um die weitere Verunkrautung zu unterbinden hat der Landwirt die Parzelle « Saattermin 1 » im Block 2 Ende Juni mit einem Freischneider geschöpft.

Demgegenüber war beim **Saattermin 2 (normaler Saattermin)** mit 2 Striegelgängen im Abstand von zwei Wochen eine ziemlich **geringe Verunkrautung in den Reihen** aufrechtzuerhalten.

Im übrigen konnte mit dem (bzw. den) **Hacken** die Verunkrautung **zwischen den Reihen** bei **beiden Saatterminen** nahezu vollständig beseitigt werden.

Die wichtigsten Unkräuter im Versuch waren Gänsefußarten, Amaranth, einjähriges Bingelkraut und Gräser. Die Gänsefußarten, die zuerst aufliefen, und die Gräser, die mit dem Striegel schwer zu bekämpfen sind, sind bei 'Saattermin 1' bei der ersten und den weiteren Zählungen vorherrschend (s. Abb. 18).

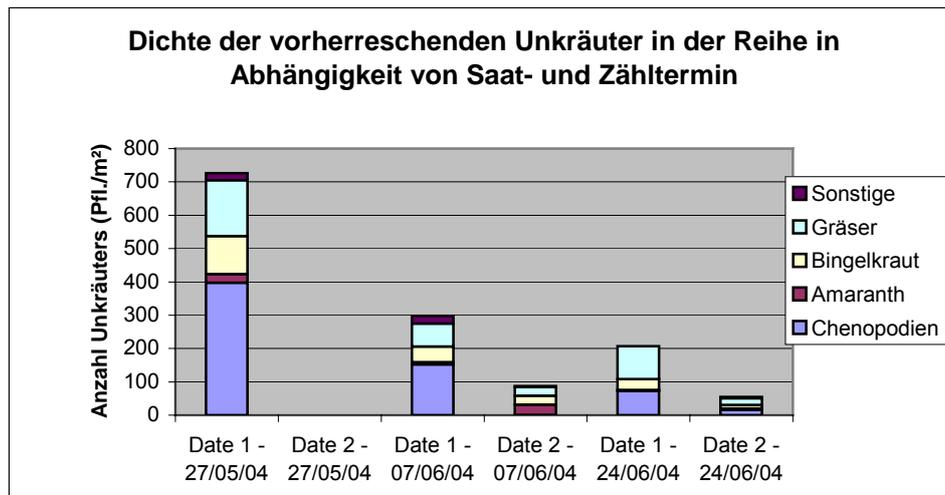


Abb. 18: Dichte der vorherrschenden Unkräuter in den Sojareihen in Abhängigkeit von Saat- und Zähltermin, F-Appenwihr 2004

Für den Saattermin 2 ist die Dichte dieser Unkräuter geringer und es gibt keine wirklich dominierende Art.

Wirkung auf die Sojakultur

Während der Vegetationszeit:

Trotz der größten Anzahl an Behandlungen zum Termin 1, unterscheidet sich die **Soja-Bestandesdichte** nach Beendigung der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen zwischen den beiden Saatterminen nicht signifikant. Sie liegt im Mittel bei 37 Pfl./m², das entspricht 57% der Aussaatstärke.

Für die erste Variante wurde Soja zwei Wochen vor dem ortsüblichen Termin ausgesät. Der Auflauf dauerte jedoch eine Woche länger und bis zum Bestandesschluss hat sich der **Entwicklungsunterschied zwischen den beiden Aussatterminen praktisch auf Null reduziert**.

Tab. 58: Termine der wichtigsten Entwicklungsstadien von Soja in Abhängigkeit vom Aussaattermin, F-Appenwihr 2004

	Aussaattermin 1 früh	Aussaattermin 2 normal	Entwicklungsunterschied zwischen den beiden Säterminen
Saattermin	27.04.04	14.05.04	17 Tage
Auflaufen	11.05.04 (14 T. nach der Saat)	21.05.04 (7 T. nach der Saat)	10 Tage
1. Fiederblatt	27.05.04	06.06.04	10 Tage
Blühbeginn	30.06.04	07.07.04	7 Tage
Bestandesschluss	15.07.04	15.07.04	0 Tage
Reife	Ende September	Ende September	0 Tage

Zum Blühbeginn gibt es keine signifikanten Unterschiede bei Bodenbedeckungsgrad und Wuchshöhe zwischen den beiden Saattermin-Varianten. Dasselbe gilt auch für die Bestandeshöhe bei der Reife (s. Anhang).

Sojaerträge:

Der **Kornertrag** der Sojabohnen liegt zwischen 18 und 27 dt/ha, je nach Parzelle. Wegen Interaktionen zwischen den Blöcken und den Aussaatterminen lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Saatterminen ausmachen. Die Mitte Mai (Saattermin 2 = normal) gesäten Sojabohnen wiesen in der Tendenz jedoch höhere Kornerträge auf. Dies gilt auch für den **Proteinertag**, trotz eines geringfügig höheren Proteingehalts der Sojabohnen des frühen Saattermins.

Tab. 59: Korn- und Eiweißertag in Abhängigkeit vom Saattermin, F-Appenwihr 2004

Saattermin	Ertrag bei 9% Feuchte (dt/ha)	Eiweißgehalt (% i.d. TM)	Eiweißertag (dt TM/ha)
1 - früh	18,6	46,5	7,9
2 - normal	23,3	45,9	9,8

4.3.2 Weiße und Schmalblättrige Lupine

Bei den Versuchen zur Unkrautbekämpfung in Lupinen erwiesen sich Bodenansprüche und Fraßschäden als Hauptprobleme, weshalb in der Mehrzahl aller Varianten eine hohe Verunkrautung aufgrund mangelnder Konkurrenzkraft der Kultur auftrat.

4.3.2.1 Mechanische Unkrautregulierung und Sortenwahl bei Schmalblättriger Lupine (D-Buggingen, 2003)

- Feldaufgang: 13.04.2003
 - BORUTA: ca. 79% (zu hohe Trocknungstemperatur nach Warmwasserbehandlung gegen Anthraknose könnte zu Keimschäden geführt haben)
 - BORLU: ca. 100% (niedrigere Trocknungstemperatur)
- Chlorosen und Wuchsstörungen ab Anfang Mai

- BORUTA stärker betroffen als BORLU
- beide Sorten deutlich kleiner (ca. 17 cm geringere Bestandeshöhe) und weniger wüchsig als im Sortenversuch (Kap. 4.4.2.1)
- Blühphase verkürzt und Bestände bereits am 25.06. vollständig entblättert
- Boden-pH (CaCl₂): 7,3
 - aber: Versuchsfeld „Pearl-Acker“ (Sortenversuch): pH 7,2; dennoch keine Chlorosen bei BORLU oder BORUTA
 - ⇒ Test mit Salzsäure („Aufbrausen“) ergab höhere Kalkgehalte auf Versuchsfeld mit Chlorosen
- Verunkrautung: praktisch keine Konkurrenz durch Kulturpflanzen, *Chenopodium album* und *Convolvulus arvensis* dominierend, nur durch Hackspuren begrenzt → keine Aussage zu den Varianten möglich
- Versuch abgebrochen, keine Ertragsdaten

4.3.2.2 Mechanische Unkrautregulierung und Anbauverfahren bei Weißer Lupine (D-Heitersheim, 2004/05)

Tab. 60 und Tab. 61 zeigen die Mittelwerte der in beiden Jahren erhobenen Parameter mit Signifikanztests im Überblick. Signifikante Effekte wurden farbig hervorgehoben, einzelne Werte können anhand der Grenzdifferenzen verglichen werden.

Bestandesentwicklung

Tab. 62 zeigt die Termine wichtiger Stadien der Bestandesentwicklung sowie die Entwicklungsdauer in Tagen.

- 2004: stärkere und zügigere vegetative Entwicklung sowie ca. 10 Tage längere Blühphase als 2005
- 2005: feucht-kühler April und schlechtere Bodendurchlüftung
- Einfluss des Saattermins abhängig von Jahreswitterung
 - 2004: stärkere vegetative Entwicklung bei Später Saat (Reihenschluss zeitgleich mit früher gesäten Varianten), generative Entwicklung ca. 2 Wochen verzögert
 - 2005: geringfügiger Vorsprung bei Früher Saat (vegetativ und generativ)

Tab. 60: Ergebnisse im Versuch Unkrautregulierung Weiße Lupine, D-Heitersheim 2004

Variante	Bestandesdichte			Konkurrenzkraft				Verunkrautung					Ertrag	
	Feldaufgang %	Verluste bis 21.06. %	Bestand 21.06. Pfl./m ²	Höhe 07.06. cm	Höhe 14.07. cm	Bodendeckung 07.06. %	Bodendeckung 14.07. %	annuelle Un- kräuter ³ 21.06. Pfl./m ²	annuelle Un- kräuter ³ 14.07. Pfl./m ²	windende Arten ⁴ 21.06. %	windende Arten ⁴ 14.07. %	Unkraut-TM bei Ernte dt/ha	Ertrag (w=14%) dt/ha	Ernteindex
Standard	46	19	32	48	54	70	43	8	10	21	30	17,9	18,7	0,52
Intensiv	47	35	27	47	51	56	40	2	24	3	8	13,1	13,9	0,52
Späte Hacke	60	27	30	49	52	50	30	3	3	13	17	17,2	15,9	0,48
Fingerhacke	46	32	23	44	50	45	25	1	2	3	13	12,8	12,2	0,48
Späte Saat	72	25	48	43	60	71	91	4	5	8	16	11,8	24,5	0,45
Striegel	52	33	36	45	49	71	46	4	3	27	56	16,4	15,4	0,49
Weißklee	50	28	31	47	53	69	31	7	8	10	57	27	12,1	0,47
Leindotter	61	28	38	48	51	61	50	8	6	12	9	17,7	14,8	0,5
F-Test ¹	4,62**	1,19	6,21***	5,12**	3,45*	4,54**	16,29***	3,19*	4**	4,05**	6,43***	7,23***	3,75**	1,69
Grenzdifferenz ²	12,8	13,2	9,2	2,8	5,5	14,3	15,1	4,6	10,4	12,3	23,4	5,2	6,2	0,05

¹ Signifikanzniveaus: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test (α=5%)³ ohne *Polygonum convolvulus*⁴ Deckungsgrad von *P. convolvulus* u. *Convolvulus arvensis*

Tab. 61: Ergebnisse im Versuch Unkrautregulierung Weiße Lupine, D-Heitersheim 2005

Variante	Bestandesdichte			Bestandeshöhe		Verunkrautung		Ertrag	
	Feldaufgang	Verluste bis Ernte	Bestand bei Ernte	01.06.	29.06.	Unkräuter 01.06.	Unkraut-TM bei Ernte	Ertrag (w=14%)	Ernteindex
	%	%	Pfl./m ²	cm	cm	Pfl./m ²	dt/ha	dt/ha	
Standard	104	22	57	29	46	81	12,3	15,7	0,46
Frühe Saat	108	6	72	47	56	93	16,7	13,9	0,53
Intensiv	111	27	60	30	45	65	13,8	15,8	0,55
Striegel	82	20	52	30	49	158	22,6	12,7	0,53
Häufeln	103	36	46	29	46	120	14	10,7	0,47
Weißklee ³	81	39	35	38	51		12,5	6,4	0,45
F-Test ¹	2,92*	4,37*	3,34*	15,89***	5,76**	4,26*	3,12*	5,02**	0,96
Grenzdifferenz ²	23,4	17,2	20,8	5,7	5,5	54,4	7	4,8	0,14

¹ Signifikanzniveaus: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test ($\alpha=5\%$)³ Verunkrautung nur eingeschränkt ermittelt (s. Text)

Tab. 62: Zeitliche Entwicklung der Bestände von Weißer Lupine, D-Heitersheim 2004 und 2005

Variante	Rw	Aussaat	Feldaufgang		Reihenschluss		Blühbeginn		Blühende		Reife	
		Datum	Datum	t	Datum	t	Datum	t	Datum	t	Datum	t
2004 (Amiga)												
„Standard“	30				15.06.	103						
„Intensiv“	30	04.03.	30.03.	26	15.06.	103	18.05.	75	23.06.	111	02.08.	151
„Späte Hacke“	50				-	-						
„Fingerhacke“	50				-	-						
„Späte Saat“	30	01.04.	19.04.	18	15.06.	75	30.05.	59	06.07.	96	17.08.	138
„Striegel“	15				27.05.	84						
„Weißklee“	30	04.03.	30.03.	26	15.06.	103	18.05.	75	23.06.	111	02.08.	151
„Leindotter“	30				15.06.	103						
2005 (Amiga)												
„Standard“	30	04.04.	25.04.	21	-	-	30.05.	56	26.06.	83		130
„Frühe Saat“	30	17.03.	28.03.	11	-	-	26.05.	70	22.06.	97		148
„Intensiv“	30	04.04.	25.04.	21	-	-	30.05.	56	26.06.	83	12.08.	130
„Striegel“	15				01.06.	58						
„Häufeln“	50				-	-						
„Weißklee“	50				-	-						

Rw: Reihenweite (cm)

t: Tage nach Aussaat

Bestandesdichte

- 2004: geringer Feldaufgang (46% - 61% bei früher bzw. 72% bei später Saat)
 - Vorteil für Späte Saat: erneute Saatbettbereitung und zügigerer Feldaufgang
 - starker Hasenfraß an Keimpflanzen
 - weitere Verluste während der Bearbeitung durchschnittl. 28%
 - Bestandesdichten nach Abschluss der Maßnahmen: 23 Pfl./m² („Fingerhacke“) - 48 Pfl./m² („Späte Saat“) → v.a. durch Feldaufgang bestimmt
- 2005: Feldaufgang 81%-100%
 - Variante „Weißklee“ benachteiligt, da wegen 18 Tage zuvor angewalztem Weißklee keine erneute Saatbettbereitung erfolgte
 - weitere Verluste bis Ernte: 20%-39% („Frühe Saat“: 6%)
 - Bestandesdichten bei Ernte: 35 Pfl./m² („Weißklee“) - 72 Pfl./m² („Frühe Saat“)

Bodendeckung, Bestandeshöhe, Lager

- Bodendeckung:
 - Blätterdach der Weißen Lupine beschattet sehr gut → Bodendeckung v.a. durch mangelnde Bestandesdichte bzw. Fehlstellen und zu große Reihenabstände begrenzt

- bei 50 cm Reihenweite kein Reihenschluss erreicht
- 14.07.2004: Bodendeckung abnehmend wegen Blattfall (außer „Späte Saat“)
- 2005: schwache Entwicklung, Reihenschluss nur bei Variante „Striegel“ (15 cm Reihenweite) → keine sinnvolle Schätzung der Bodendeckung möglich
- Bestandeshöhen:
 - entsprechen der vegetativen Entwicklung zu den verschiedenen Saatterminen und Versuchsjahren
 - max. erreichte Bestandeshöhen: 50-60 cm (2005 < 2004)
- kein Lager

Untersaaten

- Leindotter 2004: gute Etablierung, Bodendeckung (Juni) ca. 20%, Pflanzenlänge (Juli) > Lupine, Lagerneigung
 - ⇒ Ernte mit Lupinen war möglich, jedoch konnte die kleinsamige Ölsaart nicht von den ähnlich großen Unkrautsamen getrennt werden
- Weißklee 2004: Ausbringung zu spät, kein nennenswerter Biomasseaufwuchs
- Weißklee 2005: geplante Herbstsaat missglückt, erneute Aussaat 17.03.2005 (Streuen und Anwalzen)
 - ⇒ Anwalzen hat auch *Polygonum lapathifolium* massiv zum Keimen gebracht, so dass der Weißklee unterdrückt wurde

Krankheiten und sonstige Schadfaktoren

Fingerhacke:

- 19.06.2004: Blockierung der Fingerhacksterne durch Windenknötterich + Ackerkratzdistel → zahlreiche Lupinen umgerissen

Hasenfraß:

- 2004: massive Schäden durch Fraß an Keimlingen sowie Verbiss an Blütenständen (Foto: 04.06.2004) – nur vorübergehende Wirkung des Vergällungsmittels Arbin
- 2005: weniger starke Fraßschäden und größere Parzellen



Foto 6: Hasenfraß an W. Lupine

Sonstige:

- 21.06.2004: Lupinen-Blattlaus (*Macrosiphum albifrons*) → nur einzelne Pflanzen stark befallen, Läuse durch Parasiten und *Coccinelliden* vernichtet
- 20.07.2005: Befall mit *Uromyces lupinicolus* festgestellt → keine Ertragsschäden erkennbar

Verunkrautung

Arten und Verteilung

- In beiden Jahren bzw. auf beiden Standorten dominierend: *Polygonum lapathifolium* (Ampferblättriger Knöterich), *Polygonum convolvulus* (Windenknöterich)
- 2004: auch *Chenopodium album*, *Cirsium arvense* (nesterweise), *Convolvulus arvensis* u.a. stark vertreten
 - ⇒ bei Zählungen nur annuelle Arten (ohne *Polygonum convolvulus*) berücksichtigt; zusätzlich Schätzung der Bodendeckung durch windende Arten (*P. convolvulus* u. *Convolvulus arvensis*)
- 2005: bei Ernte absolut dominierend (Unkraut-Biomasse): *Polygonum lapathifolium*

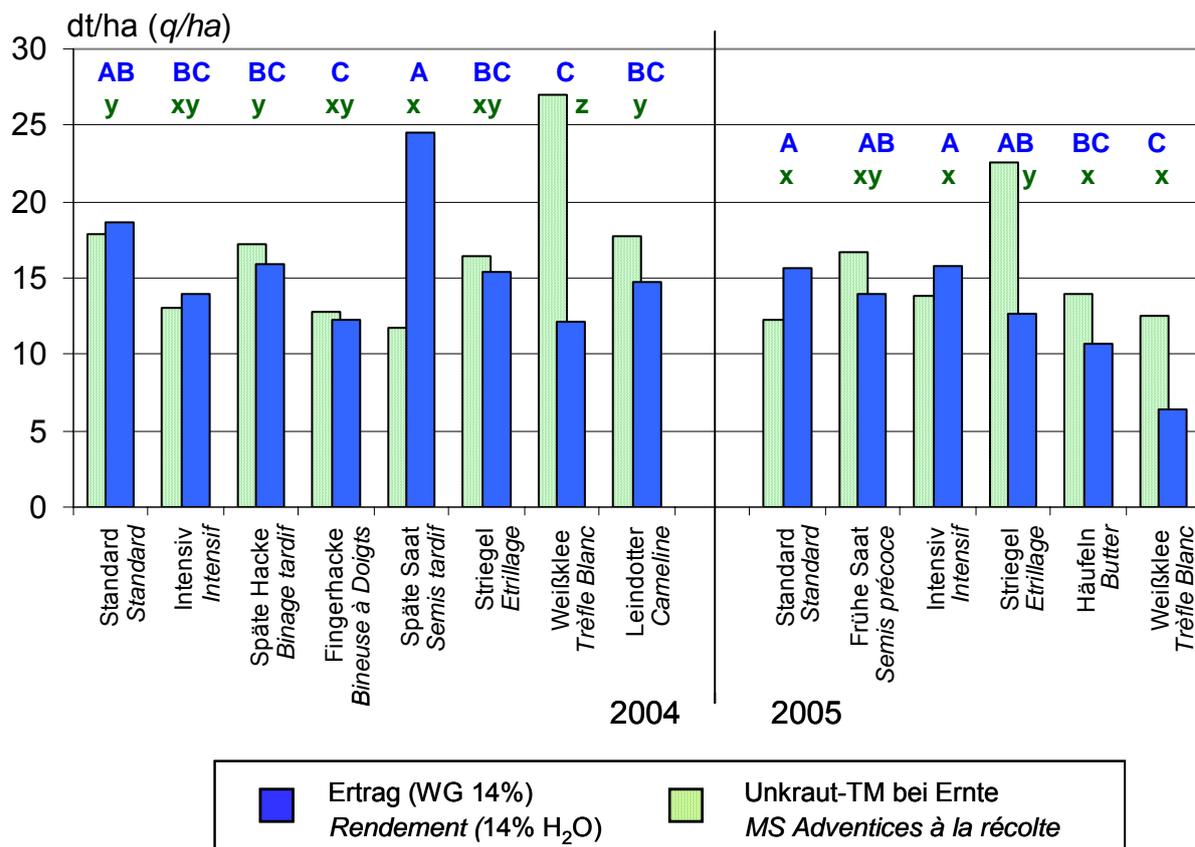
Bekämpfung:

- 2004: alle Varianten blind gestriegelt, weitere Maßnahmen ab 16.04.
 - Variantenunterschiede bei Unkrautzahlen und -deckungsgrad waren z.T. signifikant, können jedoch nicht vollständig erklärt werden
- 2005: keine Variante blind gestriegelt, weitere Maßnahmen erst ab 10.05. (Niederschlag im April ca. 120 mm)
 - viele Unkräuter bereits gut etabliert (Striegel praktisch wirkungslos)
 - Variante „Häufeln“: wegen technischer Probleme zu spät angehäufelt (keine Verschüttung von Unkräutern in der Reihe mehr erzielt)
 - ⇒ Maßnahmen 2005 insgesamt zu spät und zu wenig
 - ⇒ Verunkrautung am 22.06.2005 extrem hoch → keine weitere Zählung
- 2005: Variante „Weißklee“ durch Anwalzen des Klees am 17.03. und keine erneute Saatbettbereitung frühzeitig verunkrautet → bereits am 01.06. zwischen den Reihen nahezu 100% Bodendeckung durch *Polygonum lapathifolium* → keine Zählung
 - ⇒ Strategieänderung: 07.06.2005 Simulation von Reihenmulchgerät → Mulchen der Zwischenräume mit Handsichel (wegen hohem Aufwand nur 1./2. Wdh.)
 - ⇒ nachhaltige Wirkung, Neuaufwuchs bis Ernte gering, Unkraut-TM bei Ernte (1./2. Wdh.) ähnlich wie bei gehackten Varianten

Wie Abb. 19 zeigt, lag der Unkraut-Biomasseaufwuchs in beiden Jahren und allen Varianten bei deutlich über 10 dt/ha Trockenmasse. Mehr als 20 dt/ha wurden in den Varianten „Weißklee“ 2004 (ein Hackdurchgang weniger als in „Standard“) und „Striegel“ 2005 (nur 1x gestriegelt, Unkräuter zu groß) gefunden. Bemerkenswert ist, dass die Variante „Leindotter“ 2004 keine erhöhte Verunkrautung aufwies.

Ernte und Ertrag

Abb. 19 zeigt die im Parzellendrusch ermittelten Erträge sowie die im Probeschnitt ermittelte Unkraut-Biomasse bei Ernte. Korrelationen zwischen Verunkrautung und Ertrag wurden nicht festgestellt. Der starke Unkrautbesatz (bes. 2004 mit *P. convolvulus*) erschwerte allerdings den Mähdrusch erheblich.



Varianten mit gleichen Buchstaben innerhalb eines Jahres unterscheiden sich nicht signifikant (Großbuchstaben: Ertrag, Kleinbuchstaben: Unkraut)

Abb. 19: Korndruscherträge und oberirdischer Unkrautaufruchts in Weißer Lupine, D-Heitersheim 2004 u. 2005

Das mittlere Ertragsniveau lag bei ca. 15 dt/ha. Geringere Erträge traten vor allem bei zu großer Reihenweite (50 cm) und besonders lückigen Beständen auf. Insbesondere korrelierte der Ertrag in beiden Jahren signifikant positiv mit der Bestandesdichte, die meist zu niedrig und daher ertragslimitierend gewesen sein dürfte.

Zwar waren die Bestandesdichten 2005 höher als 2004, allerdings war der Hülsenansatz sehr schwach, vermutlich aufgrund der schwächeren vegetativen Entwicklung und der verkürzten Blühphase.

Den weit höchsten Ertrag mit 24,5 dt/ha erzielte die Variante „Späte Saat“ 2004, die sich gleichzeitig durch die deutlich kräftigste vegetative Entwicklung auszeichnete. Der Erteindex wies keine signifikanten Variantenunterschiede auf und lag im Mittel bei 0,49.

4.3.3 Diskussion der ökologischen Unkrautregulierung

Einordnung der Versuchsergebnisse

Die Durchführung der vorgesehenen Arbeitsgänge unterlag stets arbeitswirtschaftlichen und wetterabhängigen Beschränkungen, so dass der Erfolg einer Variante von Jahr zu Jahr unterschiedlich sein kann. Weitere Rahmenbedingungen waren der auf den Versuchsfeldern vorliegende Unkrautdruck sowie die Erfahrung im Umgang mit verschiedenen Geräten. Der abgebrochene Versuch mit Schmalblättriger Lupine wird nicht diskutiert.

Die in den durchgeführten Versuchen vorherrschende Unkrautflora war dominiert von den sommerannuellen, wärmeliebenden Arten

- *Chenopodium album* (Weißer Gänsefuß) und *Amaranthus retroflexus* (Zurückgekrümmter Amarant) – vor allem in Soja
- *Polygonum lapathifolium* (Ampferblättriger Knöterich) und *Polygonum convolvulus* (Windknöterich) – frühere Keimung, vor allem in Weißer Lupine

wobei sich besonders *C. album* als nahezu allgegenwärtig und schwer zu bekämpfen erwies. Zudem waren die Unkräuter oft sehr heterogen auf den Versuchsflächen verteilt.

Gerätewahl

- Die Gänsefußhacke vernichtet Unkräuter effektiver und noch in größeren Stadien als alle anderen Geräte. Sie stellt somit einen Sicherheitsfaktor dar, und ein Verzicht auf die Hacke sollte im ökologischen Anbau von Körnerleguminosen wohl überlegt sein.

Da die Hacke nur zwischen den Reihen wirkt, kommt der Unkrautbekämpfung in der Reihe besondere Bedeutung zu.

- Eine gute Reduktion der Verunkrautung in der Reihe wurde mit dem Hackstriegel erzielt. Vorteilhaft ist die breite Einsatzfähigkeit des auf vielen Betrieben vorhandenen Gerätes. Kombinierte Anwendung mit der Hacke begrenzt die Zahl der Überfahrten, jedoch auf Kosten der optimalen Arbeitsgeschwindigkeit des Striegels. Die Kulturverträglichkeit erschien bei der Sojabohne gut, bei der Weißen Lupine hingegen auf frühe Stadien begrenzt.
- Als sehr effektiv für die Unkrautbekämpfung in der Reihe hat sich in Soja (2005) die KRESS Fingerhacke erwiesen. Ob sich die Anschaffung des Gerätes (ca. 700,- € je Reihe inkl. Anbauvorrichtung, Preisliste 2001) im Vergleich zum Striegel lohnt, kann nur einzelbetrieblich entschieden werden. Die Eignung der Fingerhacke für Weiße Lupine konnte nicht gezeigt werden, wäre jedoch eine interessante Alternative zum Striegel. Allerdings müssten aufgrund engerer Reihen für Lupinen voraussichtlich kleinere Hacksterne verwendet werden (zusätzliche Anschaffung).

Ein hinreichende Unkrautregulierung ohne Gänsefußhacke sollte in Sojabohnen möglich sein, wenn der Unkrautdruck nicht zu hoch ist. In diesem Fall empfehlen sich eine reduzierte Reihenweite, erhöhte Saatkichte und intensives Striegeln. Mit erhöhter Verunkrautung muss gerechnet werden, insbesondere wenn aufgrund längerer Bodenfeuchte nicht gestriegelt werden kann und einzelne Unkräuter zu groß werden. Ein Anbau von Weißen Lupinen (geringere Konkurrenzkraft, geringere Striegelverträglichkeit) ohne Hacke erscheint wenig aussichtsreich.

- Die Yetter Rotorhacke ist nur gegen sehr kleine Unkräuter („Fadenstadium“) effektiv und daher allenfalls auf schnell abtrocknenden Böden zu empfehlen, um eine zeitgerechte Bekämpfung zu ermöglichen. Im Vergleich zum Striegel ist lediglich die hohe Arbeitsgeschwindigkeit (15-20 km/h) als Vorteil zu nennen. Ob dies die hohen Anschaffungskosten von ca. 5000,- € bei 3m Arbeitsbreite (FiBL 2003) rechtfertigt, ist jedoch fragwürdig. Der Effekt einer Lockerung von Bodenverkrustungen wurde nicht überprüft.
- Die thermische Unkrautbekämpfung mit dem Flämmgerät hat sich im Soja-Stadium „geschlossene Keimblätter“ (direkt nach Feldaufgang) als kulturverträglich und gegen junge (zweikeimblättrige) Unkräuter wirksam erwiesen. In diesem Stadium sind keine

mechanischen Maßnahmen möglich, und zudem funktioniert die thermische Bekämpfung auch bei etwas feuchten Bedingungen. Allerdings währt der optimale Einsatzzeitraum nur 1-2 Tage, und gegen Ungräser ist das Flämmgerät weitgehend wirkungslos. Fragwürdig ist, ob sich die Anschaffung bei der geringen Auslastung rentiert.

Es bleibt festzuhalten, dass der kombinierte Einsatz verschiedener Geräte (insbesondere Hacke + Striegel) die sicherste Lösung bleibt, um Unkräuter sowohl zwischen als auch in den Reihen und in verschiedenen Entwicklungsstadien der Kulturpflanzen zu bekämpfen.

Untersaaten

Im Rahmen der Versuche haben sich Untersaaten für die Unkrautunterdrückung als ungeeignet erwiesen. Zum einen war die Etablierung schwierig, da die Untersaaten erst relativ spät ausgebracht wurden, um nicht zu stark mit den Kulturpflanzen zu konkurrieren. Zum anderen konnten die sehr schnell wachsenden Sommerunkräuter durch die langsameren Untersaaten Leindotter und Weißklee kaum aufgehalten werden.

Haupteinflussfaktoren auf die Verunkrautung

Das Potenzial, Unkräuter zu unterdrücken, erschien bei Soja grundsätzlich hoch, bei Weißer Lupine hingegen niedriger, was jedoch auch auf die in den Versuchen kaum geschlossenen Lupinenbestände zurückzuführen sein dürfte.

- Wesentliche Bedeutung für die Konkurrenzkraft des Bestandes kommt der gleichmäßigen und schnellen Etablierung zu. Hier sind optimales Saatbett, gleichmäßige Saatgutablage (ideal: Einzelkornsaat) sowie eine hinreichende Saatedichte entscheidend.
- Die Wahl des Saattermins beeinflusst sowohl die Pflanzenentwicklung (Bodenzustand und -erwärmung) als auch die möglichen Bearbeitungszeiträume. Insbesondere ermöglicht ein späterer Termin intensivere Unkrautbekämpfung vor der Saat (z.B. mehrfache Saatbettbereitung) sowie aufgrund der Erwärmung ein schnelleres Durchlaufen der gegen mechanische Maßnahmen empfindlichen Phase der Kulturpflanzen (etwa bis 4-Blatt-Stadium).

Der relativ lange Zeitraum bis zum Erreichen geschlossener Bestände erfordert in beiden Kulturen direkte Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung.

- Da nach der Aussaat oft gute Bedingungen für die Unkrautkeimung vorliegen, kommt dem Blindstriegeln große Bedeutung zu. Zum einen kann damit ein großer Teil des Unkrautpotenzials vernichtet werden, zum anderen wird die Phase ohne Bearbeitung verkürzt. Um die Kulturpflanzen beim Blindstriegeln nicht zu gefährden, darf die Saatgutablage nicht zu flach erfolgen, aufgrund der epigäischen Keimung von Soja und Lupinen jedoch auch nicht zu tief. Nach den Beobachtungen in den Versuchen erscheinen ca. 4 cm als guter Kompromiss.
- Die Gesamtverunkrautung war im Allgemeinen bei Einsatz der Gänsefußhacke und hohem Anteil hackbarer Fläche (weite Reihen) am geringsten, sofern nach Abschluss der Maßnahmen noch geschlossene Bestände erreicht wurden.
- Für die mit der Hacke nicht mögliche Unkrautbekämpfung in der Reihe waren Häufigkeit und Termingerechtheit der Maßnahmen von größerer Bedeutung als die Gerätewahl, da alle Verfahren außer der Hacke Unkräuter nur bis zu einer gewissen Größe vernichten.

Spätverunkrautung

Bei Beobachtungen in den Versuchen zeigte sich, dass Spätverunkrautung vor allem durch früh etablierte, im Spätsommer sehr groß werdende Unkräuter (z.B. *C. album* bis 2 m) bestimmt wurde. Es scheint, dass die an der Oberfläche liegenden Unkrautsamen während der Phase geschlossener Bestände abgestorben oder kurz vor Reihenschluss der Kulturpflanzen gekeimt und dann wegen Lichtmangel eingegangen sind. Eine Keimung neuer Unkräuter nach Entblätterung der Körnerleguminosen fand ohne erneute Bodenbewegung kaum statt. Es ist allerdings anzunehmen, dass auch Niederschläge erneute Keimwellen auslösen könnten.

Als Strategie zur Vermeidung von Spätverunkrautung wird empfohlen

- viel Augenmerk auf gleichmäßig dichte und wüchsige Bestände zu legen
- die Bestände bis möglichst kurz vor Schließen des Blätterdachs unkrautfrei zu halten

Ertragseffekte

Das Ertragsniveau wurde zum großen Teil durch die jahres- und standortabhängig unterschiedliche Wasserversorgung (Niederschlag, Beregnung, Feldkapazität) bestimmt. Zum Teil war die Variabilität innerhalb der Versuchsfelder sehr groß. Signifikante Ertragsunterschiede wurden kaum festgestellt.

Im Allgemeinen lagen keine Korrelationen zwischen Verunkrautung und Ertrag vor. Auch stark verunkrautete Varianten erbrachten zum Teil hohe Erträge. Die Bedeutung der Verunkrautung liegt daher weniger in der Konkurrenzwirkung als in Ernteerschwernis, Reinigungsaufwand und Qualitätseinbußen (bes. für die Tofuproduktion, da Verfärbungen der Sojabohnen durch grüne Unkräuter unerwünscht sind).

Im Übrigen korrelierten die Erträge oft positiv mit den Bestandesdichten. Bei den Lupinen waren die Bestandesdichten zu gering und daher limitierend, und auch tendenzielle Mindererträge bei 50 cm Reihenweite weisen auf mangelnde Standraumausnutzung hin. Bei Soja hingegen wurden zum Teil mit sehr geringen Bestandesdichten hohe Erträge erzielt (28 Pfl./m²: 33 dt/ha, F-Holtzwihr 2004). Eine Korrelation zwischen Ertrag und Bestandesdichte kann auch auf eine gemeinsame Ursache zurückzuführen sein (z.B. Saattechnik in D-Buggingen 2005).

Optimierung der Anbaustrategien

Die Wahl der Unkrautbekämpfungsstrategie hängt letztendlich davon ab, welche Standortbedingungen vorliegen, welche Geräte und Arbeitskapazitäten zur Verfügung stehen und wie viel Unkraut toleriert werden kann und möchte.

Für die Sojabohne stellen sich folgende Entscheidungen als Optimierungsproblem dar:

- Verzögerung der Aussaat (Spanne: Ende April bis Ende Mai)
 - Vorteile: bessere Unkrautbekämpfung vor der Saat, zügigere Jugendentwicklung und kürzere Phase ohne Bearbeitung, weniger Bearbeitungsgänge bis Reihenschluss
 - Nachteile: Risiko mit Abreife, ggf. sinkender Ernteindex
 - ⇒ Eine späte Saat (ca. 20. Mai) ertragreicher 000-Sorten erscheint als vielversprechender Kompromiss, wurde jedoch im Projekt nicht untersucht

- Reihenweite (15 - 50 cm)
 - Weite Reihe: hoher hackbarer Flächenanteil, gute Bearbeitbarkeit
 - Enge Reihe: früherer Reihenschluss und weniger Bearbeitungsgänge, potenziell bessere Standraumnutzung, aber höhere Verunkrautung wahrscheinlich

Bei der Weißen Lupine erscheint die Aussaat Ende März bis Anfang April empfehlenswert. Wichtige Entscheidungen sind für diese Kultur:

- Reihenweite
 - Problem: 50 cm Reihenweite sind für einen sicheren Reihenschluss zu hoch, aber ein Verzicht auf die Hacke ist in Weißer Lupine riskant.
 - Ideal: Reihenweite ca. 30 cm, Unkrautbekämpfung mit Striegel (nur in frühen Stadien) und Gänsefußhacke. Dies erfordert jedoch einen eigenen Hackrahmen oder den zeitaufwändigen Umbau von Hackscharen, da wenig andere Kulturen auf dieser Reihenweite angebaut werden.
- Standortwahl: Für eine hinreichende Konkurrenzkraft von Beständen Weißer Lupine spielt der Standort nach den Versuchserfahrungen eine wesentliche Rolle:
 - geringer Unkrautdruck
 - keine Fraßschäden (v.a. Hasen und Rehe)
 - optimale Wuchsbedingungen (durchlässiger Boden, gute Wasserführung, pH < 6,8, kalkfrei)

Die Strategie „Häufeln“ wurde im Versuch suboptimal durchgeführt (zu spät und zu hohe Reihenweite), erscheint aber nach wie vor vielversprechend und für Lupinen aufgrund des hohen Hülsenansatzes sehr geeignet. Insbesondere wenn die Lupinen für den Striegel zu groß sind, könnte ein rechtzeitiges Anhäufeln beim letzten Hackdurchgang vor Reihenschluss die Verunkrautung in der Reihe entscheidend reduzieren.

4.4 Sortenversuche

4.4.1 Körnererbse

4.4.1.1 F-Appenwihr, 2002 / F-Appenwihr und F-Sausheim, 2003

Versuch F-Appenwihr 2002

Allgemeine Feststellungen

Der Feldaufgang war sehr ungleichmäßig mit im Mittel 34% Verlust, z.T. bedingt durch die Frühjahrstrockenheit.

Außerdem kamen Anfang Juni die Läuse, als es während 3-4 Tagen sehr heiß war. Die Läuse haben sich stark vermehrt, da nicht gleich reagiert wurde und wahrscheinlich auch, weil zu spät beregnet wurde. Die Erbsen wurden im Juni durch die Läuse schließlich völlig vernichtet und haben den Unkräutern Platz gemacht. Der Versuch wurde deshalb nicht beendet.

Entwicklungsunterschiede zwischen den Sorten

Die Sorte POWER ist die höchste und weist einen guten Feldaufgang, eine gute Jugendentwicklung und Bodenbedeckung auf. (s. Abb. 20 und Anhang).

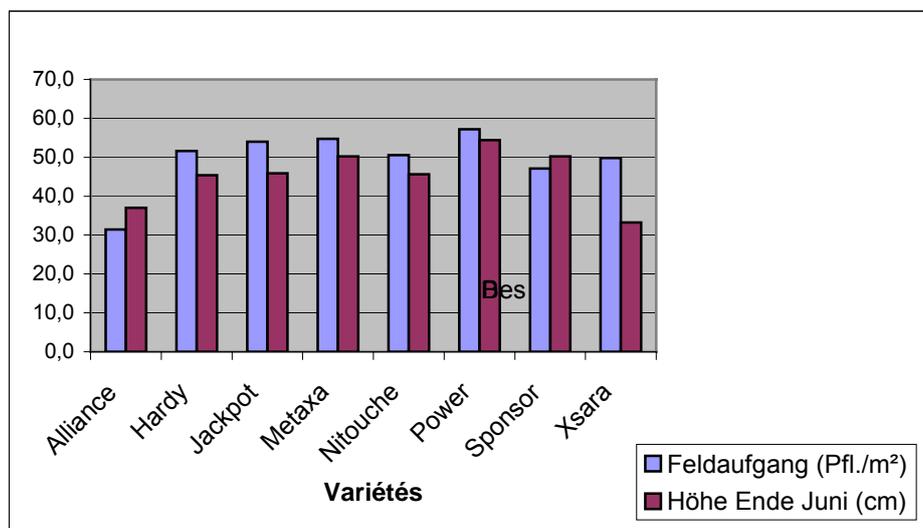


Abb. 20: Feldaufgang und Bestandeshöhe Ende Juni der Sommererbsensorten, F-Appenwihr 2002

Dicht darauf folgen die nur geringfügig niedrigeren Sorten JACKPOT und SPONSOR, dann die Sorten METAXA und NITOUCHE, die den Boden etwas schlechter bedecken. Die Sorte HARDY liegt im Mittel. Die Sorte ALLIANCE hatte den schlechtesten Feldaufgang.

Versuch 2003

Der Feldaufgang war sehr schwierig wegen der Trockenheit und des geringen mittleren Aufgangs (60-72 Pfl./m²) im Vergleich zum angestrebten Wert (100 Pfl./m²). Dies gilt insbesondere für Appenwihr, wo die Entwicklungsstadien der Pflanzen innerhalb eines Streifens unterschiedlich waren. Dies hat die Unkrautregulierung nicht leichter gemacht.

Allgemeine Beobachtungen am Standort Appenwihr

Der Feldaufgang war an diesem Standort außerordentlich ungleichmäßig und heterogen. Der Unkrautdruck, darunter Windenknöterich und Hederich, war stark.

An diesem Standort scheint es jedoch Bodenunterschiede zu geben: Eine Zone A, beim Weg und eine Zone B im Inneren.

Vergleicht man die Werte der Zone A mit denen der Zone B für jedes Kriterium, so scheint der Feldaufgang in Zone B schwieriger gewesen zu sein, aber auch die Standardabweichung ist größer in Zone B. Auch der Unkrautdruck scheint höher zu sein in Zone B. Die Wuchshöhe der Erbsen war in Zone A deutlich größer als in Zone B, sowohl bei Blühende als auch bei der Ernte. Es sieht so aus, als ob die Zone B etwas mehr Steine aufweist und schneller austrocknet.

Nachdem die Ernte nicht differenziert nach Zone A und B erfolgte, ist eine Aussage darüber, ob der Ertrag in Zone A höher war als in Zone B nicht möglich.

Im Übrigen gab es auf diesem Standort während der Blüte einen starken Befall mit grünen Läusen. Deshalb wurde Ende Mai/Anfang Juni mit Rotenon behandelt und intensiv beregnet. Damit konnte die Läusepopulation bis Anfang Juni stark reduziert werden.

Allgemeine Beobachtungen am Standort Sausheim

Der Unkrautdruck war im Mittel ziemlich gering. Im Block 3 war er jedoch ab Beginn der Blüte etwas stärker, was sich auch in einem etwas geringeren Ertrag im Mittel dieses Blocks 3 ausdrückte.

Während der Blüte, Ende Mai wurden grüne Läuse festgestellt, die jedoch von selbst, ohne Behandlung, wieder zurückgingen.

Vergleich der beiden Standorte

Entwicklung der Kultur

Der Unkrautdruck war in Sausheim insgesamt geringer als in Appenwahr und der Gesundheitszustand der Erbsen war besser..

Die Wuchshöhen bei Blühende und bei der Ernte waren in Appenwahr deutlich geringer als in Sausheim (minus 18 cm im Schnitt). Dies lässt sich, in diesem Jahr mit ausgeprägter Trockenheit praktisch von der Aussaat an, wohl mit dem im Vergleich zu Sausheim wesentlich steinigere und zur Austrocknung neigenden Boden (insbesondere in Zone B) von Appenwahr erklären. Die in Appenwahr ab der Blüte eingesetzte Beregnung hat nicht ausgereicht.

Das Verhältnis der Wuchshöhe bei der Ernte zu derjenigen beim Blühende (Maß für die Stängelhaltung) ist gut und in Appenwahr (0,90) nur geringfügig schlechter als in Sausheim (0,94).

Ertrag und Qualität des Ernteguts

Das Mittel der TKM liegt an beiden Standorten gleichauf, ist in diesem Trockenjahr jedoch niedriger als das des zugekauften Saatguts.

Auch die Proteingehalte der beiden Standorte liegen für die einzelnen Sorten nahe beieinander. Lediglich bei der Sorte HARDY liegt er in Appenwahr (23,4%) niedriger als in Sausheim (24,9). HARDY stand in Appenwahr jedoch in Zone B.

Der Ertrag bei 14% Feuchtigkeit (geschätzt ohne Besatz) liegt in Sausheim im Mittel (27,8 dt/ha) jedoch höher als in Appenwahr (15,9 dt/ha). Trotz eines ebenbürtigen Eiweißgehalts liegt der Proteinertrag in Sausheim im Mittel (5,5 dt/ha) über dem von Appenwahr (3,8 dt/ha). Der Proteinertrag wurde in diesem Jahr mehr vom Kornertrag als vom Eiweißgehalt beeinflusst.

Der Feuchtegehalt bei der Ernte liegt im Mittel in Sausheim (16,9%) unter dem von Appenwahr (18,4%), wo beregnet wurde und die Verunkrautung sowie der Besatz des Ernteguts stärker waren.

Die Wuchshöhe der Erbsen sowie die Verunkrautung und der Ertrag scheinen also stark vom Standort beeinflusst zu werden.

Ergebnisse nach Sorten

Nachstehend werden für jede Sorte die Merkmale angegeben, in denen sie sich von den anderen unterscheidet und die sich an beiden Standorten zeigen..

Die bezifferten Ergebnisse werden im Anhang dargestellt.

ABAQUE:

Feldaufgangsstärke und Bodenbedeckung vor der Blüte sind gut. Hingegen ist die Wuchshöhe sowohl bei Blühende als auch bei der Ernte gering und die Stängelhaltung ist schlechter als bei den anderen Sorten. Sie blüht ziemlich spät und hat eine niedrige TKM. Ihr Proteinertrag in Sausheim ist hoch, wegen des hohen Kornertrags.

ALLIANCE:

Die Bodenbedeckung vor der Blüte ist gut. Ihre Wuchshöhe bei Blühende (68-69 cm) und bei der Ernte (59-61 cm) ist an beiden Standorten ähnlich. Da sie in Appenwihr in der wüchsigeren Zone stand, scheint sie genauso hoch zu sein wie NITOUCHE, während sie in Sausheim kleiner war. Vielleicht reagiert sie auch gut auf die Beregnung. Ihre Stängelhaltung ist mittel bis unterdurchschnittlich. Sie blüht eher spät

Ihr Ertrag bei 14% Feuchte ist gut, ihre TKM gering. Da ihr Proteingehalt ziemlich niedrig liegt, ist der Eiweißertrag/ha nur durchschnittlich.

ATTIKA:

Sie sticht hervor durch ihre große Wuchshöhe bei Blühende und Ernte (90 cm in Sausheim und 71 bzw. 62 cm in Appenwihr) und ihre recht ordentliche Stängelhaltung.

Ihr Kornertrag ist recht ordentlich. Der Eiweißertrag ist jedoch nur durchschnittlich, wegen eines geringen Proteingehalts.

COSMOS:

Sie hebt sich von den anderen Sorten durch ihre niedrigere Wuchshöhe ab, sowohl beim Blühende als auch bei der Ernte; in Appenwihr (zur Austrocknung neigende Zone B) ist sie 20 cm niedriger als in Sausheim.

Sie ist früh, sowohl in der Blüte als auch in der Abreife.

Ihr Ertrag war recht niedrig. Es kann jedoch sein, dass infolge ihrer frühen Reife bis zum Erntetermin, der sich nach den spätesten Sorten richtete, Kornverluste aufgetreten sind.

DOLMEN:

Der Auflauf war sehr schlecht und ungleichmäßig. Ihre Entwicklung und Fähigkeit zur Bodenbedeckung sind schwach und die Verunkrautung bei der Blüte ist stark. Über weite Strecken der Vegetationszeit ist ihr Wuchs kriechend. Ihre Wuchshöhe bei Blühende und Ernte ist gering.

Sie blüht spät.

Ihr ertrag bei 14% Feuchte ist niedrig, im Gegensatz zum Besatz und zur Erntefeuchte, die hoch sind. Auch die TKM ist hoch.

Aus zahlreichen Gründen kann sie für den biologischen Landbau im Elsass nicht empfohlen werden.

HARDY:

Die Sorte blüht früh.

Ihr Ertrag bei 14% Feuchte und ihr Proteingehalt sind hoch. Von daher ist ihr Eiweißertrag hoch.

Es ist die Sorte, die am besten auffließt und die in der zur Austrocknung neigenden Zone B von Appenwihr mit hohem Unkrautdruck den höchsten Ertrag aufwies

LASER:

Sie ist früh in der Blüte und weist eine recht gute Stängelhaltung auf.

In Sausheim ist ihr Eiweißgehalt hoch und der Ertrag bei 14% Feuchte recht ordentlich. In der Zone B von Appenwihr ist ihr Ertrag eher schwach.

LUMINA:

In Sausheim hat ein Säfehler (ungenügende Bodenbedeckung) zu einem schlechten Auflauf geführt. Die Ergebnisse von diesem Standort sind deshalb nicht repräsentativ und kaum vergleichbar mit den anderen Sorten.

In der Zone A von Appenwihr ist sie gut aufgelaufen. Die Verunkrautung zu Beginn der Blüte war gering und die Stängelhaltung scheint gut zu sein. Auf diesem Standort war ihr Ertrag eher gut und der Besatz ziemlich gering. Sie blüht früh.

METAXA:

In der austrocknenden Zone B von Appenwihr waren ihr Aufgang und vor allem die Bodenbedeckung sehr schlecht. Die Verunkrautung war dort deshalb stark und der Ertrag schlecht. In Sausheim war die Bodenbedeckung dagegen sehr gut und die Verunkrautung bei Blühbeginn gering. Zu Ende der Blüte und bei der Ernte ist sie sehr hoch.

Sie scheint recht spät zu blühen.

Ihr Eiweißgehalt war in Sausheim ziemlich niedrig.

NITOUCHE:

Ihr Feldaufgang und ihre Jugendentwicklung sind gut, die Verunkrautung zu Beginn der Blüte ist gering. Ihre Wuchshöhe ist bei Blühende und Ernte groß, die Stängelhaltung eher gut.

Ihr Eiweißgehalt ist eher hoch und ihr Ertrag mittel bis hoch. Ihr Eiweißertrag ist von daher hoch

RIALTO:

Sie entwickelt sich recht gut und weist bei der Ernte eine recht große Wuchshöhe auf. Sie blüht früh.

Ihr Ertrag ist dagegen ziemlich bescheiden.

Tab. 63: Übersicht der Sortenergebnisse Erbse, Sausheim/Appenwihr 2003

Sorte	Auflaufdicke	Jugendentwicklung	Bodenbedeckung	Verunkrautung bei Blühbeginn	Blühbeginn	Wuchshöhe bei Ende der Blüte	Wuchshöhe bei der Ernte	Stängelhaltung	TKM bei 14% Feuchte	Ertrag bei 14% Feuchte	Eiweißgehalt	Eiweißertrag
Abaque	+		++		½ T	-	-	-	++	+ ?		
Alliance			++		T			-	++	+ ?	-	
Attika					P	++	++				-	
Cosmos					P	-	-			- ?		
Dolmen	-	-	-	-	T	-	-		-	- ?		
Hardy					P			+		+ ?	++ ?	++ ?
Laser					P			+		+ ?	+ ?	+ ?
Lumina	+ ?			+ ?	P ?			+ ?		+ ?		
Metaxa			++ ?	+ ?	P	++ ?	++ ?				- ?	
Nitouche	+	++	+	++	P	+	++			+ ?	++	++ ?
Rialto	-	+			P		+			- ?		

Zeichenerklärung: ++ = gut

+ = ordentlich

- = schlecht

P = früh, T = spät

? = zu bestätigen

4.4.2 Weiße und Schmalblättrige Lupine

Die Sortenversuche mit Lupinen erfolgten schwerpunktmäßig in der Schweiz über 3 Jahre und an mehreren (ökologischen und konventionellen) Standorten. Im Jahr 2003 wurden zusätzlich Versuche im Elsass und im deutschen Oberrheingebiet durchgeführt. Aufgrund der außergewöhnlich heißen und trockenen Witterung dieses Jahres sind jedoch die Ergebnisse aus Deutschland und Frankreich nur begrenzt übertragbar.

4.4.2.1 Schweizer Sortenvergleiche 2002 – 2004

Bestandesentwicklung

Im **Jahr 2002** präsentierten sich beide Lupinenarten sehr gut. In Wil verursachte ein Gewitter am 12. Mai eine Abschwemmung von Feinerde aus einem höher gelegenen, benachbarten Feld in den Lupinenversuch. Die Lupinen wurden nicht sichtbar geschädigt. Die abgelagerte Feinerde unterdrückte das Unkraut, sodass bis zur Ernte die Unkrautdicke sehr gering war (trotz Verzicht auf Herbizid, da biologischer Anbau). In Thun und Möhlin führten heftige Regengüsse zu einer starken Lagerung der Bestände der schmalblättrigen Lupine, wobei sich die Pflanzen sortenabhängig bis zur Ernte teilweise wieder aufrichteten. Bei den weißen Lupinen konnten sich die Bestände in Möhlin bis zur Ernte nicht mehr richtig aufrichten. Die schmalblättrige Lupine begann ungefähr Mitte Juni zu blühen, die weiße Lupine einige Tage später.

Im **Jahr 2003** entwickelten sich die Bestände dank den hohen Temperaturen viel schneller als in anderen Jahren. Entsprechend früh waren die Erntetermine. Die große Trockenheit schadete den Lupinen optisch nicht. Es traten keine relevanten Krankheiten oder Schädlinge auf. Allerdings war vor allem bei den unverzweigten Sorten der schmalblättrigen Lupine zu beobachten, dass die Pflanzen ungefähr in der Mitte abknickten. Dies, obwohl kein größeres Gewitter niederging, das diese starke Schädigungen erklären konnte. Bei den verzweigten Sorten war eine normale sortenabhängige Lagerung zu beobachten. Die weißen Lupinen lagerten nicht. In diesem sehr heißen und trockenen Jahr blühten beide Lupinenarten bereits Ende Mai.

Auch im **Jahr 2004** entwickelten sich die Bestände der schmalblättrigen Lupinen gut. Es wurden keine Versuche mit weißen Lupinen angelegt. Auf dem biologischen Standort in Wil trat nach der Lupinen-Blüte eine Spätverunkrautung auf (v.a. *Chenopodium album*). Die schmalblättrige Lupine begann anfangs Juni zu blühen. Aufgrund der häufigen Gewitter lagerten die Lupinen sortenabhängig sowohl in Wil wie auch in Möhlin, die Pflanzen konnten sich aber teilweise wieder aufrichten. Es traten keine Krankheiten auf. In Wil verursachten Hasen im Jugendstadium der Lupinen einige Schäden.

Pflanzendichte aufgrund Zählung

Die von den Züchtern angegebenen Pflanzendichten konnten in der Regel gut erreicht werden. In Changins wurden die Pflanzendichten nicht ausgezählt. Die detaillierten Werte finden sich im Anhang E.

Pflanzenhöhe zu Ende der Blüte

Die **weißen Lupinen** erreichten in den Jahren 2002 und 2003 in der Nordschweiz Pflanzenhöhen von ungefähr 80 cm. In Changins waren die Pflanzen kürzer. Dieser Standorteffekt war auch bei den schmalblättrigen Lupinen zu beobachten.

Die Pflanzenhöhe der **schmalblättrigen Lupinen** bewegte sich sorten- und standortabhängig zwischen 38 cm (ARABELLA, Changins 2002) und 85 cm (BOREGINE, Möhlin 2004) bei den verzweigten Sorten. Bei den unverzweigten Sorten wies die Sorte BORWETA in Changins im Jahr 2002 mit 41 cm den kürzesten Wuchs auf, den längsten Wuchs zeigte die Sorte BORUTA mit 85 cm in Möhlin im Jahr 2004. Allgemein bewegen sich die Pflanzenhöhen der verzweigten Sorten um die 70 cm, diejenige der unverzweigten Sorte um die 65 cm. Die detaillierten Werte finden sich im Anhang D und E.

Lager

Im Jahr 2002 lagerten die **weißen Lupinen** in Möhlin sehr stark. Im Gegensatz zu den schmalblättrigen Lupinen konnten sie sich bis zur Ernte nicht mehr aufrichten. Die Ernte war an diesem Standort entsprechend erschwert, da ein Teil der Pflanzen stark auf den Boden gedrückt war (vgl. Tab. 64). An den zwei übrigen Standorten traten keine Probleme mit der Standfestigkeit auf. Im Jahr 2003 lagerten die zwei Sorten AMIGA und FORTUNA auf dem einzigen Versuchsstandort in



Foto 7: Sortenvergleich schmalblättrige Lupinen in Wil im Jahr 2004

Möhlin nicht.

Schmalblättrige Lupinen neigen sortenabhängig zu Lager, wie die Tab. 64 zeigt. Die unverzweigten Sorten BORWETA, SONET und PRIMA zeigten sich über alle Jahre als sehr standfest. Bei den mehrjährig geprüften verzweigten Sorten erwiesen sich die Sorten BOLIVIO, BORA und BORLU als standfest. Eine ungenügende Standfestigkeit zeigten in unseren Versuchen die Sorten BARON, BORDAKO, BOREGINE wie auch die unverzweigte Sorte BORUTA. Die Versuche zeigten, dass sich die Wahl einer standfesten Sorte lohnt, zumal auch solche Sorten zur Verfügung stehen.

Die Versuche zeigten auch, dass die Standfestigkeit abgesehen von der Sorte auch vom Anbaujahr und dem Standort abhängt.

Tab. 64: Boniturnoten der Lagerung der verschiedenen Sorten der schmalblättrigen und weißen Lupine an den verschiedenen Versuchsstandorten der Jahre 2002-2004 als Mittelwert der vier Wiederholungen

	2002				2003		2004	
	Thun	Möhlin	Wil	Changins	Möhlin	Möhlin	Wil	
Weißer Lupine (<i>Lupinus albus</i>)								
Amiga		7.5	1.0	1.0	1.0			
Fortuna		6.9	2.0	1.0	1.0			
Bardo		6.0	1.0	1.0				
Schmalblättrige Lupine (<i>Lupinus angustifolius</i>)								
Verzweigte Sorten								
Aniska					4.0			
APR_82					5.3			
Arabella	8.5	1.4	1.0	3.0	2.5	5.0	3.3	
Baron						6.0	5.0	
Bolivio	4.3	1.1	1.0	1.8	1.8	3.3	3.3	
Boltensia	6.0	5.8	1.0	2.0	7.8	2.5	3.3	
Bora	4.3	1.1	1.0	2.0	2.3	1.3	2.8	
Bordako	8.3	6.9	1.0	2.0	8.3			
Boregine					6.3	4.5	4.8	
Borlana	6.3	2.5	1.0	1.3	6.0	4.8	3.3	
Borlu	4.0	1.0	1.0	2.5	7.3	1.3	1.8	
Idefix						2.0	1.3	
Rose						3.5	3.8	
Vitabor						2.3	3.0	
V6-1						4.3	3.5	
Unverzweigte Sorten								
Borweta		1.0	1.0	1.0	7.8			
Sonet		1.0	1.0	1.0	6.8	3.3	2.5	
Boruta	6.0	3.0	1.0	1.0	6.5	5.5	6.0	
Prima					7.5	2.0	2.0	

Wiederaustrieb

Die verzweigten Wuchstypen der **schmalblättrigen Lupine** können bei Regenfällen nach der Blüte nochmals austreiben. Die Gefahr eines Wiederaustriebes ist sortenabhängig unterschiedlich. In den total 7 Versuchen während der drei Jahren war auf 4 Standorten Wiederaustrieb zu beobachten. Als eher anfällig für Wiederaustriebe hat sich von den dreijährig geprüften Sorten vor allem die Sorte BOLIVIO erwiesen. Die Sorten ARABELLA und BORA trieben in den drei Versuchsjahren nur gering aus. Bei den anderen verzweigten Sorten ist die Stärke des Wiederaustriebes von Jahr zu Jahr verschieden. Die unverzweigten Sorten treiben aufgrund des determinierten Wuchses nie aus. Es kam bei keiner Sorte zu Problemen bei der Ernte.

Die **weißen Lupinen** haben in unseren Versuchen keine Wiederaustriebe gezeigt.

Die detaillierten Werte finden sich im Anhang.

Kornausfall

Schmalblättrige Lupinen haben im Allgemeinen sehr platzfeste Hülsen. Wenn Hülsen aufspringen, bleiben die Körner oft in den Hülsen hängen. Ertragsverluste sind daher wenig zu befürchten. Eine visuelle Bonitur zeigte, dass die Sorten BOLIVIO, BORUTA und BOREGINE nicht ganz platzfeste Hülsen aufwiesen. Bei den restlichen Sorten waren ebenfalls zu einem geringen Prozentsatz ausgefallene Körner auszumachen, die Sortenunterschiede waren allerdings gering.

Bei den **weißen Lupinen** wurde kein Kornausfall beobachtet.

Die detaillierten Werte finden sich im Anhang.

Krankheiten und sonstige Schadfaktoren

Auf dem Bio-Standort in Wil wurde im Jahr 2002 bei den **weißen Lupinen** während der Blüte in den Parzellen der Sorte AMIGA einige durch die Anthraknose primär infizierte Pflanzen festgestellt. Die folgende Sekundärinfektion befiel auch die Sorten FORTUNA und BARDO, allerdings zu einem späteren Zeitpunkt, sodass bei diesen Sorten nicht mit einer Ertragsreduktion zu rechnen war. Auf den zwei anderen Versuchsstandorten wurden keine Krankheiten festgestellt.

Bei den **schmalblättrigen Lupinen** wurden keine relevanten Krankheiten festgestellt. Vereinzelt waren welke Pflanzen zu finden, der Erreger war eine Fusarium-Art. Im Jahr 2004 war auf dem Biostandort in den Randparzellen Anthraknose und Botrytis zu finden. Diese Krankheiten waren offensichtlich durch das im Saatguthandel eingekaufte Bio-Saatgut der Sorte PRIMA eingeschleppt worden. Die Krankheiten schienen die Pflanzen im Versuch nicht relevant beeinflusst zu haben.

Größere Probleme verursachten Hasen und Rehe. Sie fraßen vor allem die Haupttriebe der jungen Lupinenpflanzen, sowohl bei weißen wie auch bei schmalblättrigen Lupinen. Die Schäden waren aber meist flächenmäßig begrenzt, die Lupinen reagierten mit einem Kompensationswuchs.

Ernte und Ertrag

Feuchtigkeit bei Ernte

Die **weißen Lupinen** konnten im Jahr 2002 bei etwas weniger als 20% Feuchtigkeit im Korn geerntet werden. Im trockenen Sommer 2003 lagen die Feuchtigkeitsgehalte bei sehr niedrigen 13%.

Die Versuche mit **schmalblättrigen Lupinen** wurden meist bei einer Kornfeuchtigkeit von 20-30% Wassergehalt geerntet. Aus diesem Grund war eine Nachtrocknung an der FAL zwingend und wurde auch durchgeführt. Lupinen könnten sicherlich bei trockeneren Bedingungen geerntet werden, das Abwarten des optimalen Zeitpunktes war aber im Rahmen der anderen an der FAL anstehenden Feldarbeiten nicht immer möglich. Zudem waren die Sorten nicht alle zum selben Zeitpunkt reif, mussten aber am selben Tag geerntet werden. Die genauen Werte des Wassergehaltes im geernteten Korn der einzelnen Sorten in den einzelnen Jahren finden sich im Anhang.

Kornerträge

Bei den **weißen Lupine** war das Ertragsniveau im Jahr 2002 stark vom Standort abhängig. In Wil wurden Erträge um die 37 dt/ha realisiert, in Möhlin um die 29 dt/ha und in Changins Erträge von nur ungefähr 24 dt/ha. Die Sorten unterschieden sich im Ertrag nur geringfügig, wie die Tab. 65 zeigt. Im Jahr 2003 wurden nur die zwei Sorten AMIGA und FORTUNA in Möhlin angebaut, die Erträge in diesem heißen und trockenen Jahr lagen bei 32 dt/ha.

Im Durchschnitt aller Sorten und Standorte lagen die Lupinenerträge der **schmalblättrigen Lupine** bei 26 dt/ha. Bei den dreijährig geprüften Sorten ARABELLA, BOLIVIO, BOLTENSIA, BORRA, BORLANA, BORLU, SONET, BORUTA sowie SONET war die Sorte BORLU mit einem durchschnittlichen Ertrag von 27.9 dt/ha die ertragsstärkste Sorte (vgl. Tab. 65). Die Sorten BOLIVIO und SONET waren mit 26.9 dt/ha ebenfalls ertragsstark. Die Sorte ARABELLA war mit einem Durchschnittsertrag von 23.4 dt/ha die ertragsschwächste Sorte des dreijährig geprüften Sortiments. Wie die statistische Auswertung zeigt, unterscheiden sich nur wenige Sorten bezüglich ihres Ertrages statistisch voneinander. Im Jahr 2004 brachte die dänische Linie V6-1 in Möhlin ausgezeichnete 40 dt/ha. Allgemein waren die Erträge in Möhlin im Jahr 2004 sehr hoch. An beiden Versuchsstandorten des Jahres 2004 brachte die Sorte BARON die schlechtesten Erträge. Die neu geprüfte Sorte VITABOR scheint ebenfalls ertragsschwach zu sein. Die Sorten IDEFIX, ROSE und PRIMA bewegen sich im ertraglichen Mittelfeld aller Sorten.

Tab. 65: Kornträge der einzelnen Sorten in dt/ha (13% H₂O) an den verschiedenen Versuchstandorten als Mittelwert aus 4 Wiederholungen Mittelwerte des Ertrages einer Art auf einem Standort mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant im t-Test auf dem 5%-Niveau)

Sorte	2002				2003	2004		Mittelwert
	Thun	Möhlin	Wil	Changins	Möhlin 03	Möhlin 04	Wil 04	
Weißer Lupine (<i>Lupinus albus</i>)								
Amiga		28.8 a	39.1 a	22.3 a	32.7 a			
Bardo		28.1 a	36.0 a	22.5 a				
Fortuna		30.3 a	36.8 a	25.4 a	31.9 a			
Schmalblättrige Lupine (<i>Lupinus angustifolius</i>)								
Verzweigte Sorten								
Aniska					21.6 ab			
APR_82					18.5 abc			
Arabella	15.0 ed	27.8 ab	22.1 b	22.5 abc	16.3 bcd	29.4 cdef	30.9 abcdef	23.4
Baron						23.2 f	25.3 h	24.2
Bolivio	21.8 ab	29.2 ab	26.2 a	24.4 ab	19.9 abc	32.8 abcde	34.0 a	26.9
Boltensia	19.2 bc	28.0 ab	24.1 ab	23.4 abc	17.9 abc	33.4 abcde	30.4 bcdef	25.2
Bora	22.5 ab	26.7 b	23.9 ab	20.1 bc	20.7 ab	37.7 ab	31.6 abcde	26.2
Bordako	12.3 e	26.9 b	23.0 ab	22.4 abc	14.2 cd			19.8
Boregine					11.3 d	35.7 abc	29.8 cdef	25.6
Borlana	17.5 cd	26.9 b	26.2 a	23.5 abc	19.7 abc	35.8 abc	31.3 abcdef	25.8
Borlu	23.6 a	29.2 ab	25.3 ab	22.4 abc	22.9 a	38.3 ab	31.5 abcde	27.6
Idefix						27.2 ef	33.2 ab	30.2
Rose						34.9 abcde	32.1 abcd	33.5
V6-1						40.4 a	32.5 abc	36.5
Vitabor						30.0 cdef	28.0 fgh	29.0
Unverzweigte Sorten								
Boruta	23.5 a	27.8 ab	24.6 ab	23.6 abc	17.5 abcd	28.0 def	25.7 gh	24.4
Boreweta		28.8 ab	23.0 ab	18.5 c	16.9 abcd			21.8
Sonet		30.7 ab	23.5 ab	27.5 a	19.4 abc	32.1 bcde	28.3 efgh	26.9
Prima					18.2 abc	33.3 abcde	29.0 defg	26.8

Proteingehalte und Proteinerträge

Die Proteingehalte lagen in den Jahren 2002 und 2003 bei den **weißen Lupinen** bei ungefähr 40% (vgl. Tab. 66). Damit sollten im Durchschnitt mit weißen Lupinen Rohproteinerträge von 10 dt/ha realisierbar sein.

Die Proteingehalte der **schmalblättrigen Lupinen** schwankten in den drei Jahren standort- und sortenabhängig zwischen 32 und 42 % der Trockensubstanz, wie die Tab. 66 zeigt. Im Durchschnitt wiesen die Sorten einen Proteingehalt in der Trockensubstanz von 37% auf. Von den dreijährig geprüften Sorten waren die Sorte BORLU und BORUTA mit durchschnittlich 38% Proteingehalt die proteinreichsten Sorten. Aber auch BOLIVIO gehörte mit fast 38% zu den proteinreichen Sorten. Die zwei unverzweigten Sorten SONET und PRIMA waren mit knapp 35% deutlich proteinärmer als die verzweigten Sorten. Die zwei erst im Jahr 2004

geprüften Sorten BARON und IDEFIX wiesen ebenfalls Proteingehalte von knapp über 38% auf. Die zwei dänischen Sorten ROSE und V6-1 sind als eher proteinarm einzustufen.

Tab. 66: Proteingehalt in Prozent der Trockensubstanz der verschiedenen Sorten an den Versuchsstandorten

Sorte	2002				2003	2004		min.	max.
	Thun	Möhlin	Wil	Changins	Möhlin	Möhlin	Wil		
Weißer Lupine (<i>Lupinus albus</i>)									
Amiga		41.1	40.5	40.8	40.1				
Bardo		41.0	40.2	41.0	-				
Fortuna		41.3	40.4	39.6	39.2				
Schmalblättrige Lupine (<i>Lupinus angustifolius</i>)									
Verzweigte Sorten									
Aniska					35.4				
APR_82					34.3				
Arabella	39.4	39.1	34.1	39.4	36.0	36.8	36.7	34.1	39.1
Baron						38.9	37.7		
Bolivio	38.6	37.0	35.4	40.1	36.5	39.2	38.5	35.4	40.1
Boltensia	37.0	36.4	33.7	38.3	36.5	37.0	36.8	33.7	38.3
Bora	37.1	37.2	34.9	37.1	35.5	37.2	35.1	34.9	37.2
Bordako	37.1	37.5	32.9	38.6	35.2			32.9	38.6
Boregine					35.9	35.0	36.0	35.0	36.0
Borlana	37.5	36.6	34.4	39.7	34.0	36.9	35.4	34.0	39.7
Borlu	37.7	37.3	37.3	41.8	36.1	39.5	38.3	36.1	41.8
Idefix						38.6	37.4		
Rose						35.8	35.9		
V6-1						35.2	35.5		
Vitabor						38.2	35.9		
Unverzweigte Sorten									
Boruta	40.3	38.7	35.4	41.1	37.3	37.9	37.1	35.4	41.1
Borweta		35.4	32.3	33.7	34.8			32.3	35.4
Sonet		36.3	32.3	34.6	34.1	35.7	34.6	32.3	36.3
Prima					33.6	34.8	34.0	33.6	34.8

Die höchsten Proteinträge sind aufgrund unserer dreijährigen Versuchsergebnisse mit den Sorten BORLU und BOLIVIO zu erreichen. Mit diesen zwei Sorten sollten im Durchschnitt Rohproteinträge von 9 dt/ha realisierbar sein. Mit der unverzweigten Sorte SONET ist aufgrund ihres geringeren Proteingehalts nur mit 8 dt/ha zu rechnen. Im ertragsstarken Jahr 2004 hat die Linie V6-1 auf die Hektar hochgerechnet den ausgezeichneten Rohproteintrag von 11 dt/ha gebracht.

Der Rohproteingehalt der drei Sorten der weißen Lupine liegt somit etwas höher als der Durchschnitt der schmalblättrigen Lupine. An einzelnen Standorten konnten aber mit bestimmten Sorten der schmalblättrigen Lupine dieselben Rohproteingehalte erreicht werden wie mit weißen Lupinen.

4.4.2.2 D-Buggingen, 2003

Tab. 67 und Tab. 68 zeigen die Mittelwerte der erhobenen Parameter mit Signifikanztests im Überblick. Bei der Weißen Lupine hatte die in diesem Versuch zusätzlich durchgeführte Saatgutbehandlung zur Anthraknosebekämpfung keinen erkennbaren Effekt auf die Parameter, so dass hier 9 Parzellen je Sorte (3 Blöcke x 3 Behandlungen) ausgewertet wurden. Demgegenüber gab es bei der Schmalblättrigen Lupine – obwohl keine Anthraknose auftrat – zahlreiche Interaktionen zwischen Sorte und Behandlung, weshalb für die Sortenbewertung nur die nicht behandelten Varianten (3 Parzellen je Sorte) ausgewertet wurden. Signifikante Effekte wurden farblich hervorgehoben, einzelne Werte können anhand der Grenzdifferenzen verglichen werden.

Bestandesentwicklung

Der Feldaufgang beider Lupinenarten erfolgte etwa am 13.04.2003 und lag je nach Sorte zwischen 66% und 100% (bezogen auf keimfähige Körner). Offenbar gab es hier bereits Unterschiede bei der Triebkraft des Saatgutes. Die Bestandesdichte zur Ernte lag bei den Weißen Lupinen mit 55-71 Pfl./m² etwa im anzustrebenden Bereich, während sie für die Schmalblättrigen Lupinen (und besonders für die unverzweigten Sorten) mit 64-89 Pfl./m² zu gering war.

Auch der Blühbeginn aller Sorten lag etwa zeitgleich um den 22.05.2003. Limitierend für Entwicklung und Ertragsbildung war der Extremsommer 2003 mit Tageshöchsttemperaturen von Juni bis August zwischen 30 und 40°C und mangelnden Niederschlägen. Es wurden zwar 110 mm geregnet, aber erst ab dem 04.06., nachdem am 02.06. bereits an allen Sorten Blütenverluste festgestellt worden waren (mittlere Etage zwischen bereits angesetzten Hülsen und neuen Blüten). Zudem war der Boden relativ tonig und wies einen pH von 7,2 auf. Auch wenn keine Chlorosen auftraten, kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Lupinenwachstum beeinträchtigt wurde.

Sorteneigenschaften

Bei den Weißen Lupinen entwickelten sich die Sorten relativ einheitlich. Die größte Bestandeshöhe erreichten AMIGA und ARÈS (62 bzw. 61 cm), wobei AMIGA mit 85% auch die größte Bodendeckung erreichte. Der Anteil geplatzter Hülsen bei Ernte wurde zwar geschätzt, war jedoch mit 0,7% - 3,4% gering und vermutlich nur auf die extreme Trockenheit zurückzuführen, da Weiße Lupinen als sehr platzfest gelten.

Tab. 67: Ergebnisse im Sortenversuch Weiße Lupine, D-Buggingen 2003

Sorte	Bestandesdichte		Parameter am 05.06.			Ertrag und Ertragskomponenten								
	Feldaufgang %	Bestand bei Ernte Pfl./m ²	Höhe cm	Boden- deckung %	Unkraut- Bonitur ³ (1-5)	Ertrag (w=14%) dt/ha	Anteil ge- platzter Hülsen %	Hülsen/Pfl.	Körner/Hülse	TKM (w=14%) g	Prot.geh. (TM) %	Proteintrag dt/ha	Strohtr. (TM) dt/ha	Stroh-N kg/ha
Amiga	91	70	62	85	2,5	20	1,6	4,2	3,4	309	36,8	6,2	21,1	16,2
Arès	103	71	61	77	3,3	18,4	1,4	3,6	2,9	320	38,5	6	18,7	15,8
Fortuna	89	55	53	76	3,3	12,6	2,3	4,1	3	276	38,6	4,1	15,9	14,8
Lublanc	80	58	57	71	3,8	14,7	0,7	4,1	2,4	282	37,7	4,6	17,2	13,9
Rondo	86	66	54	78	3,2	14,7	1,4	3,6	2,7	311	37,3	4,7	15,9	12
Fabiola	80	61	50	69	4,2	12,7	3,4	3,2	3,2	246	37,7	4	13,3	10,6
F-Test ¹	2,59*	2,92*	12,68***	2,6*	11,8*	2,25	2,02	1,93	3,86**	7,02***	0,99	2,38	3,61**	4**
Grenzdifferenz ²	14,9	10,4	3,7	10,2		5,8	1,9	0,8	0,5	30,2	2	1,7	4	3,2

¹ Signifikanzniveaus: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001) ² t-test ($\alpha=5\%$) ³ H-Test (Rangvarianzanalyse), ohne 1. Wdh. (da zuvor von Hand gejätet)

Tab. 68: Ergebnisse im Sortenversuch Schmalblättrige Lupine, D-Buggingen 2003

Sorte	Bestandesdichte		Parameter am 05.06.			Ertrag und Ertragskomponenten								
	Feldaufgang %	Bestand bei Ernte ³ Pfl./m ²	Höhe cm	Boden- deckung %	Unkraut- Bonitur ⁴ (1-5)	Ertrag (w=14%) dt/ha	Hülsen/Pfl.	Körner/Hülse	TKM (w=14%) g	Prot.geh. (TM) %	Proteintrag dt/ha	Strohtr. (TM) dt/ha	Stroh-N kg/ha	
Bolivio	71	78	52	72	2,5	14,3	6,9	3,9	133	33,2	4,1	18,8	13,2	
Bordako	90	89	49	43	3,5	8,3	3,7	3,8	136	31,2	2,2	12,4	11,1	
Borlu	84	80	57	62	3	15,3	4,6	4,9	136	32,4	4,3	20	15,3	
Boruta	66	64	41	32	3,5	3,7	4,6	3,7	99	33,4	0,9	5,9	4,9	
Borweta	96	84	35	48	4,5	10,5	5,3	3,5	92	31,2	2,8	11,1	7,8	
Sonet	89	82	35	62	2,5	9,6	4,6	2,8	132	33,4	2,7	10,6	6,7	
F-Test ¹	3,9*	0,77	17,83***	6,43**	7,58	9,14**	3,19	20,92***	6,68**	0,26	9,28**	8,53**	6,71**	
Grenzdifferenz ²	18,6	30,3	6,9	18,2		4,4	1,9	0,5	24,4	6,4	1,3	5,8	4,9	

¹ Signifikanzniveaus: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001) ² t-test ($\alpha=5\%$) ³ Saattiefe sortenabhängig ⁴ H-Test (Rangvarianzanalyse), ohne 1. Wdh. (da zuvor von Hand gejätet)

Bei den Schmalblättrigen Lupinen sind unverzweigte Sorten allgemein kleiner im Wuchs und bedecken den Boden schwächer, weshalb höhere Bestandesdichten erforderlich sind, um gute Erträge zu liefern. Zudem sind sie früher reif als verzweigte Sorten. Folgende Eigenschaften wurden beobachtet:

Schmalblättrige Lupine, verzweigte Sorten (BOLIVIO, BORDAKO, BORLU):

- BOLIVIO: gute Massenbildung und Bodendeckung
- BORDAKO: sehr schwache Entwicklung (eventuell höhere Empfindlichkeit gegen hohen Boden-pH), kurz vor Ernte starke Kornausfallverluste (Trockenheit)
- BORLU: gute Massenbildung und hoher Wuchs für Schmalblättrige Lupine (57 cm)

Schmalblättrige Lupine, unverzweigte Sorten (BORUTA, BORWETA, SONET):

- BORUTA: ungenügende Bestandesdichte (64 Pfl./m²)
- BORWETA: späte Abreife (Ernte zusammen mit verzweigten Sorten)
- SONET: zügige Entwicklung, gute Bodendeckung für unverzweigte Sorte

Artenmischungen

Am 19.05. wurde nach optischem Eindruck noch eine gleichmäßige Gewichtung der Mischungspartner im Bestand beobachtet. Im späteren Entwicklungsverlauf wurden die Schmalblättrigen zunehmend durch die Weißen Lupinen unterdrückt. Schließlich ließen die früher reifen und weniger platzfesten Hülsen der Schmalblättrigen Lupine praktisch keine gemeinsame Ernte zu. Der Mischbau dieser beiden Arten erscheint daher als nicht erfolgversprechend.

Krankheiten und sonstige Schadfaktoren

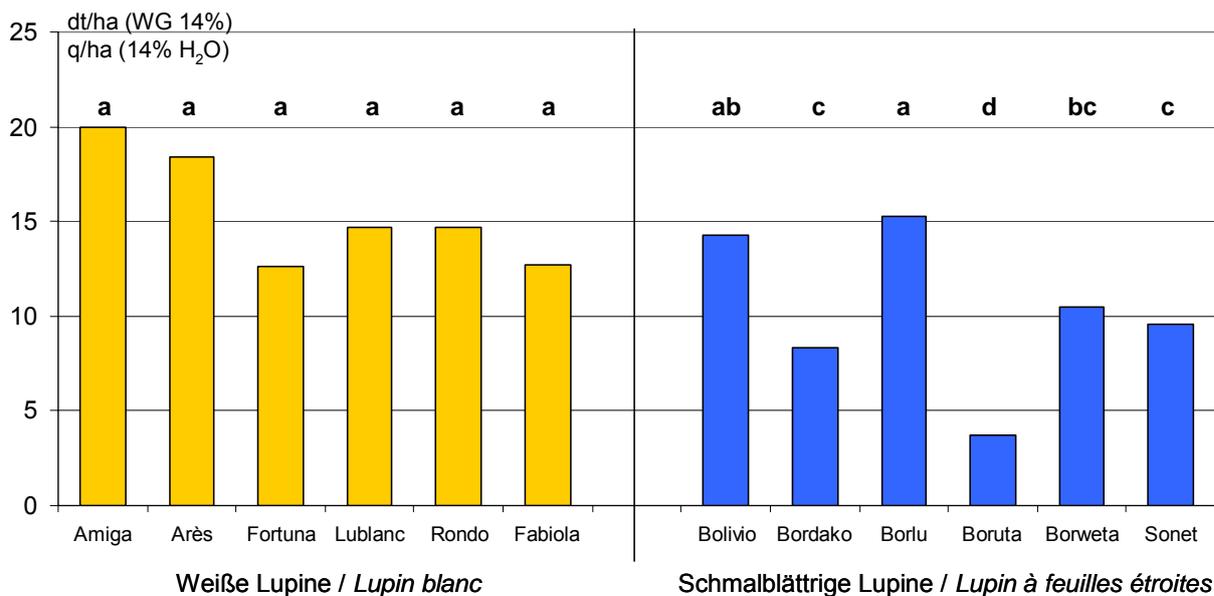
Neben der extremen Witterung war vor allem die starke Verunkrautung problematisch. Der Striegeleinsatz erfolgte zu spät und war daher nicht mehr wirksam gegen die Leitunkräuter Ackerkratzdistel, Weißer Gänsefuß, Graugrüne Borstenhirse und Zurückgekrümmter Amaranth.

Zwar gab es aufgrund unterschiedlicher Konkurrenzkraft der Bestände zunächst Unterschiede, aber bis zur Ernte waren alle Bestände stark verunkrautet.

Ernte und Ertrag

Die Ernte erfolgte am 07.07. (BORUTA und SONET), 17.07. (restliche Schmalblättrige Lupinen) und 20.08. (Weiße Lupinen). Die aus dem Parzellendrusch ermittelten Erträge unterlagen großen Schwankungen, da die Druschproben zur Berechnung von Erntefeuchte und Unkrautbesatz aufgrund der extremen Verunkrautung nicht repräsentativ entnommen werden konnten.

In Tab. 67, Tab. 68 und Abb. 21 sind daher die aus den Probeschnitten ermittelten Erträge dargestellt. Bei den Weißen Lupinen wurden trotz deutlicher Tendenzen keine signifikanten Unterschiede festgestellt, bei den Schmalblättrigen Lupinen hingegen schon. Das Ertragsniveau war bei den Weißen Lupinen höher. Dies muss vor dem Hintergrund der Bestandesdichten sowie der späten Beregnung gesehen werden, die bei der längeren Vegetationsdauer der Weißen Lupine vermutlich noch eher ertragswirksam war.



Erträge mit gleichen Buchstaben innerhalb einer Lupinen-Art unterscheiden sich nicht signifikant

Abb. 21: Erträge Weißer und Schmalblättriger Lupinen im Sortenversuch D-Buggingen, 2003

Ertragsaufbau

Bei beiden Arten korrelierte der Kornertrag vor allem mit dem Strohertrag (Weiße Lupine: $r = 0,91^{***}$, Schmalblättrige Lupine: $r = 0,80^{***}$). Dies macht die Notwendigkeit einer ausreichenden vegetativen Entwicklung deutlich. Darüber hinaus korrelierten die Erträge der Weißen Lupine mit Bestandesdichte ($r = 0,58^{***}$), Tausendkornmasse ($r = 0,58^{***}$) und Hülsen/Pflanze ($r = 0,40^{**}$) und die Erträge der Schmalblättrigen Lupine mit den Körnern/Hülse ($r = 0,58^*$). Jedoch waren diese Zusammenhänge bei Betrachtung der Sortenmittelwerte kaum zu erkennen.

Aufgrund der ungünstigen Wuchsbedingungen (Trockenheit, Unkraut) dürften die häufig geringen Bestandesdichten in vielen Fällen ertragsbegrenzend gewesen sein. Besonders bei den Schmalblättrigen Lupinen könnte eine unterschiedlich erfolgreiche Kompensation der geringen Bestandesdichten durch erhöhte Kornzahlen je Pflanze zu Ertragsunterschieden bei den Sorten geführt haben.

Der Proteingehalt in der Korn-Trockenmasse lag in diesem Versuch bei 37,8% für Weiße Lupine und 32,5% für Schmalblättrige Lupine, jeweils ohne signifikante Unterschiede zwischen den Sorten einer Art.

4.4.2.3 F-Sausheim und F-Herbsheim, 2003

Allgemeine Beobachtungen

Die große Trockenheit dieses Jahres, insbesondere zu Beginn der Vegetationszeit, hat den Feldaufgang sehr erschwert und zu folgenden Mittelwerten geführt:

- Schmalblättrige Lupine: 50% Feldaufgang 1 ½ Monate nach der Saat
- Weiße Lupine: 65% Feldaufgang in Sausheim und nur 23% in Herbsheim fast zwei Monate nach der Saat

Die im Vergleich zur empfohlenen Dichte geringe Feldaufgangsstärke hat die Konkurrenz- kraft der Kultur gegenüber den Unkräutern reduziert. Dabei ist dies schon ein schwacher Punkt dieser Kultur. Darüber hinaus hat der verzettelte Aufgang der Weißlupinen (mit infol- gedessen unterschiedlichen Entwicklungsstadien zu einem Zeitpunkt) die Unkrautbekämp- fung erschwert: Dadurch besteht ein erhöhtes Risiko, empfindliche Pflanzen zu zerstören.

Die Trockenheit und die große Hitze haben auch zum Abgang zahlreicher Blüten geführt, insbesondere bei den schmalblättrigen Lupinen.

Auswertungsergebnisse Schmalblättrige Lupinen

a) Vergleich der Ergebnisse zwischen zwei Versuchsstandorten der Schmalblättrigen Lupine

Kulturentwicklung (s. Tab. im Anhang)

Schwierigkeiten mit dem Feldaufgang und Heterogenität in Herbsheim

Betrachtet man die an beiden Standorten vertretenen Sorten (BOLTENSIA also ausgenom- men), so ist die Feldaufgangsrate in Sausheim mit 52% größer als in Herbsheim (41%), da BORLU und BORUTA in Sausheim besser aufliefen als in Herbsheim.

In Herbsheim ist der Boden sandiger (42% höherer Sandanteil) und steiniger. Es sieht je- doch so aus, das der Steinanteil nicht gleichmäßig über den Schlag verteilt ist: Die in der Mitte gelegene Zone B (s. Abb. 4 im Anhang) ist steiniger, neigt eher zur Austrocknung und ist weniger wüchsig als die näher am Weg gelegene Zone A. Die Unkrautdichte ist dagegen in Zone A höher als in Zone B. Die beiden in der Zone B gelegenen Sorten BORUTA und BO- LIVIO weisen die niedrigste Feldaufgangsrate (rund 30%) auf.

Diese Unterschiede waren bei der Saat nicht besonders auffällig. Die Verteilung der Sorten erfolgte zufällig, wobei zunächst die schmalblättrigen und anschließend die weißen Lupinen gesät wurden, um mit dem Mähdrescher zu verschiedenen Zeitpunkten ernten zu können. So lag nun eine Schmalblättrige Lupine in der wüchsigsten Zone A (BOLTENSIA), zwei weitere in der schlechtesten Zone B (BOLIVIO und BORUTA) und zwei in der Zone C von mittlerer Wüchsigkeit (BORLU und SONET). Dies könnte Ursache für Unterschiede beim Vergleich der Sorten sein.

Der schlechtere Aufgang von BORLU in Herbsheim könnte jedoch auf ein Problem der Saat- gutablage (Bedeckung mit Boden) zurückzuführen sein.

Unkrautdruck

Der Unkrautdruck war in Sausheim größer als in Herbsheim, was insbesondere darauf zu- rückzuführen sein dürfte, dass die Kultur dort nach mehreren Jahren Mais stand. Die Un- krautflora ist deshalb typisch für diese Vorfrucht: Weißer Gänsefuß, Amaranth, Hirsen und nesterweise Schwarzer Nachtschatten. Um den Mähdrusch zu ermöglichen musste das Un- kraut vor der Ernte von Hand entfernt werden.

Zum Blühbeginn zeigten sich trotz der signifikanten Unterschiede in der Bestandesdichte zwischen den Sorten keine signifikanten Unterschiede im Unkrautbesatz.

In Herbsheim wurde nach dem Auflaufen gestriegelt. Die Unkrautflora ist dort vielfältiger und umfasst Elemente der Flora von Winterungen und Sommerungen sowie von Gemüsekultu- ren, Getreide und Eiweißpflanzen. Der Unkrautdruck ist dort geringer als in Sausheim. Die

Flora ist vielseitiger und die Verteilung auf dem Schlag ist heterogen. Besonders wenig Unkraut findet sich in Zone B.

Gesundheitszustand

Der Gesundheitszustand ist im Allgemeinen gut und in Sausheim besser als in Herbsheim, wo die Wasserversorgung besser und der pH-Wert höher war. In Herbsheim zeigten sich im Mai, insbesondere bei der in Zone B gelegenen Sorte BORUTA einige Nester mit vergilbten Pflanzen. Vielleicht ist das auf einen erhöhten Kalkgehalt an diesen Plätzen zurückzuführen?

Bestandesentwicklung

Zum Ende der Blüte sind die Bestandeshöhen an den beiden Standorten mit im Mittel etwa 66 cm etwa gleich hoch. In Herbsheim trat nach einem großen Gewitter im Juni bei einigen Sorten Lager auf.

Ertrag und Qualität des Ernteguts

Geerntet wurde schließlich mit dem Parzellenmähdrescher des IfuL in Sausheim, während in Herbsheim aufgrund der zu geringen Erträge für eine Ernte mit dem Praxismähdrescher von Hand geerntet werden musste.

Der Ertrag bei 14% Feuchtigkeit lag in Sausheim (11,8 dt/ha) höher als in Herbsheim (7,6 dt/ha). Die Erntefeuchte lag hingegen in Sausheim (20,3%) höher als in Herbsheim (16,7%), wo es weniger Unkräuter mit hohem Wassergehalt gab und später von Hand geerntet wurde.

Die TKM bei 14% Feuchte war im Mittel höher in Sausheim (165 g) als in Herbsheim (126 g). Dabei lag das der verzweigten Schmalblättrigen Lupinen über dem der unverzweigten Sorten. Die Reihenfolge der Sorten ist jedoch standortabhängig.

In Sausheim entsprach die Reihenfolge der von den Züchtern angegebenen, wobei die TKM des Saatguts jeweils erreicht bzw. sogar leicht übertroffen wurde.

In Herbsheim lag die TKM des Ernteguts unter der des Saatguts (im Mittel um 20% bzw. 30 g).

Der Eiweißgehalt ist je nach Sorte in Herbsheim niedriger oder höher als in Sausheim. Wegen der höheren Erträge von Sausheim war der Eiweißertrag dort im Mittel doppelt so hoch wie in Herbsheim.

Zu bemerken ist, dass auf dem unberechneten Standort Sausheim während der ganzen Anbauperiode kaum Regen fiel, während in Herbsheim beregnet wurde und es ab Mai auch verhältnismäßig viel regnete.

Die Lupinen waren deshalb in Sausheim früher reif als in Herbsheim: Die Ernte erfolgte dort 24 Tage früher, obwohl nur 8 Tage früher gesät worden war.

Außerdem waren die Reifeunterschiede zwischen den Sorten in Sausheim viel geringer (praktisch null), wohingegen der Reifezeitunterschied zwischen den frühesten und den spätesten Sorten in Herbsheim 2-3 Wochen betrug und sich dort die ersten Hülsen bereits zu öffnen begannen.

Ergebnisse nach Sorten

Trotz der Unterschiede zwischen den Orten zeigt sich bei bestimmten Merkmalen dieselbe Rangfolge der Sorten. Nachstehend werden für jede Sorte die Merkmale beschrieben, in denen sie sich an beiden Versuchsorten von den anderen Sorten unterscheidet.

Schmalblättrige Lupinen, verzweigt:

- **BOLIVIO:**

In Sausheim waren die Bestandesentwicklung und damit die Fähigkeit zur Bodenbeschattung recht schwach und die Erträge, trotz einem relativ guten Einzelpflanzenenertrag, gering. Da auch der Proteingehalt zu niedrigen Werten neigte war auch der Eiweißertrag gering. Sie scheint recht spät zu blühen. Die TKM scheint relativ hoch zu sein.

In Herbsheim stand diese Sorte im trockensten Bereich. Bestandesdichte, Bestandesentwicklung und Fähigkeit zur Bodenbedeckung waren ebenfalls gering. Trotz einem recht guten Einzelpflanzenenertrag (im Vergleich zu den anderen Sorten) ist der Flächenertrag gering.

Zu bemerken ist, dass die Keimfähigkeit des gelieferten Saatguts ziemlich schlecht war (75%).

- **BORLU:**

Der Feldaufgang, die Bestandesentwicklung und die Bodenbedeckung waren gut. Bei einem durchschnittlichen Einzelpflanzenenertrag war der Flächenertrag somit hoch. Auch der Proteingehalt scheint überdurchschnittlich zu sein, so dass der Eiweißertrag hoch ist. Sie blüht jedoch recht spät. Die TKM ist recht hoch.

In Herbsheim war die Saatgutablage schlecht. Feldaufgang, Bestandesentwicklung und Bodenbedeckung waren ziemlich schlecht. Trotzdem ist der Flächenertrag an diesem Standort bei später Abreife mittel bis gut. Die Beregnung sowie die ab Mai gefallenen Niederschläge wurden offensichtlich gut verwertet.

- **BOLTENSIA:**

Sie stand nur in Herbsheim, also ohne Wiederholung, und lag dort in der wüchsigsten Zone. Ihr Feldaufgang, Bestandesentwicklung, Bodenbedeckung und Wuchshöhe zum Blühende waren gut. Mit einer recht guten Bestandesdichte und einem durchschnittlichen Einzelpflanzenenertrag war ihr Flächenertrag folglich recht gut. Bei einem recht hohen Eiweißgehalt ergibt sich somit ein hoher Eiweißertrag.

Bei einem Unwetter mit Hagel erwies sie sich als ziemlich lageranfällig. Im übrigen scheint ihre TKM recht hoch zu sein. Diese Aussagen bedürfen aber noch der Überprüfung.

Schmalblättrige Lupinen unverzweigt

Die unverzweigten Schmalblättrigen Lupinen scheinen eine deutlich niedrigere Wuchshöhe aufzuweisen als die verzweigten Sorten.

- **BORUTA:**

Die Feldaufgangsratescheint in Sausheim recht gut zu sein, die Fähigkeit zur Bodenbedeckung ist jedoch relativ gering. Im übrigen blüht sie spät. Die maximale Höhe der

Stängel ist recht groß, die Blätter bleiben jedoch deutlich darunter. Trotz einer hohen Bestandesdichte ist der Ertrag bescheiden, wegen einem geringen Einzelpflanzenenertrag. Ihre TKM ist recht niedrig, der Eiweißgehalt ist ziemlich hoch. Ihr Eiweißertrag ist somit mittel bis niedrig. Da sie spät reift, ist sie empfindlicher gegenüber Trockenheit.

▪ SONET:

Feldaufgang, Bestandesentwicklung und Bodenbedeckung dieser Sorte sind gut. Wegen ihrer hohen Bestandesdichte und einem durchschnittlichen Einzelpflanzenenertrag ist ihr Ertrag hoch. Bei einem durchschnittlichen Proteingehalt ist ihr Eiweißertrag in Sausheim hoch.

Die Wuchshöhe der Stängel und noch mehr die der Blätter ist dagegen gering und in Herbsheim erwies sie sich nach dem Hagelschlag als etwas anfällig für Lager.

Sie ist jedoch die früheste der untersuchten Sorten: In Herbsheim reifte sie 2 – 3 Wochen vor BORLU und BOLTENSIA. Ihre Hülsen haben sich kaum geöffnet.

Tab. 69: Übersicht der Sortenergebnisse Schmalblättrige Lupine, Sausheim/Herbsheim 2003

Sorte	Typ	Auffaufdicke	Jugendentwicklung	Bodenbedeckung	Blühbeginn	Wuchshöhe Stängel Ende der Blüte	Wuchshöhe Blätter bei Ende der Blüte	Lageranfälligkeit	TKM bzw. Saatgut- kostensparnis	Ertrag bei 14% Feuchte	Eiweißgehalt	Eiweißertrag
Bolivio	R	- ?	-	-	½ T-T				- ?	--	- ?	- ?
Borlu	R	++ ?	+	++ ?	½ T				- ?	++	+ ?	+ ?
<i>Boltensia</i>	R	+ ?	+ ?	++ ?	½ P ?	+ ?	+ ?	- ?	- ?	+ ?	+ ?	+ ?
Boruta	M	+ ?		-	T	+	-		+ ?	-	+ ?	
Sonet	M	+ ?		++	½ P	-	-	- ?	+ ?	++		+ ?

Zeichenerklärung: ++ = gut

+ = ordentlich

- = schlecht

? = zu bestätigen

R = verzweigt

M = einstängelig

P = früh, T = spät

Nach diesem im Jahr 2003 durchgeführten Sortenvergleich scheinen von den untersuchten Sorten die Sorten BORLU, SONET und evtl. BOLTENSIA für den ökologischen Landbau am Oberrhein am besten geeignet zu sein. In Anbetracht der außergewöhnlichen Witterungsbedingungen dieses Jahres bedürfen diese Ergebnisse jedoch noch der Bestätigung.

Auswertungsergebnisse Weiße Lupinen

Vergleich der Ergebnisse zwischen zwei Standorten

Auch bei den Weißen Lupinen zeigen sich Unterschiede zwischen den beiden Versuchstandorten.

Bestandesentwicklung: (s. Tab. im Anhang)

Auflaufunterschiede und Heterogenität

Der Feldaufgang erwies sich in Herbsheim (23%) als viel schlechter als in Sausheim (65%).

Deshalb ist die in Sausheim schon geringe Bestandesdichte (40 Pfl./m² im Mittel) in Herbsheim (12 Pfl./m² noch schlechter). Empfohlen und angestrebt waren 60 Pfl./m².

In Herbsheim ist die mittlere Bestandesdichte niedrig (12 Pfl./m²) und ungleichmäßig, ohne große Sortenunterschiede.

Diese geringe Bestandesdichte lässt sich durch die Trockenheit erklären, die auf dem kiesigen Boden von Herbsheim für den Feldaufgang besonders ungünstig war. Hinzu könnten Fraßschäden durch beobachtete Tauben und Krähen gekommen sein.

Vor der Auszählung der Bestandesdichte ist Anfang Mai gestriegelt worden, um den Unkrautdruck zu reduzieren. Der Feldaufgang war jedoch ungleichmäßig und der Entwicklungsstand der Lupinenpflanzen recht unterschiedlich. Diese Maßnahme hat also Lupinenpflanzen in einem frühen, gegenüber dem Striegel empfindlichen Entwicklungsstadium zerstören können und dies umso mehr, als der Boden steinig war.

Der Boden war am steinigsten und trockensten in Zone B, wo auch die Weißlupinensorte RONDO stand. Die drei anderen Sorten standen in der wüchsigen Zone A. Das kann zu Verzerrungen im Sortenvergleich geführt haben.

Unkrautdruck

In Sausheim, wo der Weißlupinenversuch gleich neben dem Schmalblättrige Lupinenversuch stand, ist die Unkrautflora stark von der Maisvorfrucht geprägt. Es handelt sich hauptsächlich um weißen Gänsefuß, Amaranth und Hirsen. Da die Bestandesdichte bei den Weißen Lupinen (im Mittel 40 Pfl./m²) jedoch deutlich geringer war als bei den Schmalblättrigen Lupinen (62 Pfl./m²), konnten die Unkräuter, insbesondere der Gänsefuß, die Oberhand über die Kultur gewinnen. Ende Juni erreichte der Gänsefuß dort 2 m Höhe. Die Weißlupine konnte dort nicht geerntet werden.

Trotz den Sortenunterschieden beim Feldaufgang ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bei der Verunkrautung zu Beginn der Blüte.

In Herbsheim ist die Verunkrautung, wie auch bei der am selben Standort befindlichen Schmalblättrige Lupine, vielfältig und heterogen. In der austrocknenden Zone B ist der Druck gering. Die in dieser Zone stehende Sorte RONDO ist bei der Ernte am wenigsten verunkrautet.

Wegen der sehr geringen Bestandesdichte der Weißlupinen an diesem Standort sind die Unkräuter jedoch zahlreicher als in den schmalblättrigen Lupinen, insbesondere in der wüchsigen Zone A, bleiben jedoch weniger stark als in Sausheim.

Gesundheitszustand

In Herbsheim, wo die Lupinen beregnet wurden und wo es im Mai zu relativ bedeutenden und im Juni und Juli zu nicht vernachlässigbaren Niederschlägen kam, gab es Anthraknose-schäden.

Bei der Ernte war jedoch festzustellen, dass die Körner der in der trockeneren Zone B stehenden Sorte RONDO weniger betroffen zu sein schienen.

Bestandesentwicklung

Trotz der unterschiedlichen Standortbedingungen an den beiden Standorten war die Wuchshöhe der Lupinen zum Ende der Blüte in Sausheim und Herbsheim recht ähnlich. Im Mittel lag sie zwischen 75 und 80 cm.

Ertrag und Qualität des Ernteguts

In Sausheim, wo jede Sorte in drei Wiederholungen stand, konnten die weißen Lupinen wegen der starken Verunkrautung mit Gänsefuß nicht geerntet werden.

Lediglich in Herbsheim, wo jeweils nur ein Streifen je Sorte stand und sich eine gewisse intrapazelläre Heterogenität zeigte, wurde von Hand geerntet. Die Ergebnisse dieser Ernte sind von daher mit Vorsicht zu betrachten und bedürfen einer Bestätigung.

Betrachtet man in Herbsheim nur die einigermaßen homogenen Zonen, wo die Ergebnisse der verschiedenen Probeschnitte einer Sorte in derselben Größenordnung liegen, so scheint die Sorte RONDO den höchsten Ertrag zu liefern (10,3 dt/ha), da sie den höchsten Einzelpflanzenenertrag aller Sorten lieferte. Zu beachten ist, dass diese Sorte in Zone B stand und dass die Körner dieser Sorte die geringste Erntefeuchte aufwiesen und weniger von der Anthraknose befallen zu sein schienen als die der anderen Sorten.

Im Gegensatz hierzu scheint ARÈS den geringsten Ertrag aller Sorten aufzuweisen, wegen ihres niedrigen Einzelpflanzenenertrags.

Außerdem ist die TKM mit im Mittel 369 g höher als nach den Angaben des Züchters (317 g).

In Herbsheim, wo nebeneinander schmalblättrige und weiße Lupinen geerntet werden konnten, schien der Eiweißgehalt der weißen Lupinen mit im Mittel 38,5% (i. TS) über dem der schmalblättrigen Lupinen (34,7%) zu liegen.

Wiederkehrende Merkmale der Einzelsorten

Trotz der Unterschiede zwischen den beiden Orten ist die Rangfolge der Sorten für bestimmte Merkmale wie die Bodenbedeckung, die Bestandesentwicklung und die Wuchshöhe ähnlich. Nachstehend werden die wiederkehrenden Merkmale jeder Sorte dargestellt.

- AMIGA:

Diese Sorte fällt auf durch eine ziemlich schwache Bestandesdichte sowie einen ungleichmäßigen Feldaufgang, eine schwache Bestandesentwicklung sowie eine geringe Bodenbedeckung. Ihre Wuchshöhe zum Ende der Blüte ist mittel bis niedrig, im Vergleich zu den anderen Sorten.

- ARÈS:

Ihr Feldaufgang war an den beiden Standorten unterschiedlich: Während er in Sausheim am besten war, war er in Herbsheim genauso schlecht wie bei allen anderen Sorten. Die Gleichmäßigkeit des Aufgangs, die Bestandesentwicklung und die Bodenbedeckung waren aber, genauso wie bei RONDO, an beiden Standorten am besten. Es ist die höchste Sorte zum Ende der Blüte und bei der Ernte.

In Herbsheim war ihr Ertrag mit 4,9 dt/ha in einer etwas weniger wüchsigen Zone gering. Trotz eines relativ hohen Eiweißgehalts war der Eiweißertrag infolgedessen ebenfalls niedrig.

Ihre TKM bei 14% Feuchte war jedoch mit 410 g die höchste aller untersuchten Sorten.

▪ LUBLANC:

Ihre Bestandesdichte ist im Vergleich mit den anderen Sorten niedrig bis mittel. Die Gleichmäßigkeit des Auflaufs, die Bestandesentwicklung und Bodenbedeckung sind an beiden Orten ähnlich schwach wie bei AMIGA. Ihre Höhe zum Ende der Blüte ist in Sausheim ähnlich wie bei AMIGA.

Sie scheint von allen geprüften Sorten die späteste zu sein.

In Herbsheim ist ihr Ertrag mittel, ebenso ihr Proteingehalt und infolgedessen auch ihr Proteinertrag. Ihre TKM ist die niedrigste aller untersuchten Sorten.

▪ RONDO:

An beiden Orten wies diese Sorte den besten Feldaufgang auf. Ihre Bestandesdichte ist im Vergleich zu den anderen Sorten mittel bis hoch. Die Gleichmäßigkeit des Auflaufs, die Bestandesentwicklung und Bodenbedeckung zählt, wie bei ARÈS zu den besten.

In Herbsheim scheint sie den höchsten Ertrag (10,3 dt/ha), Eiweißgehalt (40,4%) und infolgedessen auch Proteinertrag (3,6 dt/ha) zu haben.

In Herbsheim waren ihre Körner am wenigsten von Anthraknose befallen, doch ist es schwer zu sagen, ob sie widerstandsfähiger ist oder ob es an der Lage ihrer Parzelle liegt.

Tab. 70: Übersicht der Sortenergebnisse Weiße Lupine, Sausheim/Herbsheim 2003

Sorte	Feldaufgang	Jugendentwicklung	Bodenbedeckung	Blühbeginn	Wuchshöhe bei Ende der Blüte	Wuchshöhe bei der Ernte	Anthraknose-Resistenz	Ertrag bei 14% Feuchte	Eiweißgehalt	Eiweißertrag
Amiga		-	-		-	-			- ?	
Arès		+	+		++	++				
Lublanc		-	-	T ?						
Rondo	+	+	+				+ ?	+ ?	+ ?	+ ?

Zeichenerklärung: ++ = gut

+ = ordentlich

- = schlecht

P = früh, T = spät

? = zu bestätigen

Nach diesem Sortenvergleich scheint von den untersuchten Sorten die Sorte RONDO (und vielleicht ARÈS) für den ökologischen Landbau in der Oberrheinebene am besten geeignet zu sein. Diese Ergebnisse bedürfen jedoch aufgrund der Trockenheit, der sehr geringen Bestandesdichten und, am Standort Sausheim, auch der starken Verunkrautung, noch der Bestätigung.

4.4.3 Tastversuche

Aufgrund der besonderen klimatischen Bedingungen des Oberrheingebietes wurde in Tastversuchen die Anbauwürdigkeit von Kichererbsen an trocken-warmen Standorten in Deutschland sowie von Gelben Lupinen in der Nordwest-Schweiz untersucht.

4.4.3.1 Kichererbse (D-Heitersheim, 2004/05)

In beiden Jahren liefen die Kichererbsen ca. 2 Wochen nach Aussaat auf und etablierten sich im ersten Jahr mit 32 und im zweiten Jahr mit 28 Pfl./m². Während im ersten Jahr keine Wurzelknöllchen gefunden wurden, war der Knöllchenansatz nach Impfung mit spezifischen Rhizobien für Kichererbsen 2005 sehr gut. Dennoch entwickelten sich die Bestände in beiden Jahren vegetativ gut und dicht (2004 offenbar hinreichende N-Nachlieferung aus dem Boden). Die Kichererbsen zeigten ein gutes Wasseraneignungsvermögen, und selbst in sehr trockenen Phasen 2005 noch Transpirationswasser an der Blattbehaarung.

Bis Ende Juni wurden geschlossene Bestände mit zufriedenstellender Bodendeckung erreicht. Die Bestandeshöhe lag bei 30 - 40 cm. Blühbeginn war am 28.06.2004 bzw. 22.06.2005. Die Pflanzen setzten Hülsen an, reiften jedoch nur langsam ab und wuchsen dabei indeterminiert weiter. In beiden Jahren lagen auch Mitte September noch grüne Triebe mit neuen Blüten vor. Die angesetzten Hülsen waren zum großen Teil taub oder enthielten verkümmerte Körner, die von einem weißen Pilzmycel überzogen waren. Unklar ist, ob dies die Ursache oder nur eine Folge (Schwächeparasit) anderer Probleme war.

2004 wurde der Versuch abgebrochen. 2005 wurden am 09.09. Probeschnitte entnommen, getrocknet und ausgedroschen. Der mittlere Ertrag lag immerhin noch bei 7,1 dt/ha (14% Kornfeuchte). Die Körner wiesen dabei eine für Speiseware unansprechende Qualität auf. Untersuchungen an Kornproben bei der Landesanstalt für Pflanzenschutz Stuttgart ergaben einen Befall mit Botrytis.

Zwischen den verschiedenen Herkünften 2005 wurden außer der Keimfähigkeit keine erkennbaren Unterschiede festgestellt.

4.4.3.2 Gelbe Lupine (Schweiz, 2003/04)

Im Jahr 2003 entwickelten sich die Pflanzen problemlos. Es bestätigte sich, dass die gelbe Lupine anfällig auf die Anthraknose ist. Die Pflanzen zeigten deutliche Symptome, während der angrenzende Anthraknoseversuch mit schmalblättrigen Lupinen zu diesem Zeitpunkt weitgehend symptomfrei blieb. Ob bereits das Saatgut der gelben Lupine infiziert war, kann nachträglich nicht bestimmt werden. Der Versuch wurde ertraglich nicht ausgewertet.

Auch im Jahr 2004 entwickelten sich die Pflanzen auf dem sauren Standort Wil mit einem Boden-pH von 5.2 (CaCl) bzw. 5.9 (H₂O) wie auch auf dem eher basischen Standort Möhlin mit einem Boden-pH von 6.9 (CaCl) bzw. 7.4 (H₂O) ausgezeichnet. Die Pflanzenhöhe betrug ca. 80 cm und war damit mit den schmalblättrigen Lupinen vergleichbar. Auch der Blühzeitpunkt war vergleichbar, ähnlich wie die Sorten BOLTENSIA, VITABOR, IDEFIX, BORUTA und BOREGINA. Diese Sorten gehören zu den spätreiferen der im Sortenvergleich geprüften Sorten. Die gelben Lupinen scheinen nicht ganz standfest zu sein. In Möhlin lagerten sie mit einer Boniturnote von 5.3, in Wil war die Standfestigkeit etwas besser, die Boniturnote betrug 2.8.



Foto 8: Blüten der gelben Lupinen

Die Ernte erfolgte zusammen mit den schmalblättrigen Lupinen. Die Hülsen öffneten sich aber nur unvollständig, die Erträge von 10.6 dt/ha (Möhlin) bzw. 12.3 dt/ha (Wil) waren entsprechend enttäuschend. Möglicherweise wären mit einer anderen Einstellung des Mähdeschers bessere Erträge möglich gewesen. Die Proteingehalte waren mit 46 % in der Trockensubstanz deutlich höher als bei schmalblättrigen Lupinen. Somit waren Proteinerträge von ca. 5.5 dt/ha Rohprotein möglich. Dies ist ungefähr die Hälfte des mit schmalblättrigen Lupinen möglichen Rohproteinertrages.

4.4.4 Diskussion der Sortenversuche

Erbsenversuche 2002 u. 2003, Vergleiche mit Wintererbsen 2004 u. 2005, Elsass

Der Versuch 2002 zeigte die Schwierigkeiten, die beim Anbau von Sommer-Körnererbsen auftreten können, insbesondere die Empfindlichkeit gegenüber Läusebefall, Wassermangel und Verunkrautung. Der Versuch 2003 zeigte, dass Unterschiede (insbesondere des Bodens) zwischen Standorten oder innerhalb eines Standorts starken Einfluss auf Erbsenbestände haben können, so auf die Wuchshöhe (und damit auf die Wettbewerbskraft gegenüber Unkräutern) und auf den Ertrag. Zudem herrschte 2003 beinahe von der Aussaat an große Trockenheit.

Die **Saatstärke** muss genügend hoch gewählt werden (mindestens 90 K./m²), um eventuelle Verluste zu kompensieren, und im Fall von **Läusebefall** muss frühzeitig behandelt werden, da sonst die Gefahr besteht, dass der Bestand vollständig vernichtet wird. Eine **frühe Saat** (Anfang März anstatt Ende März) kann der Kultur eine frühere Blüte ermöglichen und damit einen geringeren Einfluss von Wassermangel und Läusebefall.

Im Sortenvergleich fiel über beide Jahre (2002 u. 2003) NITOUCHE durch gute Jugendentwicklung und hohe Konkurrenzkraft auf, Eigenschaften, die im ökologischen Landbau von besonderer Bedeutung sind. Ebenfalls interessant erschienen METAXA, HARDY, ATTIKA, Power, Jackpot, Sponsor sowie bei ausreichender Wasserversorgung eventuell ABAQUE, ALLIANCE, LASER und LUMINA.

In den Versuchen mit Sommer- und Wintererbsen (2004 u. 2005) wurden NITOUCHE und HARDY als Sommersorten angebaut. Dabei blühte NITOUCHE später, was eine höhere Anfälligkeit gegen Läusebefall mit sich bringt. Zudem hat NITOUCHE eine größere TKM als HARDY. Der Versuch 2005 zeigte, dass Sommererbsen (besonders HARDY) in günstigen Jahren mit guten Aussaat- und Auflaufbedingungen, fehlendem Läusebefall und ausreichender Wasserversorgung sehr gute Erträge im ökologischen Anbau liefern können.

Weißer und Schmalblättrige Lupine, CH 2002-2004, D 2003, F 2003

Bestandesentwicklung

Die Sortenversuche mit Lupinen in Frankreich und Deutschland wurden nur 2003 durchgeführt. Dieses Jahr war aufgrund der extremen Trockenheit nicht repräsentativ, und es traten mehrere Probleme auf:

- je nach Sorte mangelnder Feldaufgang und folglich zu geringe Bestandesdichten (in Deutschland v.a. bei der Schmalblättrigen, in Frankreich v.a. bei der Weißen Lupine)

- extreme Verunkrautung aufgrund der lückigen Bestände sowie in Deutschland aufgrund zu spät erfolgter Bearbeitung
- Blütenabwurf und Ertragseinbußen aufgrund von Wassermangel

Das Ertragsniveau war erwartungsgemäß gering und gibt vor allem Hinweise auf die Anpassung an die genannten Extrembedingungen.

In den Schweizer Versuchen entwickelten sich die Bestände durchweg besser.

Standortanforderungen

Chlorosen wurden nur bei Schmalblättrigen Lupinen beobachtet. In Deutschland traten sie bei einem Versuch zur Unkrautbekämpfung auf (Boden-pH 7,3), nicht aber im Sortenversuch (Boden-pH 7,2). Bei dem Versuchsfeld mit Chlorosen wurde freier Kalk (CaCO_3 , Aufbrausen mit HCl) festgestellt, auf dem anderen Feld nicht. Im Elsass wurde trotz Chlorosen kein freier Kalk gefunden. Das nesterweise Auftreten der Chlorosen könnte jedoch auf lokal höhere Kalkgehalte und/oder die Trockenheit zurückzuführen sein.

In Deutschland wurden 2004 u. 2005 weitere Versuche mit der Weißen Lupine (Unkrautregulierung, Vergleich mit Winterformen) durchgeführt. Trotz besserer Wasserversorgung konnte das Ertragsniveau der Schweizer Standorte bei weitem nicht erreicht werden. Als wahrscheinliche Ursache kommen zu schwere Böden der Versuchsfelder und somit mangelnde Durchwurzelung und Bodendurchlüftung in Frage.

Schwere Böden können nicht nur die Wurzelatmung beeinträchtigen, sondern auch die Anfälligkeit gegen Eisenmangel-Chlorosen erhöhen, die nach Literaturangaben durch mangelnden Bodenluftaustausch und erhöhte HCO_3^- - Konzentrationen in der Bodenlösung verursacht werden können.

Es wird daher empfohlen, beim Lupinenanbau sowohl auf kalkfreie als auch auf lockere, gut durchlüftete Böden zu achten.

Sortenunterschiede

Die Versuche zeigten, dass die Sorten der Weißen Lupine relativ gleichwertig sind, während es bei der Schmalblättrigen Lupine größere Unterschiede gibt. Hierbei wiesen einzelne Sorten überdurchschnittlich häufig bessere Erträge auf, so dass eine Sortenempfehlung für die Oberrheinregion gegeben werden kann.

Bei den Sortenversuchen mit Schmalblättrigen Lupinen in der Schweiz brachten die verzweigten Sorten BORLU und BOLIVIO die höchsten Erträge und wiesen zudem einen hohen Proteingehalt auf. Mit der unverzweigten (endständigen) Sorte SONET können im Schnitt zwar etwas geringere Rohproteinträge erreicht werden, die Sorte hat sich aber als sehr ertragskonstant gezeigt. In den Versuchen in Deutschland und Frankreich 2003 zeigten sich ebenfalls BORLU (D u. F), BOLIVIO (D) und SONET (F) als empfehlenswert.

Bei den Versuchen mit Weißen Lupinen (einschließlich Vergleichen mit Winterformen) wirkten AMIGA und RONDO tendenziell etwas ertragsstärker und -sicherer.

Für das Jahr 2005 wurde basierend auf den Versuchsergebnissen für die Schweiz erstmals eine Liste der empfohlenen Sorten für schmalblättrige und weiße Lupinen publiziert (Frick *et al.* 2005). Darin werden die Sorten BOLIVIO, BORLU, BORA, SONET und PRIMA sowie AMIGA vorgestellt und miteinander verglichen.

Weißer oder Schmalblättrige Lupine?

Die Weiße Lupine weist bei guter Entwicklung und gesundem Bestand ein deutlich höheres Ertragspotenzial auf als die Schmalblättrige Lupine, und der Rohproteingehalt ist einige Prozentpunkte höher. Allerdings ist sie später reif und benötigt wärmere Lagen als die Schmalblättrige Lupine. Zudem ist die Weiße Lupine sehr anfällig gegen die Anthraknose, während die Schmalblättrige Lupine eine gute Toleranz gegen diese Krankheit aufweist. Zwar ist die Krankheit in den Versuchen nicht oft aufgetreten, jedoch ist davon auszugehen, dass die für maximale Erträge der Weißen Lupine erforderlichen Bedingungen (Wärme, ausreichende Feuchtigkeit) auch die Ausbreitung der Anthraknose begünstigen.

Eine höhere Sicherheit für den biologischen Anbau besteht bei der Schmalblättrigen Lupine. Die Sortenversuche in der Schweiz zeigten, dass die Züchtung bei den schmalblättrigen Lupinen in Deutschland den Proteingehalt im Korn steigern konnte. Die im Jahr 2004 neu in den Versuch aufgenommenen dänischen Sorten sind sehr ertragsstark, allerdings bei einem nicht ganz so hohen Proteingehalt. In den drei Versuchsjahren in der Schweiz ist es bei keinem der Standorte zu Ertragsausfällen aufgrund von Krankheiten oder anderen Problemen gekommen. Mit den neuen Züchtungen der Schmalblättrigen Lupine stehen somit ertragskonstante und agronomisch zu empfehlende Sorten zur Verfügung.

Problematisch für den Ökologischen Anbau bleibt die Unkrautbekämpfung in Lupinen. Da die Weiße Lupine im Allgemeinen konkurrenzstärker ist als die Schmalblättrige Lupine, könnte der Züchtung anthraknoseresistenter Sorten der Weißen Lupine entscheidende Bedeutung zukommen.

Gelbe Lupine, Schweiz 2003 - 2004

Mit Rohproteingehalten von ca. 46% ist die Gelbe Lupine eine sehr interessante Proteinpflanze. Entgegen Literaturangaben konnte in den Schweizer Versuchen gezeigt werden, dass sie auch auf Böden mit pH > 6,0 angebaut werden kann. Um zu prüfen, ob die Probleme mit schlecht öffnenden Hülsen zu lösen sind und zufriedenstellende Druscherträge mit Gelben Lupinen in der Schweiz erreicht werden können, wäre ein Vergleich mehrerer Sorten auf verschiedenen Standorten nötig. Aufgrund der hohen Anthraknoseanfälligkeit der Gelben Lupine kommt diese Art eher für konventionell wirtschaftende Betriebe mit chemischer Saatgutbeizung in Frage.

Kichererbse, Deutschland 2004 - 2005

Die Kichererbse hat sich in den Versuchen als durchaus interessant für den Standort Oberrhein gezeigt, vor allem mit Hinblick auf die Anpassung an sehr trockene Standorte. Da nach mündlichen Informationen bei der Vermarktung als Öko-Speiseware ca. doppelt so hohe Preise erzielt werden könnten wie für Soja, wären auch Erträge ab 10 oder 15 dt/ha schon ökonomisch interessant.

Hauptproblem waren die Taubhülsigkeit und mangelnde Kornqualität, deren Ursachen nicht geklärt werden konnten. Falls Niederschläge im August den Krankheitsbefall und Wiederaustrieb fördern, muss die Standorteignung doch in Frage gestellt werden. Es sollten aber unbedingt weitere Versuche mit Qualitäts-Saatgut (nicht nur mit Speiseware) verschiedener Sorten folgen.

4.5 Feldversuche mit Sommer- und Winterformen von Körnerleguminosen

In den Versuchen ging es primär um Frostresistenz und Ertragsleistung von Winterformen der Körnerleguminosen in Abhängigkeit von Sortenwahl und Anbauparametern. Sommersonorten wurden als Vergleichsmöglichkeit in die Versuche integriert.

4.5.1 Winterackerbohne

4.5.1.1 Sortenwahl und Saattermin (D-Heitersheim, 2004/05)

Tab. 71 und Tab. 72 zeigen die Mittelwerte der in beiden Jahren erhobenen Parameter mit Signifikanztests im Überblick. Signifikante Effekte wurden farblich hervorgehoben (Haupteffekte 2005 nur sofern keine signifikante Interaktion vorlag). Die Grenzdifferenzen beziehen sich auf Haupteffekte bzw. bei der Interaktion auf Vergleiche zwischen Einzelvarianten. Aufgrund unterschiedlicher Variantenzahl sind sie für Herbst- und Frühjahrssaat unterschiedlich. Der F-Test Saattermin im ersten Versuchsjahr testet nur den Effekt des Saattermins innerhalb der Sorten. Für die Entwicklungstermine wurden teilweise „Mittelwerte“ angegeben, um Haupteffekte von Sorte oder Saattermin deutlich zu machen.

Bestandesentwicklung

Etablierung

Der Feldaufgang erfolgte bei Saat im Oktober noch vor Wintereinbruch, wohingegen die erst im November gesäten Winterackerbohnen während des Winters aufliefen (Januar/Februar). 2004/05 konnten sie so einem Teil der Fröste entgehen. Die Wintersorten liefen jeweils zu nahezu 100% auf, während die Sommersorte AURELIA in beiden Versuchsjahren mit 62% bzw. 75% einen stark reduzierten Feldaufgang aufwies. Bei den im Oktober gesäten Pflanzen konnten bereits kurz nach Auflauf 2 basale Seitensprossanlagen („Bestockung“) gefunden werden.

Überwinterung

Die Oktobersaaten hatten bis Mitte Dezember jeweils 2-3 Laubblätter entwickelt. Bei den Novembersaaten wurden Anfang Februar jeweils 1-2 Laubblätter beobachtet. Frostschäden wurden im zweiten Versuchsjahr in Form von Nekrosen an den Laubblättern der Oktobersaaten beobachtet. Die im März 2005 vorgenommene Schätzung der prozentual betroffenen Blattfläche ergab eine höhere Schädigung bei Olan, die jedoch mit 10% immer noch gering ausfiel.

In keiner Variante gab es eine signifikante Auswinterung, d.h. die prozentualen Pflanzenverluste zwischen Feldaufgang und Winterende unterschieden sich weder signifikant von Null noch untereinander.

Tab. 71: Ergebnisse im Versuch Winterackerbohne, D-Heitersheim 2004

Varianten		Termine				Bestandesdichte			Bestandesentwicklung						Parzellenertrag und Ertragskomponenten									
Saattermin	Sorte	Feldaufgang	Blühbeginn	Blühende	Erntereife	Feldaufgang	Auswinterung	Frühjahr ³	Höhe 07.06.	Höhe 06.07.	Bodendck. 07.06.	Bodendck. 06.07.	Unkr.dck. 07.06.	Unkr.dck. 06.07.	Ertrag (w=14%)	Triebe/Pflanze	Hülsen/Trieb	Körner/Hülse	TKM	Prot.geh. (TM)	Proteinerttrag	Stroherttrag (TM)	Stroh-N	
																								%
14.10.	Karl	26.11.	30.04.	28.06.	02.08.	102	9	28	85	115	80	93	7	1	24,6	2	4,8	3,3	333	38,6	8,2	38,2	41,6	
12.11.		01.01.	04.05.		02.08.	94	1	30	77	109	70	93	8	1	28,4	1,5	5,5	3,4	328	38,1	9,3	32,5	33,9	
04.03.	Aurelia	30.03.	18.05.		07.08.	58		23	61	90	40	55	39	17	11,7	0,9	6,9	3,1	242	38,1	3,8	16,3	18,9	
01.04.		21.04.	30.05.		10.08.	67		27	61	101	30	65	22	8	13,1	1,1	5,2	3,6	315	36,1	4,1	24,4	26	
F-Test Saattermin ¹						0,71	2,7	0,61	2,61	3,66	∞***	1,42	2,55	4,07	1,68	9,28*	10,62*	1,5	2,25	1,01	0,88	2,01	2,09	
Grenzdifferenz ²						24,8	20,9	9,2	8,9	11,3	0	14,5	18,1	7,1	5,5	0,3	1	0,7	84,4	3,5	2,1	12,2	12,6	
Mittelwerte	Karl		02.05.	28.06.	02.08.	98		29	81	112	75	93	7	1	26,5	1,7	5,1	3,3	331	38,3	8,7	35,3	37,7	
Sorten	Aurelia		24.05.	28.06.	08.08.	62		25	61	96	35	60	31	13	12,4	1	6,1	3,3	278	37,1	4	20,4	22,4	
F-Test Sorten ¹						25,66**		2,07	58,1***	24,35**	∞***	63,16***	20,17**	30,98**	79,72***	84,64***	11,75*	0,01	4,61	1,5	62,48***	18,16**	17,76**	
Grenzdifferenz ²						17,5		6,5	6,3	8	0	10,3	12,8	5,1	3,9	0,2	0,7	0,5	59,7	2,5	1,5	8,6	8,9	

¹ Signifikanzniveaus: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001) ² t-test (α=5%) ³ Saaddichten sortenabhängig

Tab. 72: Ergebnisse im Versuch Winterackerbohne, D-Heitersheim 2005

Varianten		Termine				Bestandesdichte			Bestandesentwicklung							Parzellenertrag und Ertragskomponenten								
Saattermin	Sorte	Feldaufgang	Blühbeginn	Blühende	Ermterei	Feldaufgang	Auswinterung	Frühjahr ³	Frostsch. 17.03. (Blattfläche)	Frühjahrs- wüchsigkeit ⁴	Höhe 11.05.	Höhe 06.07.	Bodendck. 07.06.	Unkr.dck. 07.06.	Unkr.dck. 06.07.	Ertrag (w=14%)	Triebe/Pflanze	Hülsen/Trieb	Körner/Hülse	TKM	Prot.gen. (TM)	Proteinertrag	Strohtr. (TM)	Stroh-N
						%	%	Pfl./m ²	%	(1-9)	cm	cm	%	%	%	dt/ha				g	%	dt/ha	dt/ha	kg/ha
14.10.	Diva	05.11.	25.04.	16.06.	15.07.	102	5	29	3	3	51	105	82	4	7	19,6	1,6	4,9	3,6	305	38,3	6,5	31,2	39,9
	Karl		28.04.		20.07.	87	3	26	4	4	44	111	93	5	5	19,6	1,4	5,6	4,4	248	40,4	6,7	34,1	37,9
	Olan		28.04.		20.07.	96	7	28	10	2	47	102	85	5	4	17,4	1,4	6,2	3	284	40,2	6	38,5	50,2
16.11.	Diva	01.02.	02.05.	22.06.	20.07.	96	7	27		7	31	91	73	23	24	15,9	1,3	5,5	3,5	232	39,5	5,3	21,6	23,4
	Karl		02.05.		22.07.	95	2	28		8	28	101	72	17	24	13,7	1,3	6,6	3,1	234	39,4	4,6	27,4	36,7
	Olan		02.05.		22.07.	97	1	29		7	30	97	73	15	26	13,3	1,2	7,7	2,9	225	33,5	3,8	28	34,4
17.03.	Aurelia	31.03.	20.05.	22.06.	27.07.	72		29			21	99	55	19	16	9,4	0,9	4,7	3	336	41,5	3,4	21,8	31,1
04.04.	Aurelia	26.04.	25.05.	27.06.	07.08.	78		31			10	84	32	18	24	8,8	1	3,4	3,1	351	37	2,8	17,9	31,6
F-Test Saattermin x Sorte ¹						0,48	0,43	0,7	74,91***	5,13	0,49	0,94	1,48	1,27	0,33	0,2	2,98	0,14	1,29	4,07*	1,96	0,35	0,2	1,8
Grenzdifferenz ²						21,8	11	6,5	1,8		5,6	10	12,2	9,2	9	5,4	0,1	2,3	1,3	32,8	6,2	2,1	9,4	13,8
Mittelwerte Saattermin	14.10.	05.11.	27.04.	16.06.	18.07.	95	5	27		3	47	106	87	5	6	18,9	1,5	5,6	3,6	279	39,6	6,4	34,6	42,7
	16.11.	01.02.	02.05.	22.06.	22.07.	96	3	28		8	30	96	73	19	25	14,3	1,3	6,6	3,1	230	37,5	4,6	25,6	31,5
	17.03.	31.03.	20.05.	22.06.	27.07.	72		29			21	99	55	19	16	9,4	0,9	4,7	3	336	41,5	3,4	21,8	31,1
	04.04.	26.04.	25.05.	27.06.	07.08.	78		31			10	84	32	18	24	8,8	1	3,4	3,1	351	37	2,8	17,9	31,6
F-Test Saattermin ¹						0,22	0,36	0,41		13,24***	79,6***	11,5**	17,31***	15,39***	32,61***	4,94*	22,79***	2,15	0,95	15,92***	2,08	5,53*	6,61**	4,54*
Grenzdif. Herbstsaat ²						12,6	6,3	3,8			3,2	5,8	7,1	5,3	5,2	3,1	0,1	1,3	0,8	18,9	3,6	1,2	5,5	8
Grenzdif. Frühjahrssaat ²						21,8		6,5			5,6	10	12,2	9,2	9	5,4	0,1	2,3	1,3	32,8	6,2	2,1	9,4	13,8
Mittelwerte Sorten	Diva					99	6	28		5	41	98	78	14	16	17,7	1,5	5,2	3,5	269	38,9	5,9	26,4	31,6
	Karl		29.04.	19.06.	20.07.	91	2	27		6	36	106	83	11	15	16,6	1,3	6,1	3,7	241	39,9	5,7	30,8	37,3
	Olan					97	4	28		5	39	99	79	10	15	15,4	1,3	7	2,9	255	36,8	4,9	33,2	42,3
	Aurelia		22.05.	24.06.	01.08.	75		30			16	92	43	19	20	9,1	1	4	3	344	39,3	3,1	19,8	31,4
F-Test Sorten ¹						4,51*	0,48	0,78		8,03*	78,98***	6,44**	41,35***	3,3	1,57	9,17**	49,68***	5,54*	1,56	35,98***	0,83	6,87**	7,11**	2,61
Grenzdifferenz ²						15,4	7,8	4,6			4	7,1	8,6	6,5	6,3	3,9	0,1	1,6	0,9	23,2	4,4	1,5	6,7	9,8

¹ Signifikanzniveaus: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test ($\alpha=5\%$)³ Saattedichten sortenabhängig⁴ H-Test (Rangvarianzanalyse), 1= beste Entwicklung (22.04.)

Frühjahr und Sommer

- Blühphase und Erntereife der Wintersorten hingen trotz weit auseinander liegenden Feldaufgangs nur geringfügig vom Saattermin ab. DIVA reifte etwas früher ab als Karl und Olan.
- Gegenüber der Sommersorte AURELIA blühten die Wintersorten ca. 3 Wochen früher (Ende April/Anfang Mai), beendeten die Blüte aber nahezu gemeinsam (2. Junihälfte). Die Erntereife hing mitunter von der Jahreswitterung ab, und lag bei den Wintersorten etwa in der 2. Julihälfte, bei der Sommersorte je nach Saattermin 1-2 Wochen später.
- Bei der vegetativen Entwicklung zeigte sich ein deutlicher Vorsprung der Wintersorten gegenüber der Sommersorte, sowie im Jahr 2005 der Oktobersaat gegenüber der Novembersaat. Insbesondere waren die Oktobersaaten stärker basal verzweigt („bestockt“) als die Novembersaaten, was jedoch wegen heterogenen Wuchses mehrerer Nebentrieboordnungen nicht quantifiziert werden konnte. Im Vergleich der Wintersorten zeigte KARL eine geringfügig langsamere, ab Juni aber dafür tendenziell stärkere Entwicklung.
- Geschlossene Reihen wurden bei den Oktobersaaten in beiden Jahren etwa am 25. Mai erreicht. Die im November gesäten Winterackerbohnen schlossen die Reihen 2004 ca. 3 Tage später, 2005 hingegen mit einer Verzögerung von 4 Wochen. AURELIA konnte in keinem der Versuchsjahre die 50 cm breiten Reihenzwischenräume schließen.
- Die Bodendeckung von AURELIA wurde zudem in beiden Jahren durch den geringen Feldaufgang und die somit für Sommerformen zu geringe Bestandesdichte von max. 31 Pfl./m² begrenzt. Im zweiten Versuchsjahr wurde die Bodendeckung nur zu einem Termin geschätzt, da die Wintersorten Anfang Juli 2005 bereits weitgehend entblättert waren.
- In beiden Jahren korrelieren die Werte der Unkrautdeckung signifikant negativ mit den Werten der Bodendeckung durch die Kultur sowie den Bestandeshöhen (Ausnahme: Bestandeshöhe und Unkrautdeckung am 07.06.2004 mit Irrtumswahrscheinlichkeit 11% nicht signifikant).

Verunkrautung, Krankheiten, sonstige Schadfaktoren

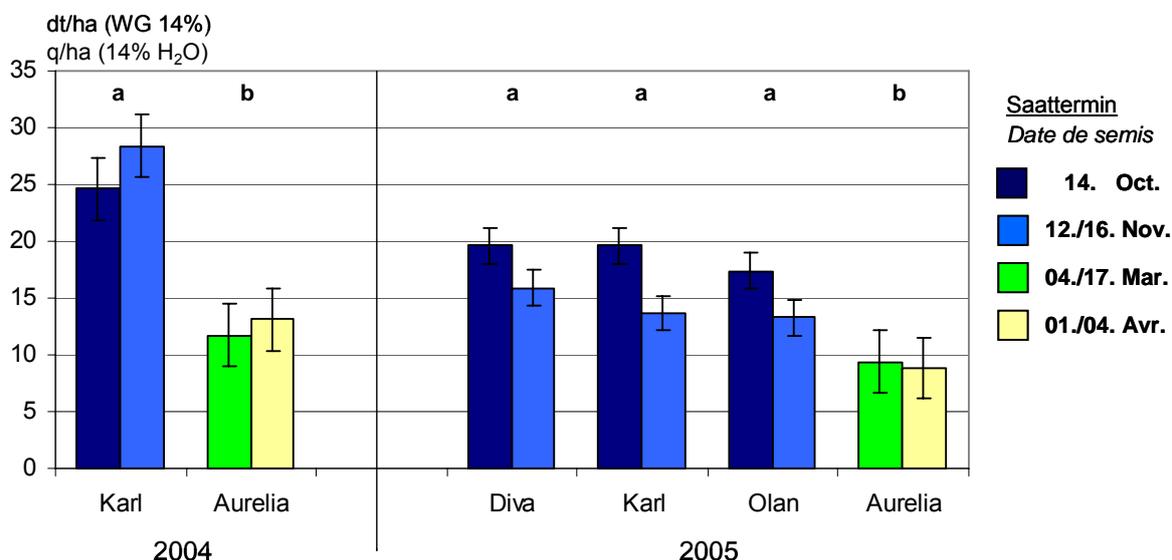
- Unkrautaufwuchs fand erst nach dem Winter statt. Als dominierende Arten traten in beiden Jahren *Polygonum lapathifolium* und *P. convolvulus* sowie 2004 *Chenopodium album* und *Stellaria media* und 2005 *Cirsium arvense* auf. Im ersten Jahr konnten mechanische Bekämpfung und Beschattung durch die Kultur die Unkräuter hinreichend unterdrücken. Im zweiten Jahr konnte wegen anhaltender Bodenfeuchte nicht gestriegelt und erst 4 Wochen später als im Vorjahr gehackt werden. Dies führte zu einer deutlich stärkeren Verunkrautung, wobei die konkurrenzstarken Oktobersaaten klar im Vorteil waren.
- Massive Hackschäden nach 10.05. und 07.06.2005, vor allem an den in Bodennähe horizontal verlaufenden basalen Seitentrieben → Bestockung der Wintersorten hierdurch vermutlich deutlich reduziert
- Unwetterschäden (zum jeweiligen Zeitpunkt vermutlich nicht mehr sehr ertragswirksam)
 - 08.07.2004: Wind und Hagelschlag → Läsionen an den Hülsen und teilweise umgeknickte Triebe, insgesamt jedoch begrenzter Schaden
 - 29.06.-06.07.2005: wiederkehrend starke Niederschläge und Windböen → zahlreiche umgeknickte Triebe

Folgende Schaderreger befielen die Ackerbohnen im Laufe der Vegetationszeit:

- Blattrandkäfer (*Sitona lineata*): beide Jahre im April, praktisch 100% der Laubblätter betroffen, keine Wuchsstörungen (durch eventuellen Knöllchenfraß) erkennbar
- Schokoladenfleckigkeit (*Botrytis fabae*): beide Jahre ab Anfang Juni zunehmend, besonders stark an AURELIA 2004
- Schwarze Bohnenlaus (*Aphis fabae*): nur 2004, ab Mitte Juni, einige Einzelpflanzen extrem befallen, AURELIA stärker als KARL – nach 2-3 Wochen vollständige Vernichtung der Läuse durch Coccinelliden-Population
- grüne Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum*): nur 2004, ab Mitte Juni, geringerer Druck als schwarze Bohnenlaus, weniger beliebt bei Coccinelliden, jedoch nach Hagelschlag am 08.07.2004 restlos verschwunden
- Ackerbohnenkäfer (*Bruchus rufimanus*): beide Jahre Lochfraß in den geernteten Körnern, ca. 20% der Körner betroffen → Gewichtsverlust je Korn nach Lehrbuch 11% → Ertragseinbuße somit ca. 2%

Ernte und Ertrag

Die Ernten erfolgten am 10.08.2004 (Winter- und Sommersorten) bzw. 27.07.2005 (Wintersorten) und 12.08.2005 (Sommersorte). Wie Abb. 22 zeigt waren die Winterformen der Sommerform in beiden Jahren klar überlegen. Zudem waren die Oktobersaaten 2005 signifikant ertragreicher als die Novembersaaten, während es 2004 keinen absicherbaren Effekt gab. Dies deckt sich mit der vegetativen Entwicklung, die ebenfalls 2005 stärker vom Saattermin abhing als 2004. Der Kornertrag korrelierte in beiden Jahren signifikant positiv mit dem Strohertrag ($r_{2004} = 0,75^{**}$, $r_{2005} = 0,69^{***}$).



Fehlerindikator = Grenzdifferenz der Saatzeitmittelwerte (Haupteffekt)

Sorten mit gleichen Buchstaben innerhalb eines Jahres unterscheiden sich im Mittelwert nicht signifikant

Abb. 22: Erträge von Winter- und Sommerackerbohnen, D-Heitersheim 2004 und 2005

Als Beiträge zu dem gegenüber 2004 geringeren Ertragsniveau im Jahr 2005 kommen geringere Niederschläge, höherer Unkrautdruck, schlechtere Bodendurchlüftung (höherer Tongehalt nach Fingerprobe) und Hackschäden in Betracht.

Ertragsaufbau

Der Ertrag korrelierte in beiden Jahren eng mit der Anzahl Triebe/Pflanze ($r_{2004} = 0,80^{**}$, $r_{2005} = 0,71^{***}$). Da die Verzweigung bei Oktobersaat signifikant höher war als bei Novembersaat, erscheint somit eine Erhöhung der Saatkichte bei späterer Saat angebracht. Für die nicht basal verzweigenden Sommersorten wird eine noch höhere Saatkichte empfohlen (dies wurde bei AURELIA durch den geringen Feldaufgang zunichte gemacht).

Bei den übrigen Ertragskomponenten waren z.T. Unterschiede, jedoch keine klaren Zusammenhänge mit dem Ertrag erkennbar.

Die anhand des N-Gehaltes mit dem Faktor 6,25 ermittelten Proteingehalte erscheinen für Ackerbohnen unrealistisch hoch, wurden jedoch in beiden Jahren sowie bei einer Wiederholung der Analyse 2004 gefunden, weshalb die Richtigkeit des Faktors 6,25 für Ackerbohnen in Frage gestellt werden muss.

Sortenvergleich

Beim Vergleich zwischen Sommer- und Winterformen muss beachtet werden, dass AURELIA in beiden Jahren durch niedrigen Feldaufgang und zurückhaltendes Wachstum gekennzeichnet war, und somit für das Ertragspotenzial von Sommerackerbohnen nicht repräsentativ sein dürfte.

Im Vergleich der Wintersorten sind die Unterschiede gering:

- Olan: etwas geringere Winterhärte
- KARL: etwas langsamere Frühjahrsentwicklung
- DIVA: frühere Abreife, tendenziell höchster Ertrag

4.5.1.2 Sortenwahl (F-Sausheim und F-Elsenheim, 2004/05)

Versuche F-Sausheim und F-Elsenheim 2004

Winterhärte der Winterformen

Die Gesamtverluste zwischen Aussaat und Winterende liegen zwischen 9 und 23 % (s. Anhang). Nachdem der Winter ziemlich mild war, wurden unabhängig von Standort und Sorte keine frostbedingten Verluste festgestellt.

An beiden Standorten wies die Sorte DIVA nach Ende des Winters eine geringere Bestandesdichte als KARL auf, aber dieser Unterschied lässt sich eher mit den - unbeabsichtigten - Unterschieden bei der Saat erklären:

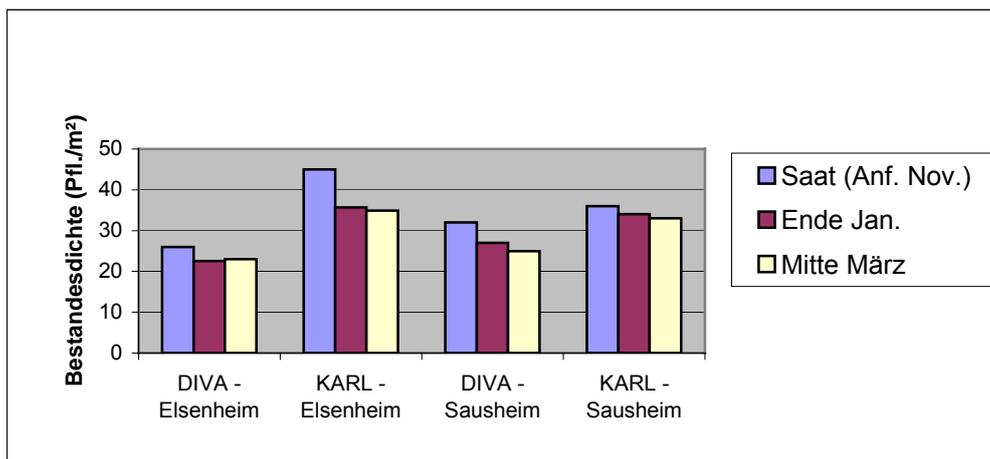


Abb. 23: Entwicklung der Bestandesdichten von Winterackerbohnen in Abhängigkeit von Sorten und Versuchsstandorten, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004

Entwicklung und Frühreife

Die Winterackerbohnen begannen Ende April zu blühen, 3-4 Wochen vor den Sommerackerbohnen (Termine im Anhang). Bei der Reife betrug der Unterschied zwischen den beiden Formen im Sommer 2004 aber nur noch etwa eine Woche.

Es gibt aber auch Reifeunterschiede zwischen Sorten derselben Form:

- die Sorte KARL ist bei Blüte und Reife später als DIVA,
- die Sommersorte DIVINE ist in der Blüte später als die Sorte AURELIA.

Krankheiten und Schädlinge

Infolge des milden Winters und trockenen Frühjahrs im Jahr 2004 war der Befall mit **schwarzer Bohnenlaus** auf dem unberegneten Standort **Sausheim** hoch, insbesondere bei Sommerackerbohnen. Bei diesen hat eine späte Rotenon-Behandlung nicht ausgereicht, um diesen Befall zu stoppen: Nach dem ersten Auftreten Ende Mai, kurz vor Blühbeginn, haben sie sich immer weiter vermehrt und Ende Juni waren alle Sommerackerbohnenpflanzen schwarz.

In **Elsenheim** hingegen, wo die Ackerbohnen Mitte Mai beregnet wurden, gab es auf den Winterackerbohnen keine Läuse und in den Sommerackerbohnen lediglich am Rand des Versuchs.

Diese Ergebnisse des Jahres 2004 zeigen, dass die Winterackerbohnen früher blühen und den schwarzen Bohnenläusen weniger ausgesetzt sind: Ihr Anbau ist infolgedessen dem von unberegneten Sommerackerbohnen eindeutig vorzuziehen.

Im übrigen traten in Elsenheim gegen Ende der Vegetationszeit kleine, rotbraune Rostpus-teln an Blättern und Stängeln auf, insbesondere bei der ins Lager gegangenen Sorte KARL

Andererseits gab es an beiden Standorten bei der Ernte einen starken Befall mit Ackerbohnenkäfern bei Winter- und Sommerform.

Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern

Der Bodenbedeckungsgrad und die Wuchshöhe der Ackerbohnen sind wesentlich geringer, und die Verunkrautung damit wesentlich stärker am Standort Sausheim als am Standort Elsenheim²².

Dagegen ist an dem Standort, wo die Ackerbohnenformen bis zur Ernte miteinander verglichen werden konnten, d.h. in Elsenheim, die **Verunkrautung in den Winterackerbohnen deutlich geringer** (weniger Gänsefuß) als in den Sommerackerbohnen.

Zum jeweiligen Blühbeginn ist in Elsenheim die **Wuchshöhe** der Sommerackerbohnen größer als die der Winterackerbohnen. Später zeigen sich Unterschiede eher zwischen den Sorten: DIVA ist niedriger, aber auch weniger lageranfällig als KARL. Die Sommerackerbohne AURELIA ist bei Blühende genauso hoch wie KARL und höher als die andere Sommersorte DIVINE.

In Elsenheim schienen die Winterackerbohnen gegen Ende der Vegetationszeit anfälliger für **Lager** zu sein als die Sommersorten. In Sausheim, wo die Winterackerbohnen etwa 40 cm niedriger waren als in Elsenheim, trat kein Lager auf.

Erträge

Die Erträge sind sehr unterschiedlich, je nach Standort und Ackerbohrentyp. Sie reichen von 0 dt/ha bei Sommer-Ackerbohnen in Sausheim bis zu 36,7 dt/ha bei der Winterackerbohne DIVA in Elsenheim.

In Sausheim ist der Ertrag der Winter-Ackerbohnen ohne Beregnung deutlich höher als der der Sommer-Ackerbohnen, welche während der Blüte nach Lausbefall völlig vertrocknet sind.

In Elsenheim weist eine Sorte deutlich höhere Erträge auf als die anderen drei geprüften Winter- und Sommersorten (s. Abb. 24). Die Unterschiede innerhalb der Parzelle sind jedoch erheblich und die Ernte erfolgte wegen den Regenperioden des Sommers mit Verzögerung. Einige Hülsen sind deshalb bei der Ernte aufgeplatzt.

Hervorzuheben ist, dass die Winterackerbohnen im Mittel **3 hülsentragende Halme je Pflanze** aufwiesen, im Gegensatz zu nur 1 bei den Sommerformen, was die geringere Saatstärke der Winterackerbohnen kompensiert. Die Sorten DIVA (Winter) und AURELIA (Sommer) wiesen höhere Hülsenzahlen je Stängel als die anderen Sorten auf.

Die **Tausendkornmasse** liegt zwischen 350 und 390 g und unterscheidet sich zwischen Winter- und Sommersorten nicht signifikant (s. Anhang).

²² In Sausheim ist die Verunkrautung stark, weil ein vor der Versuchsanlage bereits gesäter Hafer mit der Federzahnegge nur teilweise vernichtet werden konnte, so dass er in den Ackerbohnen zum Teil durchwuchs.

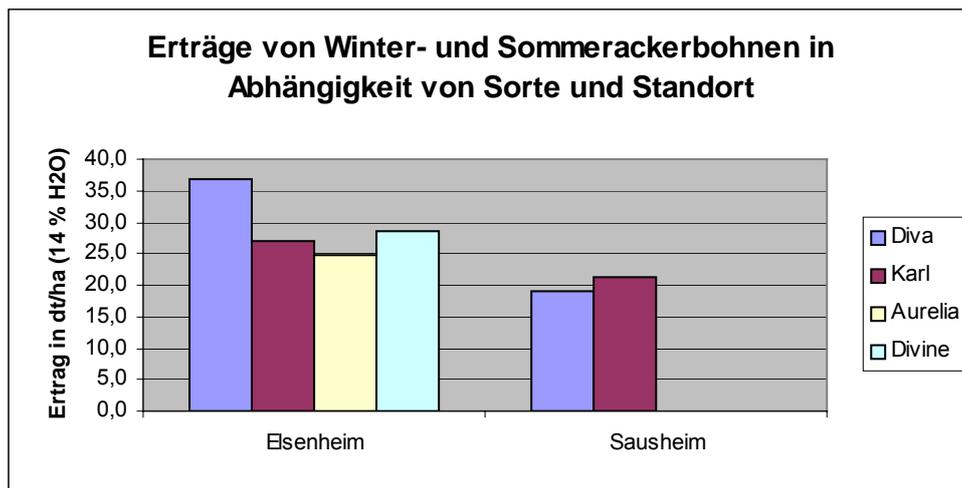


Abb. 24: Erträge von Winter- und Sommerackerbohnen in Abhängigkeit von Sorte und Versuchsort, F-Eisenheim und F-Sausheim 2004

Das gleiche gilt für den **Eiweißgehalt**. In Eisenheim ist der Eiweißgehalt der Winterackerbohnen (nur diese wurden an beiden Orten beerntet) höher als in Sausheim, und zwar so viel, dass im Zusammenspiel mit dem etwas höheren Ertrag der Eiweißertrag in Eisenheim doppelt so hoch ist wie in Sausheim.

Tab. 73: Korn- und Eiweißertrag nach Formen und Orten, F-Eisenheim und F-Sausheim-2004

Standort	Ackerbohnenform	Kornertrag (dt/ha)	Eiweißgehalt (% i.d.TM)	Proteinertrag (dt/ha)
Eisenheim	Winter	31,8	33,5	9,1
	Sommer	26,7	32,8	7,5
Sausheim	Winter	20,1	27,4	4,7

Versuch F-Eisenheim 2005

Kältetoleranz der Wintersorten

Der Feldaufgang der Wintersorten verlief sehr zögerlich und recht ungleichmäßig zwischen Dezember und März. Die geschätzten Verluste zwischen Aussaat und Zählung im März beliefen sich auf 16% bei DIVA und auf 31% bei KARL. Sie sind zum Teil zurückzuführen auf schlechte Aussaatbedingungen im Herbst: anhaftender Boden, viele Steine, verstopfte Säschare und infolgedessen eine ungleichmäßige Kornablage in der Reihe sowie in der Tiefe.

Der Winter war ziemlich kalt ab Dezember und dann wieder Ende Januar und Mitte März, mit 16 Tagen unter -5°C von insgesamt 79 Frosttagen (s. Abb. 25), aber auch einigen Tagen mit Schneebedeckung.

Die bestimmte Keimfähigkeit war bei beiden Sorten mit 98% gut.

Die unterschiedlichen Verlustraten zwischen den beiden Sorten könnte mit einer schlechteren Triebkraft der Saatgutpartie von KARL zusammenhängen, was bei Körnerleguminosen manchmal vorkommt.

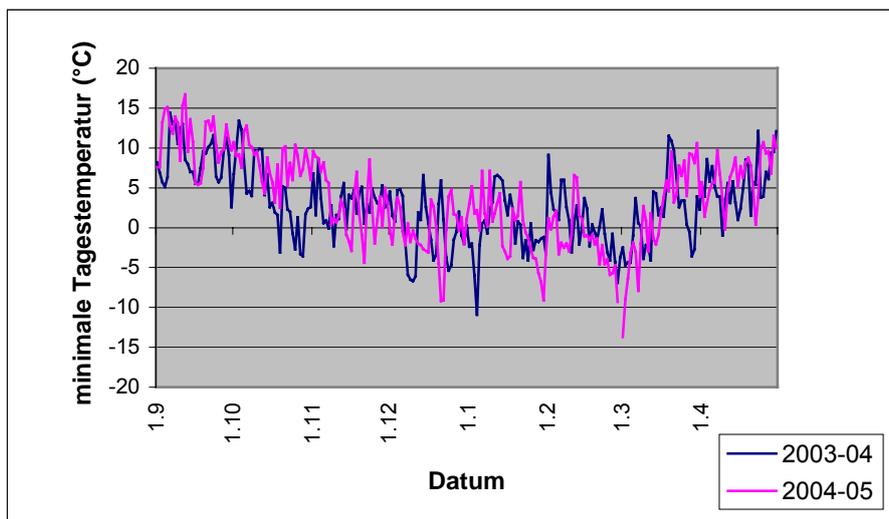


Abb. 25: Tägliche Minimaltemperaturen in Schlettstadt während der Winter 2003/04 und 2004/05

Da die Saatstärke wegen der ungünstigen Aussaatbedingungen erhöht wurde, war die Bestandesdichte von rund 30 Pfl./m² im Frühjahr bei beiden Wintersorten korrekt.

Entwicklung und Abreife

Nachdem der Dezember 2004 kalt war, liefen die Winterackerbohnen langsam und spät auf. Dagegen waren die Aussaatbedingungen der Sommerackerbohnen sehr gut und der Auflauf erfolgte sehr schnell innerhalb von zwei Wochen.

Die Winterackerbohnen begannen Anfang Mai zu blühen, etwa drei Wochen früher als die Sommer-Ackerbohnen. Anschließend hat sich der Entwicklungsunterschied stark reduziert, so dass, wie bereits im Jahr 2004, beide Typen praktisch gleichzeitig abreiften (Tabelle der Termine der verschiedenen Entwicklungsstadien im Anhang).

Krankheiten und Schädlinge

Im Gegensatz zu 2004 gab es in diesem Jahr viele Marienkäfer und ganz wenige Läuse. Dagegen gab es Anfang April und noch einmal im Juli große Schäden durch Blattrandkäfer (Einkerbungen an den Blättern) bei beiden Typen. Im Mai gab es Anthraknose-Befall mit deutlichen Unterschieden zwischen den Sorten: Die Wintersorte DIVA und die Sommersorte DIVINE scheinen weniger anfällig zu sein.

Während der Blüte konnte man Ackerbohnenkäfer beobachten, die Schäden verursachten, die bei der Ernte bereits an den Körnern sichtbar waren:

- 10 % befallene Körner bei der Sommerackerbohne AURELIA,
- rund 20 % befallene Körner bei den anderen Sommer- und Wintersorten.

Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern

Der Aufgang der Wintersorten war sehr ungleichmäßig. Sehr kiesige Bereiche waren beinahe frei von Bewuchs (wenig Ackerbohnen und wenig Unkraut).

Dagegen war der Auflauf der Sommerackerbohnen schnell und gut. Da die Keimfähigkeit der Sorte AURELIA niedrig war (nur 81%), wurde die Saatstärke entsprechend erhöht. Die Auflaufverluste betragen jedoch 40%, so dass AURELIA (40 Pfl./m²) dünner stand als DIVINE (50 Pfl./m²).

Während des Winters war das Hauptunkraut der efeublättrige Ehrenpreis (*Veronica hederifolia*) mit kriechendem Wuchs. Im April haben sich dann Einjähriges Bingelkraut (*Mercurialis annua*) und zurückgeknieter Fuchsschwanz (*Amaranthus retroflexus*) sowie ein wenig Klettenlabkraut (*Galium aparine*) entwickelt. Ein Teil davon hat das Striegeln (danach hat es häufig geregnet) überlebt und überragte die Ackerbohnen bei der Ernte.

Zu Beginn der Blüte unterscheidet sich die Bestandeshöhe zwischen Sorten und Formen signifikant: Die Sommerackerbohnen (besonders die Sorte DIVINE) waren höher als die Winterackerbohnen zu ihrem jeweiligen Blühbeginn. Bei der Reife waren die Unterschiede geringer. Lediglich die Wintersorte DIVA blieb niedriger als die anderen.

Bei der Ernte schienen die Sommerackerbohnen etwas stärker verunkrautet (Gänsefuß) zu sein.

Herbizidschäden

Infolge einer Behandlung des Versuchs durch einen Nachbarn mit einem Maisherbizid²³ infolge Unachtsamkeit am 01.06.2005, verfärbten sich die Ackerbohnen zwei Wochen lang gelb. Einige Pflanzen verkrümmten sich auch an der Spitze. Die Sommerackerbohnen begannen zu diesem Zeitpunkt zu blühen und die Winterformen blühten noch. Getroffen wurde der gesamte Winterackerbohnen-Versuch und ein großer Teil des Versuchs mit Sommerackerbohnen (wobei der Verlauf des betroffenen Bereichs sehr ungleichmäßig war).

Ende Juli erfolgte eine Zählung der Hülsen in beiden Bereichen (vergilbt und unbeschädigt) bei den beiden Sommersorten, um den Einfluss auf die Fruchtbarkeit der Pflanzen zu ermitteln. Dabei zeigte sich eine signifikante Reduzierung der Hülsenzahl in den betroffenen Bereichen in der Größenordnung von 20% bei AURELIA und von 35% bei DIVINE, die etwas später blüht und deshalb unmittelbar nach ihrem Blühbeginn getroffen wurde (s. Abb. 26).

²³ Bei den Wirkstoffen handelt es sich wahrscheinlich um Mesotrion und Sulcotrion, die gegen die meisten Zweikeimblättrigen und einige einjährige Gräser wirken.

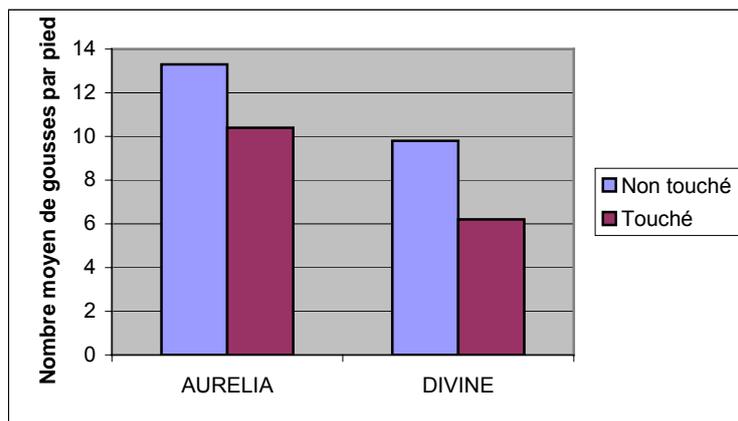


Abb. 26: Mittlere Hülsenzahl pro Pflanze im vom Herbizid betroffenen und nicht betroffenen Bereich bei den beiden Sommerackerbohnen Sorten AURELIA und DIVINE, F-Elsenheim 2005

Ernte und Erträge

Trotz den Herbizidschäden wurde der Versuch beerntet. Doch wegen der unregelmäßigen Verteilung der Schäden und den Unterschieden bei der Sortenempfindlichkeit ist eine statistische Analyse für den zuverlässigen Vergleich der Erträge der geprüften Sorten nicht möglich.

Die ermittelten Erträge unterschätzen also das tatsächliche Ertragspotential der Ackerbohnen in diesem Versuchsjahr. Wegen der unregelmäßigen Abgrenzung zwischen beeinträchtigtem und nicht beeinträchtigtem Bereich ist eine Abschätzung des Ertragspotentials dieses Versuchs sowie ein Vergleich der Sorten nicht möglich.

Bei der Wintersorte DIVA wird der Ertrag noch aus einem weiteren Grund unterschätzt: Da der Boden zu steinig war, konnten die ersten Hülsen, die zu nahe am Boden sitzen, nicht geerntet werden. Dadurch wird die Kornzahl pro Pflanze vermindert.

Das Ernteergebnis zeigt uns nur, dass das Potential der Ackerbohnen in diesem Jahr hoch war, da sich der mittlere Ernteertrag auf 40,6 dt/ha belief, das sind 40% mehr als 2004 in Eisenheim (s. Abb. 27). Das hohe Potential des Bestandes lässt den Herbizidschaden, der einen Vergleich der verschiedenen Sorten verunmöglicht, noch bedauerlicher erscheinen.

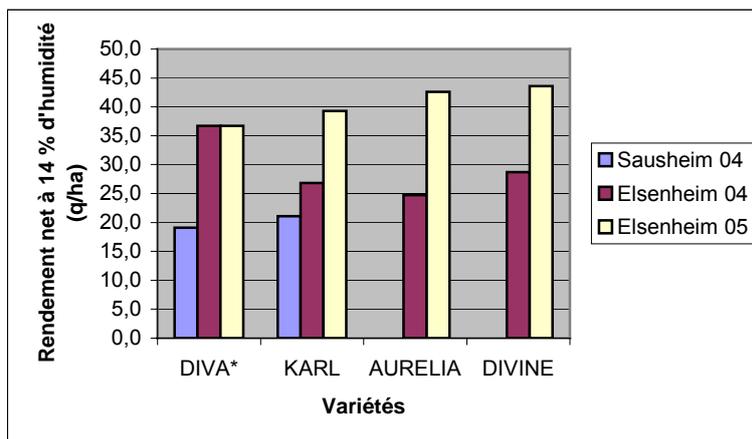


Abb. 27: Vergleich des Netto-Kornertrags zwischen Ackerbohnsorten, Standorten und Versuchsjahren im Elsass

Dieses hohe Potential ist verbunden mit einer hohen TKM, die die in Frankreich üblichen Werte für die geprüften Sorten übersteigt (s. Abb. 28).

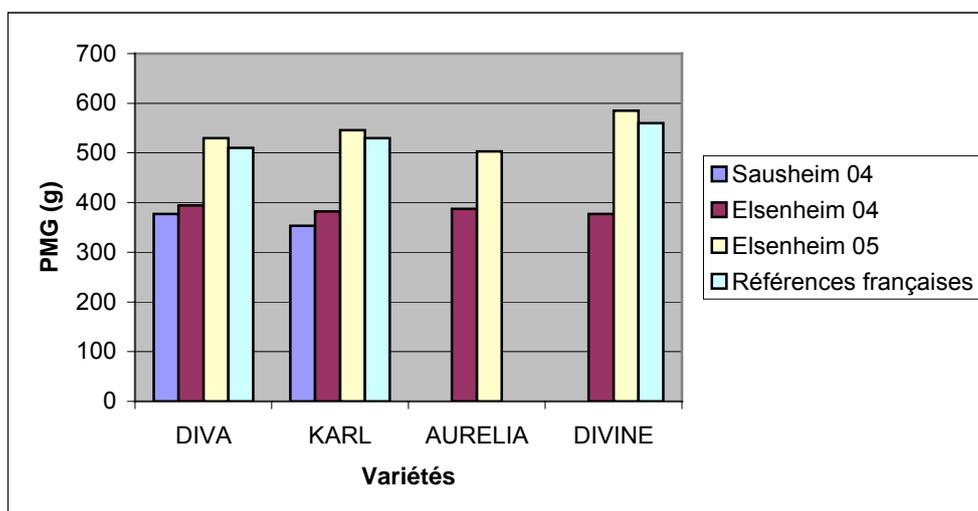


Abb. 28: Vergleich der TKM zwischen Sorten, Standorten und Versuchsjahren im Elsass.

Diese hohe TKM kann mit der Niederschlagsverteilung und vor allem durch die stärkere Beregnung als im Juni 2004 mit einer Gesamtmenge von 342 mm Niederschlag und Beregnung zwischen dem 01.03. und dem 31.07.2005 gegenüber 261mm im Jahre 2004. Das führte zu einer besseren Wasserversorgung in der Kornfüllungsphase (s. Abb. 29).

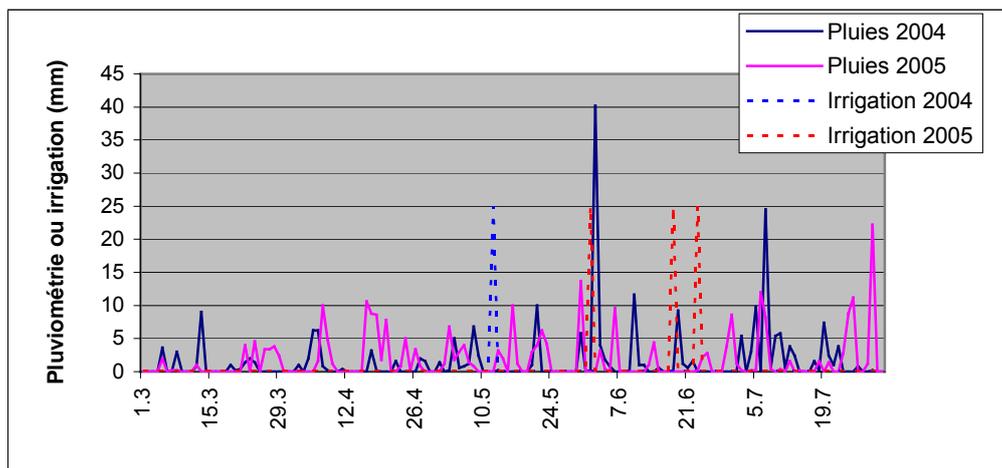


Abb. 29: Niederschläge und Beregnung für die Sommerackerbohnen in Eisenheim zwischen 1. März und 31. Juli in den Jahren 2004 und 2005

Die starke Wirkung der Wasserversorgung von Ackerbohnen auf den Ertrag wurde auch bei der Sommersorte DISCO deutlich sichtbar, welche als Rand in einem unberegneten Bereich angebaut wurde: Im unberegneten Bereich lag der Ertrag um 40% niedriger als der derselben Sorte mit Beregnung, in direkter Beziehung zur 40% geringeren Zahl von Körnern pro Pflanze. Diese Ackerbohne hat von der Aussaat an unter Wasserstress gelitten.

Der Eiweißgehalt ist zwischen Winter- und Sommersorten ungefähr gleich hoch und liegt in etwa auf dem Niveau des Jahres 2004 in Eisenheim (im Mittel 33 %).

Tab. 74: Erträge an Korn und Eiweiß in Abhängigkeit vom Ackerbohmentyp, F-Eisenheim 2005

Ackerbohmentyp	Sorte	Kornertrag (dt/ha)	Eiweißgehalt (% TM)	Eiweißertrag (dt/ha)
Winter	DIVA	37	33.9	11
Sommer	DIVINE	44	33.3	13
	DISCO	43	30.4	11

Schlussfolgerung

Die Herbizidbehandlung des Versuchs infolge Unachtsamkeit eines konventionellen Nachbarn hat die Blüte und die Hülsenbildung der Ackerbohnen stark beeinträchtigt. Da die Schadensfläche auch noch unregelmäßig und die Reaktion der einzelnen Sorten unterschiedlich war, war eine statistische Absicherung der Ertragsunterschiede zwischen den Sorten nicht mehr möglich. Dies ist sehr bedauerlich, da der Ertrag das wichtigste Kriterium beim Sortenvergleich ist. Das Ziel des Versuchs, nämlich die Ermittlung der am besten für das Gebiet geeigneten Sorten sowie die Abklärung, ob Winterackerbohnen für das Oberrheingebiet von Interesse sind, konnte nicht erreicht werden.

Der Versuch zeigt uns lediglich, dass das Ertragspotential hoch war und über dem von 2004 lag, als in derselben Gemeinde 40 dt/ha erreicht wurden. Durch eine ordnungsgemäße Beregnung wurde trotz des flachgründigen und kiesigen Bodens eine gute Kornausbildung erreicht. Dieser Versuch zeigt gut, dass der Ertrag von Ackerbohnen (insbesondere der von

Sommersorten) in hohem Maße von der Wasserversorgung während der Blüte und der Phase der Kornfüllung abhängt.

Dieses Jahr war wegen schlechter Aussaatbedingungen und einem kalten Winter für die Winterackerbohnen ungünstiger. Der Versuch hat aber gezeigt, dass die Wintersorten eine gute Frosthärte aufweisen (insbesondere DIVA). Sehr wichtig ist jedoch die Qualität der Saat, insbesondere eine gute Tiefenablage und Erdbedeckung.

4.5.2 Wintererbse

4.5.2.1 Sortenwahl und Saattermin (D-Heitersheim, 2004/05)

Tab. 75 und Tab. 76 zeigen die Mittelwerte der in beiden Jahren erhobenen Parameter mit Signifikanztests im Überblick. Signifikante Effekte wurden farbig hervorgehoben (Haupteffekte nur sofern keine signifikante Interaktion vorlag). Die Grenzdifferenzen beziehen sich auf Haupteffekte bzw. bei der Interaktion auf Vergleiche zwischen Einzelvarianten. Aufgrund unterschiedlicher Variantenzahl sind sie für Herbst- und Frühjahrssaat unterschiedlich. Für die Entwicklungstermine wurden teilweise „Mittelwerte“ angegeben, um Haupteffekte von Sorte oder Saattermin deutlich zu machen.

Aufgrund atypischer Entwicklungen 2004 und >50% Fehlparzellen 2005 konnten für einige Ertragsdaten 2004 nur 2 Wiederholungen berücksichtigt und 2005 überhaupt keine Varianzanalyse durchgeführt werden.

Bestandesentwicklung

Etablierung

Der Feldaufgang der Wintersorten erfolgte im ersten Jahr bei beiden Saatterminen nach ca. 4 Wochen. Im zweiten Jahr lief die Oktobersaat bereits nach 2 Wochen, die Novembersaat hingegen erst im Februar auf, womit sie einem Teil der Fröste entgehen konnte. In beiden Jahren lag der Feldaufgang der Novembersaat bei 73% und bei Oktobersaat jeweils signifikant höher (102% bzw. 82%). Die Sommersorte HARDY lief, je nach Saattermin, zu 84-110% auf. Zudem war im ersten Jahr der Feldaufgang von CHEYENNE und HARDY signifikant höher als der von ICEBERG und LUCY.

Überwinterung

Die Oktobersaaten hatten bis Mitte Dezember im ersten Jahr 2-3 Laubblätter, im zweiten Jahr 3-4 Laubblätter, sowie jeweils 2 basale Seitentriebe entwickelt. Die Sorten unterschieden sich kaum. Die Novembersaaten waren im ersten Jahr Mitte Dezember gerade aufgelaufen, im zweiten Jahr erst im Februar. Frostschäden wurden in Form von Nekrosen an den Laubblättern der Oktobersaaten beobachtet (2. Versuchsjahr). Sie umfassten ohne Sortenunterschiede am 08.02.2005 ca. 2-6% der Blattfläche und am 17.03.2005 (beginnendes Streckungswachstum) ca. 25% der Blattfläche. Die Novembersaaten zeigten auch am 17.03.2005 (2-3 Laubblätter, noch keine Streckung) keine Nekrosen.

Tab. 75: Ergebnisse im Versuch Wintererbse, D-Heitersheim 2004

Varianten		Termine				Bestandesdichte			Bestandesentwicklung							Parzellenertrag und Ertragskomponenten									
Saattermin	Sorte	Feldaufgang	Blühbeginn	Blühende	Erntereife	Feldaufgang	Auswinterung	Frühjahr	Frühjahrs- wüchsigkeit ³	Höhe 11.05.	Höhe 07.06.	Bodendck. 11.05.	Bodendck. 07.06.	Unkr.dck. 11.05.	Unkr.dck. 07.06.	Lager 06.07. ³	Ertrag (w=14%) ⁴	Hülsen/Pfl. ⁴	Körner/Hülse	TKM (w=14%)	Prot.geh. (TM)	Proteintrag ⁴	Strohtr. (TM) ⁴	Stroh-N ⁴	
						%	%	Pfl./m ²	(1-9)	cm	cm	%	%	%	%	(1-9)	dt/ha			g	%	dt/ha	dt/ha	kg/ha	
14.10.	Iceberg	12.11.	04.05.	01.06.	06.07.	79	28	64	4	42	46	75	72	12	10	3	27,1	6,8	5,7	125	21,2	4,9	28,2	29,8	
	Cheyenne		01.05.			91	18	84	1	40	47	83	82	6	9	5	30,8	5	5,2	151	21	5,7	33,1	43,2	
	Lucy		04.05.			74	14	72	3	36	45	87	78	8	10	4	35,1	6,7	4,6	133	20,2	5,9	27,9	23,3	
12.11.	Iceberg	09.12.	12.05.	07.06.		65	10	65	7	29	44	62	72	9	14	2	19,4	4,3	6	119	21	3,5	20,4	22,7	
	Cheyenne		10.05.			87	7	91	5	32	48	72	85	10	7	3	26,8	3,7	5,4	161	20	4,6	29,2	30,2	
	Lucy		15.05.			67	7	69	6	31	44	70	78	8	11	2	27,2	5,6	5,6	121	20,9	5,3	26,0	30,0	
04.03.	Hardy	26.03.	22.05.	15.06.		84		94		44		47		16	2										
01.04.	Hardy	18.04.	02.06.	18.06.		93		105		34		45		14	4										
F-Test Saattermin x Sorte ¹						0,76	0,96	0,42	12,67**	2,6	0,29	0,36	0,06	1,16	1,22	4,33	0,51	0,24	1,93	2,86	0,51	0,4	1,11	6,22*	
Grenzdifferenz ²						13,7	12,7	17,1		5,9	7,3	9,5	16,5	7,3	5,2		7,8	3,6	0,7	15,4	2,6	1,5	7,5	10,4	
Mittelwerte	14.10.	12.11.	03.05.	01.06.	06.07.	82	20	74	3	39	46	82	77	8	10	4	31,0	6,2	5,2	136	20,8	5,5	29,7	32,1	
	12.11.	09.12.	12.05.	07.06.		73	8	75	6	31	46	68	78	9	10	2	24,5	4,5	5,7	134	20,6	4,5	25,2	27,6	
Saattermin	04.03.	26.03.	22.05.	15.06.		84		94		44		47		16	2										
	01.04.	18.04.	02.06.	18.06.		93		105		34		45		14	4										
F-Test Saattermin ¹						3,95*	13,02**	0,95	13,24***	29,89***	4,32*	31,89***	0,05	0,09	0,42	2,67	13,94*	4,07	7,51*	0,49	0,05	10,53*	7,33*	3,69	
Grenzdif. Herbstsaat ²						7,9	7,3	9,9		3,4	4,2	5,5	9,5	4,2	3		4,5	2,1	0,4	8,9	1,5	0,8	4,3	6	
Grenzdif. Frühjahrssaat ²						13,7		17,1			7,3		16,5		5,2										
Mittelwerte	Iceberg					72	19	65	6	36	45	68	72	10	12	3	23,3	5,5	5,9	122	21,1	4,2	24,3	26,2	
	Cheyenne					89	12	88	3	36	48	78	83	8	8	4	28,8	4,3	5,3	156	20,5	5,1	31,1	36,7	
	Lucy					71	10	71	5	34	45	78	78	8	11	3	31,2	6,1	5,1	127	20,6	5,6	26,9	26,7	
	Hardy					88		99			39		46		15	3									
F-Test Sorten ¹						9,95***	2,47	15,69***	15,16***	0,87	4,51*	6,79*	18,71***	0,73	6,98**	3,16	7,24*	1,66	6,85*	28,65***	0,3	5,88*	5,63	8,5*	
Grenzdifferenz ²						9,7	9,0	12,1		4,2	5,2	6,7	11,7	5,2	3,7		5,5	2,6	0,5	10,9	1,8	1	5,3	7,4	

¹ Signifikanzniveaus: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test ($\alpha=5\%$)³ H-Test (Rangvarianzanalyse), 1=beste Entwicklung (16.04.) bzw. kein Lager⁴ ohne 3. Wdh. wegen starken Ausreißern

Tab. 76: Ergebnisse im Versuch Wintererbse, D-Heitersheim 2005

Varianten		Termine				Bestandesdichte			Bestandesentwicklung							Parzellenertrag und Ertragskomponenten ⁴									
Saattermin	Sorte	Feldaufgang	Blühbeginn	Blühende	Ermterei	Feldaufgang	Auswinterung	Frühjahr	Frostsch. 08.02. (Blattfläche)	Frühjahrs- wüchsigkeit ³	Höhe 11.05.	Höhe 15.06.	Bodendck. 07.06.	Unkr.dck. 07.06.	Lager 07.06. ³	Ertrag (w=14%)	Hülsen/Pfl.	Körner/Hülse	TKM (w=14%)	Prot.geh. (TM)	Proteintrag	Strohtr. (TM)	Stroh-N		
						%	%	Pfl./m ²	%	(1-9)	cm	cm	%	%	(1-9)	dt/ha			g	%	dt/ha	dt/ha	kg/ha		
14.10.	Iceberg	29.10.	04.05.	01.06.	16.06.	93	13	73	2	3	34	51	63	9	4	34,7	6	5,4	115	22,3	6,7	20,9	24,9		
	Cheyenne					107	4	92	6	3	29	50	65	11	4	38,3	5,7	5,3	150	21,7	7,1	39,2	51,1		
	Lucy					107	11	85	4	3	30	54	75	8	3										
16.11.	Iceberg	01.02.	17.05.	07.06.	22.06.	63	3	56		8	32	45	65	15	2										
	Cheyenne					74	0	68		7	24	49	70	15	3	15,4	4,3	5,1	130	21,6	2,9	22,1	21,7		
	Lucy					84	1	74		7	27	49	75	9	2	21,7	6,3	4,6	120	20,6	3,9	20,9	18		
17.03.	Hardy	31.03.	26.05.	09.06.	29.06.	99		89			21	46	72	14	3	15,3	2,5	4,9	122	20,8	2,7	18	16,1		
04.04.	Hardy	22.04.	01.06.	16.06.	04.07.	110		99			13	39	57	7	3	7,8	2,1	4,1	117	24	1,6	18	18,2		
F-Test Saattermin x Sorte ¹						0,17	0,5	0,38	6,23	8,53	0,01	0,21	0,06	0,22	3,42										
Grenzdifferenz ²						27,7	10,1	23,3	3,2	8,53	13,4	11,9	21,8	11,7											
Mittelwerte Saattermin	14.10.	29.10.	04.05.	01.06.	16.06.	102	9	83		3	31	52	68	10	4										
	16.11.	01.02.	17.05.	07.06.	22.06.	73	1	66		7	28	47	70	13	2										
	17.03.	31.03.	26.05.	09.06.	29.06.	99		89			21	46	72	14	3										
	04.04.	22.04.	01.06.	16.06.	04.07.	110		99			13	39	57	7	3										
F-Test Saattermin ¹						7,96**	9,23*	4,25*		13,37***	0,92	1,75	1,16	1,47	4,23										
Grenzdif. Herbstsaat ²						16	5,8	13,4			8,2	6,9	12,6	6,7											
Grenzdif. Frühjahrssaat ²						27,7		23,3			16,5	11,9	21,8	11,7											
Mittelwerte Sorten	Iceberg					78	8	65		6	33	48	64	12	3										
	Cheyenne					90	2	80		5	26	50	68	13	4										
	Lucy					95	6	80		5	28	51	75	9	2										
	Hardy					105		94			17	43	64	11	3										
F-Test Sorten ¹						2,94	1,75	4,91*		2,45	2,66	1,83	1,01	0,5	2,21										
Grenzdifferenz ²						19,6	7,1	16,5			9,5	8,4	15,4	8,3											

¹ Signifikanzniveaus: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test (α=5%)³ H-Test (Rangvarianzanalyse), 1=beste Entwicklung (22.04.) bzw. kein Lager⁴ keine Varianzanalyse (>50% Fehlparzellen)

Die Auswinterungsverluste lagen in beiden Jahren bei Oktobersaat signifikant höher als bei Novembersaat, unterschieden sich hingegen zwischen den Sorten nicht signifikant. Den Beobachtungen nach dürfte Vogelfraß sowohl bei den Zählungen zum Feldaufgang als auch zur Auswinterung eine Rolle gespielt haben, die jedoch nicht quantifiziert werden kann.

Eine im Vergleich der Winterformen signifikant höhere Bestandesdichte nach Winter wurde 2004 durch CHEYENNE bzw. 2005 durch Oktobersaat erzielt, was in beiden Fällen vor allem auf den Feldaufgang zurückzuführen ist.

Frühjahr und Sommer

- Der Saattermin hatte einen deutlichen Einfluss auf die Blühphase, während Sortenunterschiede nur tendenziell (2004) beobachtet wurden. Die Oktobersaaten blühten in beiden Jahren etwa von 04.05.-01.06. Im Vergleich blühten die Novembersaaten ca. 1-2 Wochen später, die Märzsaat ca. 3 Wochen und die Aprilsaat 4 Wochen später. Zudem wurden die Blühphasen mit späterem Blühbeginn kürzer.
- Bei der vegetativen Entwicklung hatten die Oktobersaaten zunächst einen Vorsprung, wurden jedoch bis Juni von den Novembersaaten, und 2005 auch von der Märzsaat eingeholt. Sortenunterschiede waren gering, tendenziell wirkte jedoch ICEBERG weniger wüchsig als CHEYENNE und LUCY. Die Wintersorten erreichten zwischen Ende April und Anfang Mai geschlossene Reihen, wobei die Novembersaaten im 2. Jahr vergleichsweise lückig blieben.
- Die Sommersorte HARDY wies 2004 einen kümmernden Wuchs, lückige Bestände und mangelnden Hülsenansatz auf. Sie wurde daher nicht beerntet. 2005 blieben die im April gesäten Bestände weit hinter den im März gesäten zurück und erreichten keine geschlossenen Reihen.
- Die Erntereife wurde 2005 in der 2. Junihälfte erreicht, 2004 hingegen nach starken Niederschlägen erst Anfang Juli.

Verunkrautung, Krankheiten, sonstige Schadfaktoren

- Unkrautaufwuchs fand erst nach dem Winter statt. 2004 dominierten die Arten *Chenopodium album*, *Polygonum lapathifolium*, *P. convolvulus*, *Matricaria chamomilla* und *Papaver rhoeas*, 2005 hingegen vor allem *Cirsium arvense*. Die Unkrautdeckung lag stets in der Größenordnung von 10-15% und schien vor allem räumlich bedingt zu sein. Variantenunterschiede traten praktisch nicht auf (Ausnahme: geringere Verunkrautung bei Cheyenne am 07.06.2004). Während 2004 die mechanische Bekämpfung und ein zügiger Reihenschluss die Verunkrautung begrenzte, musste 2005 in der 1. u. 2. Wdh. von Hand gejätet werden, um den hohen Besatz mit *C. arvense* zu reduzieren.
- 2004 traten in der 3. Wdh. Fehlstellen und bei einzelnen Parzellen starke Mindererträge auf, die vermutlich durch Bodenunterschiede (Kies, Wasserführung) verursacht wurden. Erträge und daraus errechnete Daten wurden daher nur aus 2 Wiederholungen berücksichtigt.

- 2005 trat insbesondere in der 1. u. 2. Wdh Staunässe auf (3. Wdh. wies offenbar weniger Verdichtungen auf, was durch einen geringeren Besatz mit *C. arvense* bestätigt wird) → als Folge Befall mit *Pseudomonas pisi* ab Mitte Mai, v.a. an den Wintersorten (Foto: 01.06.2005), Bestände schienen sich zunächst zu erholen, brachen aber aufgrund des maroden Stängelgrundes nach Mitte Juni völlig zusammen und reagierten mit Kornausfall. 14 von 24 Parzellen



konnten nicht beerntet werden, weshalb nur lückenhaft Ertragsdaten vorliegen und keine Varianzanalyse möglich war.

Foto 9: Staunässe-Spätschaden an Wintererbsen

- Lager wurde 2004 zur Ernte und 2005 bereits am 07.06. bonitiert. Es wurden keine signifikanten Variantenunterschiede und keine extreme Lagerneigung festgestellt, da der oben beschriebene Totalzusammenbruch 2005 erst nach der Bonitur erfolgte.

Folgende Schaderreger befielen die Erbsen im Laufe der Vegetationszeit:

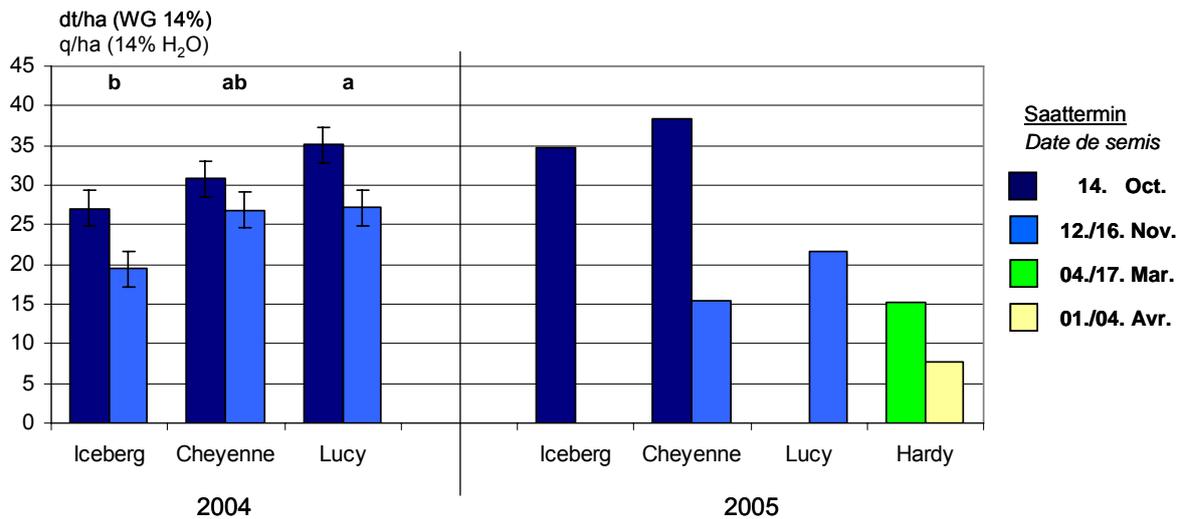
- Blattrandkäfer (*Sitona lineata*): beide Jahre im April, mittelstarker Befall
- grüne Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum*): beide Jahre ab Ende Mai
 - 2004 massiver Befallsdruck, der am 10.06. mit Pyrethrum eingedämmt werden musste, da die vorhandene *Coccinelliden*-Population nicht spürbar zunahm
 - 2005 geringerer Befallsdruck, bereits ab 01.06. Reduktion des Befalls durch wachsende *Coccinelliden*-Population (Adulte, Larven und Gelege beobachtet), Konzentration der Läuse auf noch grüne Varianten (HARDY, besonders Aprilsaat)
- Erbsenwickler (*Laspeyresia nigricana*): starker Befall am Erntegut 2005 führte zu Qualitätsminderung

Ernte und Ertrag

Die Ernten erfolgten (soweit möglich) am 06.07.2004 und am 29.06.2005. Abb. 30 zeigt die Erträge der Wintererbsen 2004, sowie die verfügbaren Ertragsdaten 2005. Es wird deutlich, dass die Oktobersaaten den Novembersaaten ertraglich überlegen sind (2004 signifikant), und dass das Ertragspotenzial der Wintererbsen deutlich über 30 dt/ha liegt. LUCY war 2004 signifikant ertragreicher als ICEBERG.

Ertragsaufbau

Zwar lagen 2004 bei Kornzahl/Hülse und TKM Unterschiede zwischen den Varianten vor, jedoch konnte kein direkter Zusammenhang mit dem Ertrag festgestellt werden. Der Kornertrag korrelierte hingegen signifikant positiv mit dem Strohertrag ($r_{2004} = 0,74^{**}$). Die Proteingehalte unterschieden sich nicht signifikant.



Ergebnisse 2005 teilweise von nur einer Parzelle oder ganz fehlend, daher keine Varianzanalyse
 Fehlerindikator = Grenzdifferenz der Saatzeitmittelwerte (Haupteffekt)
 Sorten mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich im Mittelwert nicht signifikant

Abb. 30: Erträge von Winter- und Sommererbsen, D-Heitersheim 2004 und 2005

Sortenvergleich

Die Aussagekraft der Versuche ist aufgrund der geringen Zahl auswertbarer Daten begrenzt. Im Rahmen der Versuche erscheinen die Wintersorten hinsichtlich Konkurrenzkraft und Ertragsniveau der Sommersorte HARDY überlegen. ICEBERG bildete sowohl bei der vegetativen Entwicklung als auch beim Ertrag das Schlusslicht, während LUCY und CHEYENNE weitgehend gleichwertig erschienen.

4.5.2.2 Sortenwahl (F-Sausheim und F-Elsenheim, 2004/05)

Versuche F-Sausheim und F-Elsenheim 2004

Frosttoleranz der Wintersorten

Nachdem der Winter relativ mild war, kam es zwischen Feldaufgang und Winterende, unabhängig von Sorte und Standort, zu keinen frostbedingten Verlusten: Im ungünstigsten Fall betrug die Verlustrate zwischen Januar und März 7%.

Zwischen Aussaat und erster Zählung (Ende Januar) sind die Verluste höher, insbesondere in Sausheim, wo die Verluste zwischen Aussaat und Winterende, je nach Sorte, zwischen 30 und 47% liegen (s. Abb. 31). Sie dürften z.T. auf Schädlinge wie Vögel zurückzuführen sein.

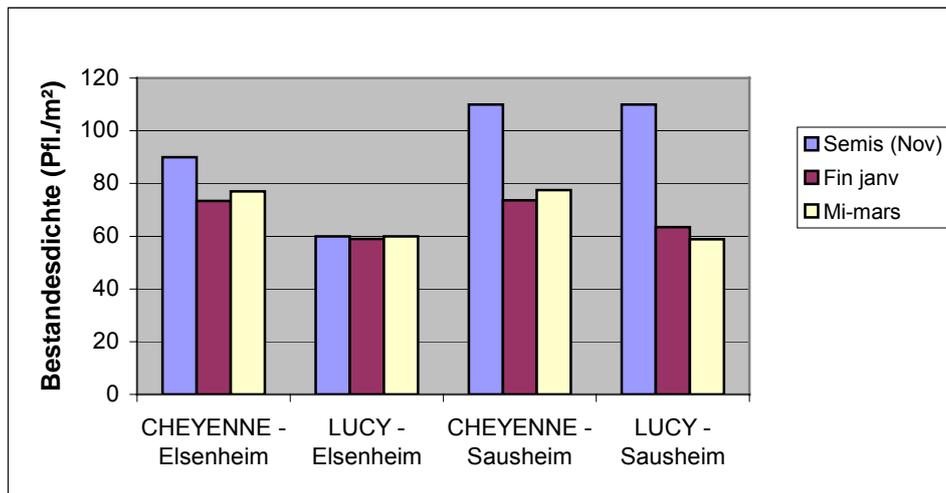


Abb. 31: Entwicklung der Bestandesdichte von Wintererbsen in Abhängigkeit von Sorte und Standort, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004

Wegen der Unterschiede beim Boden, bei der Bodenbearbeitung und beim Unkrautdruck wurde die Saatstärke in Sausheim erhöht. Nach Winter waren die Bestandesdichten der einzelnen Sorten an den beiden Standorten vergleichbar.

Außerdem ist die Bestandesdichte der Sorte CHEYENNE an beiden Orten signifikant höher (bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit) gegenüber LUCY, aus folgenden Gründen:

- in Elsenheim wegen einer unbeabsichtigterweise niedrigeren Saatstärke als für LUCY,
- in Sausheim, wegen einer höheren Verlustrate als bei LUCY.

Entwicklungsverlauf und Frühreife

Innerhalb eines Typs gab es Unterschiede zwischen den beiden geprüften Sorten:

- die Wintererbse CHEYENNE blüht früher als LUCY,
- die Sommersorte HARDY blüht früher als die Sorte NITOUCHE.

Betrachtet man darüber hinaus die beiden frühesten Sorten von jeder Form, so blühte die Winterackerbohne CHEYENNE Anfang März, etwa drei Wochen vor der Sommer-Ackerbohne HARDY.

Die Sortenunterschiede beim Ende der Blüte und bei der Reife zwischen Winter- und Sommerform sind variabel in Abhängigkeit vom Standort, wegen Lausbefall und Sommerniederschlägen (s. Anhang).

Krankheiten und Schädlinge

In Elsenheim wurde im März bei den meisten Wintererbsen der Haupttrieb von **Hasen** abgefressen. Später wurden aber neue Triebe gebildet.

Nach einem milden Winter und trockenen Frühjahr war im Jahr 2004 an beiden Standorten ein sehr starker Befall mit der **grünen Erbsenlaus** zu verzeichnen.

An beiden Standorten war der Befall der Wintererbsen geringer. Auch die Schadwirkung war dort geringer als bei den Sommererbsen, obwohl diese mit der doppelten Dosis Rotenon

behandelt wurden. Die ersten Läuse wurden um den 20. - 25. Mai beobachtet, zwei Wochen nach Blühbeginn der Wintererbsen, aber nur wenige Tage vor Blühbeginn der Sommererbsen.

In Elsenheim wurde der Versuch Ende Mai beregnet und am 05./06. Juni dann mit Rotenon behandelt, wobei die Sommererbsen die doppelte Dosis der Wintererbsen bekamen.

In Sausheim gab es keine Beregnungsmöglichkeit. Die Rotenonbehandlung erfolgte am 08. Juni und erstreckte sich nur auf die Sommererbsen, welche sehr stark befallen waren (s. Tab. 77) und bereits sichtbare Schäden aufwiesen. Am Ende erwiesen sich die Schäden in Sausheim als wesentlich bedeutender als in Elsenheim.

Tab. 77: Ungefähre Anzahl grüner Erbsenläuse pro Pflanze in Abhängigkeit von Form und Ort, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004

	Elsenheim		Sausheim	
	04.06.04 (vor der Behandlung)	09.06.04 (nach der Behandlung)	02.06.04 (vor der Behandlung)	10.06.04 (nach der Behandlung)
Sommererbsen	75-160	20-80	100-350	30-85
Wintererbsen		6-60		7-18

Anmerkung: Die gemeinhin empfohlene Bekämpfungsschwelle liegt bei 20 grünen Erbsenläusen je Pflanze.

Infolge von feuchter Witterung entwickelte sich anschließend bei der Sommersorte NITOUCHE noch Mehltaubefall, der dazu geführt hat, dass die Hülsen grün blieben.

Konkurrenzskraft gegenüber Unkraut

In Elsenheim gab es bei den Sommersorten zwischen Aussaatstärke und Auflaufdichte mit 16% ähnlich hohe Verluste wie bei der Wintersorte CHEYENNE. Nachdem die Saatstärken von Sommer- und Winterformen nahe beieinander liegen, sind die Bestandesdichten im Frühjahr bei den Sommersorten HARDY und NITOUCHE sowie bei der Wintersorte CHEYENNE ähnlich. Sie liegen über derjenigen der Wintersorte LUCY.

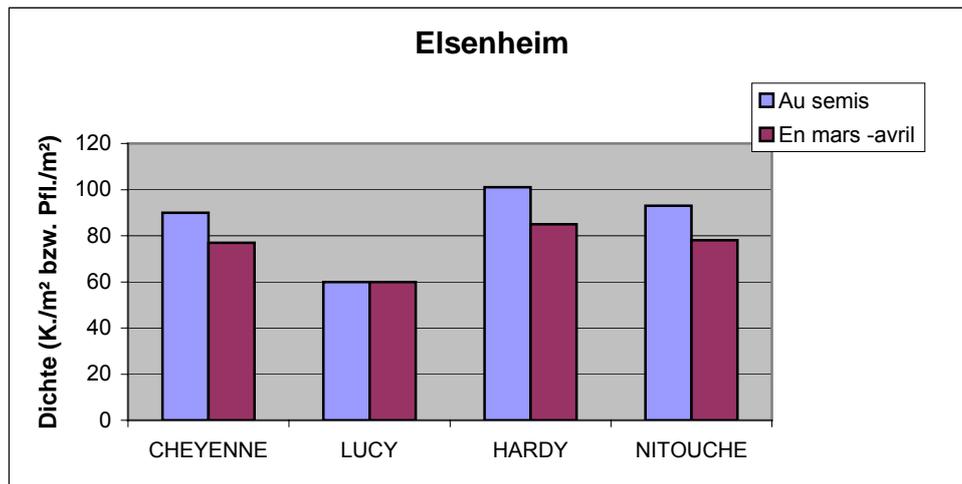


Abb. 32: Vergleich der Dichten bei Winter- und Sommererbsen in F-Elsenheim 2004

Letztere hat aber eine weniger aufrechte Haltung als CHEYENNE, so dass es bei der Bodenbedeckung und bei der Verunkrautung zwischen diesen beiden Wintersorten keinen signifikanten Unterschied gibt.

Dagegen scheint die Verunkrautung bei Blühbeginn und bei der Ernte in den beiden Wintersorten geringer als in den Sommersorten zu sein.

In Sausheim ist die Verlustrate zwischen Saat und Auflaufen bei NITOUCHE höher als bei der anderen Sommersorte HARDY. Im Frühjahr haben also die Sorten CHEYENNE (Winter) und HARDY (Sommer) eine höhere Bestandesdichte als die Sorten LUCY (Winter) und NITOUCHE (Sommer) und sie neigen zu einer geringfügig schwächeren Verunkrautung.

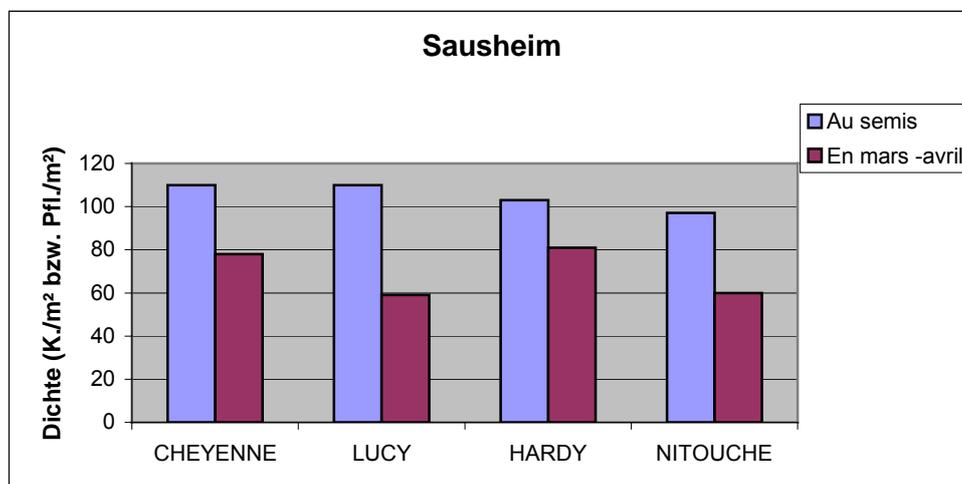


Abb. 33: Vergleich der Dichten von Winter- und Sommererbsen am Standort F-Sausheim 2004

Die Bestandesdichte der Sommersorte HARDY ist im Frühjahr an beiden Standorten gleich.

Was die **Wuchshöhe** betrifft, sind zum jeweiligen Blühbeginn die Sommersorten höher als die Wintersorten, wobei sich die Unterschiede später wieder ausgleichen.

In Sausheim hat das Wachstum der Sommersorten infolge des starken Läusebefalls fast aufgehört, so dass bei Blühende und Ernte die Wintererbsen höher waren.

In **Elsenheim** gibt es keine klaren Unterschiede in der Wuchshöhe von Winter- und Sommererbsen bei Blühende und Ernte, aber die Wintererbsen erwiesen sich als deutlich standfester.

Weitere Beobachtungen während der Vegetationszeit

In **Elsenheim** wurden die Wintererbsen Anfang April gelb und die Wurzelknöllchen wurden weniger. Anschließend wurden die Pflanzen, insbesondere die jungen Blätter wieder grün. Es könnte sich dabei um Symptome einer **Eisenchlorose** gehandelt haben, da der Schlag einen hohen pH-Wert (8) aufweist und man den Boden mit Säure zum aufbrausen bringen kann.

Erträge

Die Wintererbsen kamen auf beiden Standorten auf 31-33 dt/ha (bei 14 % Feuchte).

In **Sausheim** liegen sie deutlich über denen der Sommererbsen, da die letzteren stark unter Läusebefall gelitten haben. Den geringsten Ertrag brachte NITOUCHE, die auch zuletzt geblüht hat.

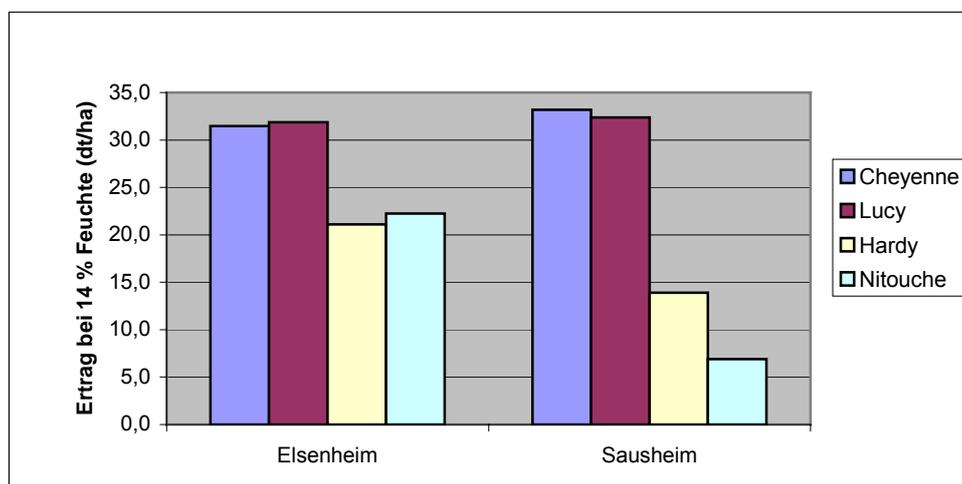


Abb. 34: Vergleich der Kornerträge von Winter- und Sommererbsen in Abhängigkeit von Sorte und Standort, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004

In **Elsenheim** gibt es keine großen Ertragsunterschiede zwischen Winter- und Sommerformen. Die Wintererbsen konnten dort aber erst Ende Juli geerntet werden, zusammen mit den Sommererbsen, da es ab Anfang Juli wiederholt regnete und der Boden nicht befahrbar war. Einige Hülsen begannen bereits aufzuplatzen. Die geerntete Menge liegt deshalb wahrscheinlich unter den Möglichkeiten von Wintererbsen.

Es konnte auch festgestellt werden, dass Wintererbsen eine größere **Hülsenzahl pro hülsentragendem Trieb** aufweisen als Sommererbsen. Dies wird jedoch aufgewogen durch eine größere TKM von Sommererbsen:

Tab. 78: Vergleich der TKM von Eiweierbsen in Abhängigkeit von Sorte und Standort (in g bei 14 % Feuchte)

Sorte	Form	Elsenheim	Sausheim
CHEYENNE	W	187	186
LUCY	W	157	156
HARDY	S	238	241
NITOUCHE	S	250	245

Es gibt jedoch auch Unterschiede zwischen den Sorten einer Form:

- bei den Wintersorten weist CHEYENNE eine höhere TKM als LUCY auf,
- bei den Sommersorten scheint es bei NITOUCHE höher zu liegen.

So hat also die Wintersorte LUCY die niedrigste TKM und die geringste Bestandesdichte in beiden Versuchen. Sie scheint jedoch mehr hülsentragende Triebe je Pflanze zu bilden, so dass sie mehr Hülsen je Pflanze aufweist mit dem Ergebnis, dass ihr Ernteergebnis nicht unter dem von CHEYENNE liegt.

Der Proteingehalt von Winter- und Sommersorten liegt etwa gleichauf, kann bei den Sommersorten aber eine Idee höher steigen (besonders bei NITOUCHE). Nachdem aber die Erträge der Wintersorten höher liegen (insbesondere in Sausheim) gilt dies auch für die Eiweißerträge:

Tab. 79: Korn- und Eiweißerträge von Winter- und Sommererbsensorten, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004

Ort	Form	Kornertrag (dt/ha)	Eiweißgehalt (% i.d.TM)	Eiweißertrag (dt/ha)
Elsenheim	Winter	31,7	22,8	6,2
	Sommer	21,7	24,8	4,6
Sausheim	Winter	32,8	26,0	7,3
	Sommer	10,4	27,9	2,5

Versuch F-Elsenheim 2005

Frosthärte der Wintersorten

Der Winter war ziemlich kalt, aber es gab einige Tage mit Schneebedeckung und nur 4 Tage, verteilt über den Zeitraum Januar bis März, mit Temperaturen unter -10°C (Schwelle, ab der es der Wintererbsensorte CHEYENNE zu Frostschäden kommen kann). Im übrigen konnten keine Pflanzenverluste infolge von Frost festgestellt werden.

Der Aufgang der Wintersorten erfolgte sehr zögerlich und ungleichmäßig zwischen Dezember und März mit einer hohen Verlustrate von etwa 45% zwischen Aussaat und Feldaufgang im März. Diese Verluste sind größtenteils auf die schlechten Aussaatbedingungen im Herbst (gefrorener Boden, der noch etwas anhaftet, sehr kiesig, verstopfte Saschare und unterschiedliche Ablagetiefe) zurückzuführen.

Wegen der ungünstigen Aussaatbedingungen wurde die Saatstärke jedoch erhöht, so dass im Frühjahr doch eine Bestandesdichte der Wintererbsen von mindestens 70 Pfl./m² erreicht wurde, was dem Wert von 2004 ziemlich nahe kommt. Der kleine Unterschied zwischen den beiden Sorten ist durch einen - unbeabsichtigten - Unterschied bei der Aussaatmenge bedingt.

Entwicklungsverlauf und Abreife

Infolge des kalten Winters erfolgte der Auflauf der Wintererbsen langsam und spät. Dagegen waren die Aussaatbedingungen der Sommererbsen sehr gut, was zu einem schnellen Auflauf innerhalb von zwei Wochen führte.

Wie im Jahr 2004 begannen die Wintererbsen um den 10. Mai zu blühen und damit 17-20 Tage vor den Sommererbsen. Im weiteren Vegetationsverlauf hat sich der Abstand zwischen den Winter- und Sommersorten verringert (Tabelle der Termine der Entwicklungsstadien s. Anhang). Die Blühdauer sowie der Zeitraum der Hülsenbildung ist bei den Wintererbsen also länger.

Daneben gibt es auch Sortenunterschiede: So ist die Wintersorte CHEYENNE früher in der Blüte und in der Reife als LUCY; dasselbe gilt für die Sommersorte HARDY im Vergleich zu NITOUCHE.

Krankheiten und Schädlinge

Im Gegensatz zu 2004 gab es in diesem Jahr kaum Läuse bei den Sommererbsen und praktisch gar keine bei den Wintererbsen. Außerdem waren die Marienkäfer sehr zahlreich und bereits vor den Läusen anzutreffen.

Schäden von Erbsenkäfer oder Erbsenwickler wurden nicht beobachtet.

Krankheiten traten in diesem Versuch weder bei Winter- noch bei Sommererbsen auf.

Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern

Nachdem der Auflauf der Wintererbsen ziemlich ungleichmäßig war, gab es mancherorts fast unbedeckte Bereiche, die so kiesig waren, dass dort im Frühjahr auch kein Unkraut stand.

Der Auflauf der Sommererbsen war gut und schnell, insbesondere bei der Sorte HARDY. Bei NITOUCHE war er etwas langsamer und ungleichmäßiger, mit etwas größeren Verlusten, wie 2004 in Sausheim. Vielleicht hängt das mit dem größeren Korn zusammen, das mehr Zeit für die Quellung und schließlich die Keimung benötigt?

Im Frühjahr wies dann die Sommersorte HARDY die höchste und die Wintersorte CHEYENNE die geringste Bestandesdichte auf (s. Abb. 35).

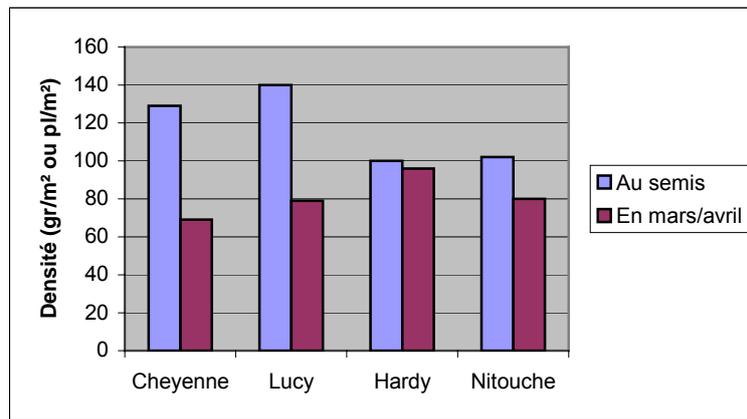


Abb. 35: Saatstärke und Bestandesdichte im Frühjahr von Winter- und Sommererbsen, F-Eisenheim 2005

Über Winter war das Hauptunkraut der efeublättrige Ehrenpreis (*Veronica hederifolia*), der auf dem Boden entlang kriecht. Hinzu kam immer mehr Klettenlabkraut (*Galium aparine*), welches die Erbsen schließlich überwuchs. Dies etwas stärker bei den Sommererbsen (insbesondere bei NITOUCHE), trotz deren guter Bodenbedeckung. Bei der Ernte kam es infolgedessen zu einem Besatz von 5-7% (hauptsächlich mit Samen des Klettenlabkrauts)²⁴.

Wie im Jahr 2004 sind die Wintererbsen zu Beginn der Blüte niedriger als die Sommererbsen. Zu Ende der Blüte ist der Höhenunterschied zwischen Winter- und Sommerform jedoch nicht mehr signifikant.

Verhalten der neuen Sorten APACHE und CHEROKEE

Deren Wuchshöhe ist etwa gleich derjenigen der Versuchssorten CHEYENNE und CHEROKEE. Ihre Standfestigkeit ist besser als die der Sorte DOVE. Sie sind genauso früh in der Blüte und in der Reife wie CHEYENNE. Wie bei den anderen Sorten waren auch hier keine abgefrorenen Pflanzen festzustellen.

Ernte und Erträge

Die **Erträge** bewegten sich dieses Jahr zwischen 41 und 53 dt/ha. Die Sommersorte HARDY ist den drei anderen Winter- und Sommersorten ertraglich überlegen, dies wohl auch wegen ihrer etwas höheren Bestandesdichte (s. Abb. 36).

Die Erträge der drei anderen Sorten sind ähnlich. Die Wintersorten haben eine niedrigere Tausendkornmasse als die Sommersorten, was jedoch durch eine größere Anzahl von Hülsen und Körnern pro Pflanze kompensiert wird.

²⁴ Schätzung des Mittelwerts anhand von Ernteproben.

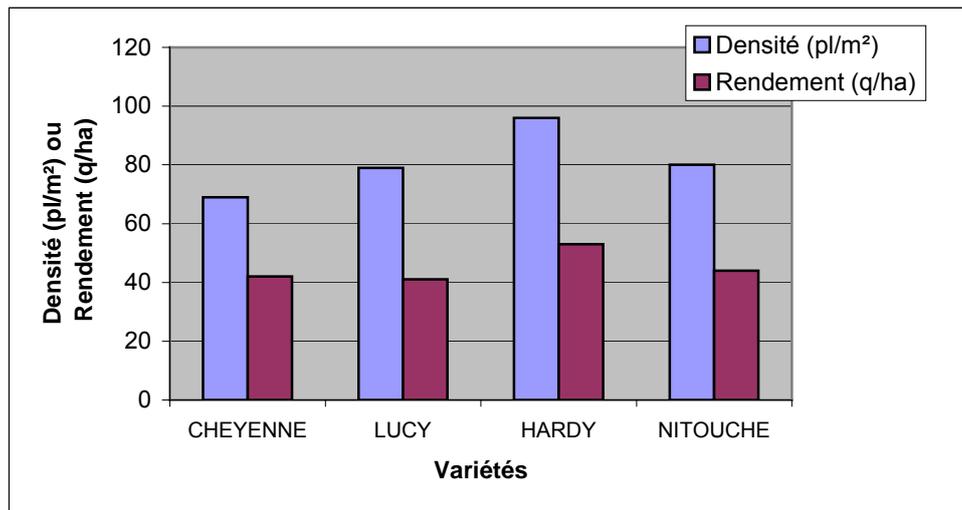


Abb. 36: Vergleich von Bestandesdichte und Kornertrag der Erbsensorten, F-Elsenheim 2005

Hinzuweise ist darauf, dass die **Wintererbsen zu spät geerntet** wurden (Anfang Juli). Da sie schon überreif waren, brachen die Bestände zusammen und gingen ins Lager. Dies hat zu Kornverlusten bei der Ernte geführt, insbesondere bei der Sorte LUCY, deren Kornzahl pro Pflanze sicher unterschätzt wurde. Dagegen konnten die Sommerackerbohnen zum richtigen Zeitpunkt geerntet werden: NITOUCHE war im optimalen Reifestadium und HARDY begann zu lagern und nur wenige Hülsen begannen aufzuplatzen.

Die Standfestigkeit der Sorten CHEYENNE und LUCY war gut bis zur Reife, im Gegensatz zur Sorte DOVE, die neben dem Versuch stand. Diese produzierte sehr viel Biomasse, begann jedoch früher in die Knie zu gehen und lag bei der Ernte fast flach am Boden.

Die **Kornerträge** lagen in diesem Jahr **höher als 2004** (s. Abb. 37), besonders bei den Sommererbsen (mit 20-30 dt/ha bei den Sommer- gegenüber 10 zusätzlichen dt/ha bei den Wintererbsen).

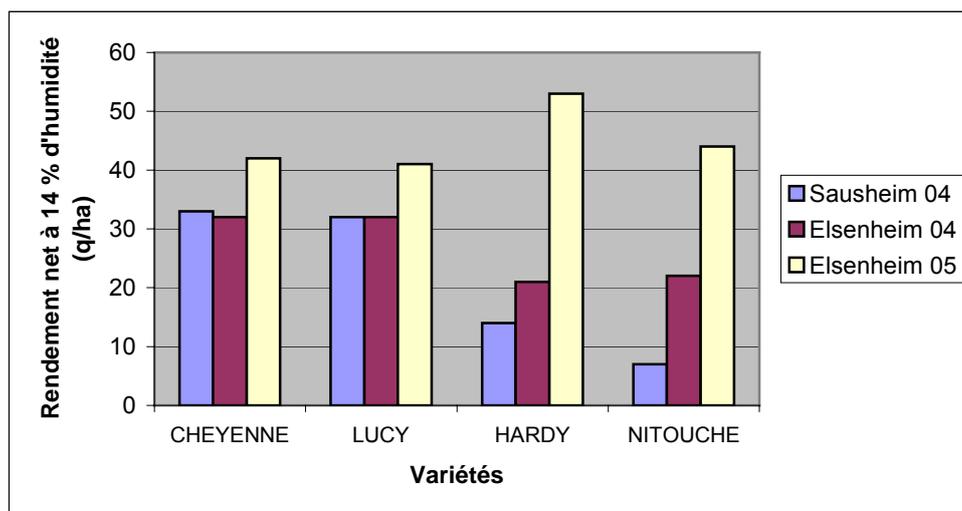


Abb. 37: Vergleich der Netto-Kornerträge zwischen Erbsensorten, Standorten und Versuchsjahren im Elsass

Bei den Sommererbsen erklärt sich der Unterschied zum größten Teil durch eine **größere Kornzahl pro Pflanze im Jahr 2005 gegenüber 2004** an beiden Standorten (s. Abb. 38).

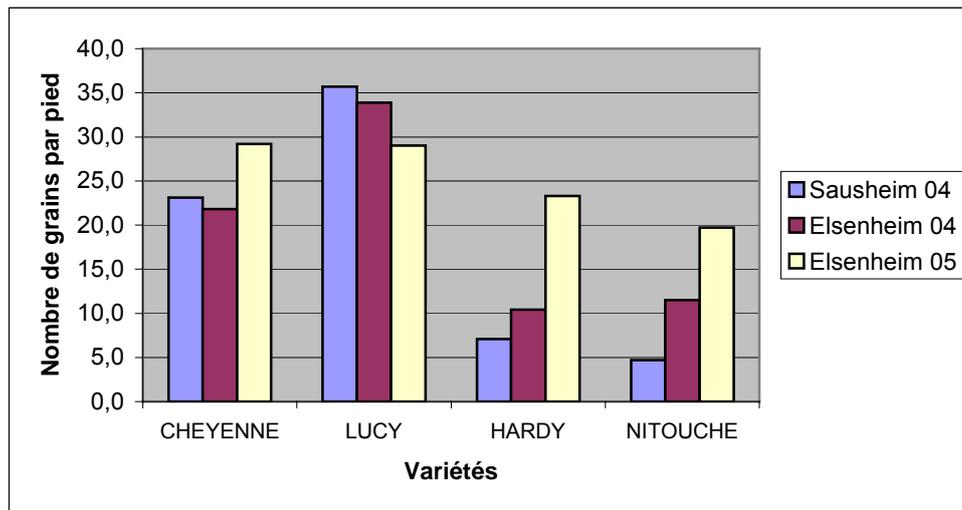


Abb. 38: Vergleich der der Kornzahl pro Pflanzen zwischen Erbsensorten, Standort und Jahr

Die höhere Kornzahl pro Pflanze bei den Sommererbsen ist auf das Fehlen von Läusebefall im Jahr 2004 zurückzuführen, während der Läusebefall 2004 sehr hoch war und große Schäden während der Blüte verursachte, besonders in Sausheim, wo Rotenone zu spät eingesetzt wurde.

Auch die Tausendkornmasse spielt eine gewisse Rolle, da sie bei den meisten Sorten 2005 höher war als 2004. Sie erreicht in diesem Jahr auch die von Arvalis für Frankreich angegebenen Durchschnittswerte (s. Abb. 39)

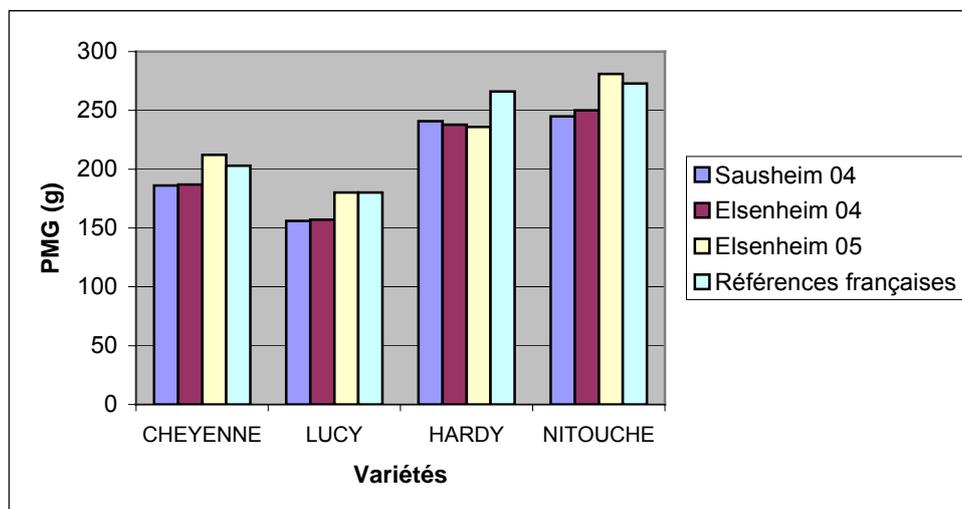


Abb. 39: Vergleich der Tausendkornmasse (g) zwischen Sorten, Standorten und Versuchsjahren im Elsass

Diese höher Tausendkornmasse lässt sich mit einer gegenüber 2004 besseren Wasserversorgung erklären, vor allem dank der Beregnung (s. Abb. 40). Lediglich die Sorte HARDY weist eine ähnliche TKM auf wie im Jahr 2004. Sie hatte jedoch eine größere Bestandesdichte und eine höhere Kornzahl pro Pflanze als 2004 und als die anderen Sorten im Jahr 2005.

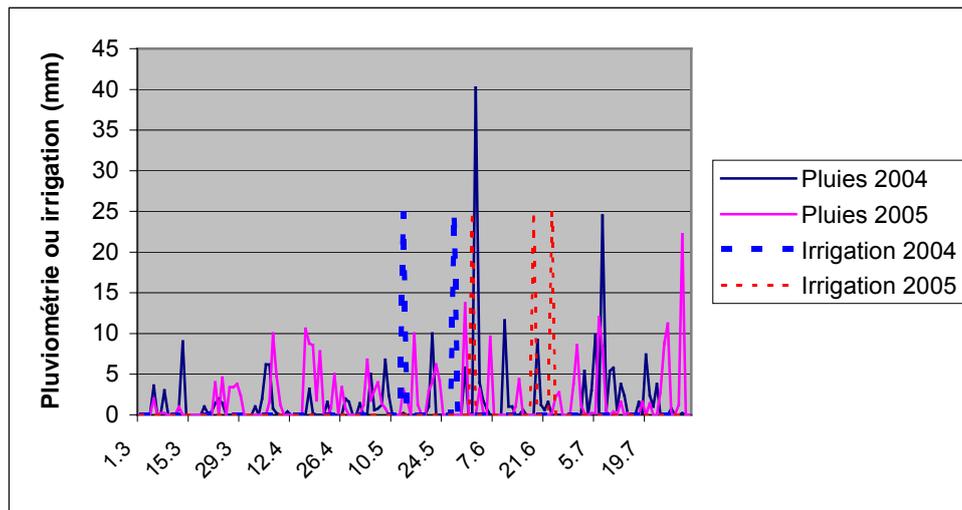


Abb. 40: Niederschläge und Beregnung zu Sommererbsen in Elsenheim in den Monaten März bis Juli der Jahre 2004 und 2005

Der Eiweißgehalt ist bei der Wintersorte LUCY etwas höher als bei der Sommersorte HARDY. Da die letztere jedoch einen höheren Kornertrag lieferte, ist auch deren Eiweißertrag höher als der von LUCY (s. Tab. 80).

Tab. 80: Korn- und Eiweißerträge von Erbsensorten, F-Elsenheim 2005

Erbsentyp	Kornertrag (dt/ha)	Eiweißgehalt (% TM)	Eiweißertrag (dt/ha)
Winter (Lucy)	41	21,0	7,4
Sommer (Hardy)	53	19,8	9,0

Im Jahr 2004 hatten beide Sorten einen höheren Eiweißgehalt (23%), aber die Kornerträge waren niedriger, insbesondere bei der Sommersorte HARDY.

Schlussfolgerung

Der Erbsenversuch 2004/05 zeigt, dass Sommersorten wie HARDY (und mit Abstrichen auch NITOUCHE) in günstigen Jahren mit guten Aussaat- und Auflaufbedingungen, fehlendem Läusebefall und ausreichender Wasserversorgung gute Erträge liefern können.

Für Wintererbsen war dieses Jahr nicht so günstig, wegen schlechter Aussaatbedingungen (mit etwas dünnen und ungleichmäßigen Beständen) und einer zu spät angesetzten Ernte (und Kornverlusten auf dem Feld)

Deshalb wurde in diesem Jahr das beste Ergebnis mit einer Sommersorte (HARDY) erzielt. Die Ernte der Wintererbsen im Stadium der Überreife hat den gemessenen Ertrag jedoch sicherlich beeinträchtigt, insbesondere den der Sorte LUCY, die eigentlich die höchsten Kornzahlen/Pflanze auf dem Feld zu verzeichnen hatte.

4.5.3 Winterlupine

4.5.3.1 Tastversuch (CH-Möhlin, 2003)

Anfang November befanden sich die Winterlupinen im 2-Blatt-Stadium. Die Auszählung zeigte, dass fast alle Lupinen aufgelaufen waren. Einige Pflanzen wiesen Fraßschäden auf, möglicherweise verursacht durch Rehe oder Hasen. Wenige andere Pflanzen waren – wahrscheinlich aufgrund von Wurzelschäden – bereits welk.

Im Januar befanden sich die Lupinen ungefähr im 6-Blatt-Stadium. Die Pflanzen der Sorte LUGAIN war deutlich wüchsiger und grüner als diejenigen der Sorte LUXE. Diese präsentierten sich braun und kraftlos. Die Auszählung zeigte dann auch, dass bei der Sorte LUXE nur noch 50% der Pflanzen lebten, bei der Sorte LUGAIN hingegen ungefähr 80%.

Der Winter 2002/2003 war ein außerordentlich kalter Winter mit einer Durchschnittstemperatur von 0,2 °C im Februar (s. Tab. 97). Deshalb überlebten nur sehr wenige Pflanzen bis in den März. Dafür verantwortlich war auch das häufige Gefrieren und Auftauen des Bodens. Dadurch wurden die Lupinen aus der Erde gehoben, wo sie dann erfroren. Die Auswinterung war so hoch, dass auf eine erneute Auszählung verzichtet wurde. Der Versuch wurde im Frühling abgebrochen.

Der Versuch zeigte aber deutlich, dass die Sorte LUGAIN frostresistenter ist als die Sorte LUXE und damit für die Schweiz eher in Frage käme.

4.5.3.2 Sortenwahl, Saatedichte und Saattiefe (CH-Reckenholz, 2004)

Die folgende Aufzählung gibt einen zeitlichen Überblick über die Entwicklung der Lupinen-Bestände:

26. September 03	Saat bei guten Bedingungen
25. Oktober 03	die meisten Lupinen im 2-Blatt-Stadium
25. November 03	alle Lupinen im 2-Blatt-Stadium
20. Februar 04	ca. 4. Blatt-Stadium
28. März 04	ca. 6-Blatt-Stadium
15. April 04	ca. 10-Blatt-Stadium
10. Mai 04	Beginn Blüte CH1811
18. Mai 04	Beginn Blüten LUGAIN und LUXE
25. Mai 04	Erste Blüte Nebentriebe CH1811
04. Juni 04	Blüte Nebentriebe LUXE und CH1811
07. Juli 04	Ende Blüte CH 1811 und LUGAIN, Blüten der 4. Etage bei LUXE (Fotos 10-12)
25. August 04	CH1811 und LUGAIN braun, LUXE erst Blätter abgefallen
02. September	Ernte LUGAIN und CH1811
22. September	Ernte LUXE



Foto 10: Winterlupinen-Sorte
Lugain anfangs Juli



Foto 11: Winterlupinen-Sorte
CH1811 anfangs Juli



Foto 12: Winterlupinen-Sorte
Luxe anfangs Juli

Die Sorte LUGAIN ist eigentlich eine unverzweigte Sorte (Foto 10). In unseren Beständen bildeten aber bis zu einem Drittel der Pflanzen Nebentriebe aus, sodass der Bestand relativ unregelmäßig abreifte.

Die Sorte CH1811 ist eine determinierte Sorte, es werden nur 2 hülsentragende Etagen ausgebildet (Foto 11).

Die Sorte LUXE ist unbestimmt und verzweigt, was in diesem Versuchsjahr zur Ausbildung mehrerer Etagen und damit zu einer langen Blühzeit und späten Abreife führte (Foto 12).

Krankheiten

Bei ungefähr 10% der Lupinen wurden im Dezember Wurzelschäden festgestellt. Die Analyse der Krankheitserreger zeigte, dass es sich wahrscheinlich hauptsächlich um *Fusarium* handelte. Bei einigen Lupinen war der Wurzelhals eingeschnürt und braun, hier schien *Fusarium avenaceum* der Erreger zu sein. Bei anderen Lupinen verfaulte die Wurzel im unteren Bereich, dies schien auf eine Infektion mit einer anderen *Fusarium*-Art zurückzuführen zu sein.

Vereinzelt wurde auch *Phoma herbarum*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium* und *Epicoccum* gefunden. Shield *et al.* (2000) geben als wichtigste Pilzkrankheiten von Winterlupinen im Spätherbst *Fusarium spp.* und *Botrytis cinerea* an.

Im Sommer war zu beobachten, dass in einigen Hülsen nur wenige und kleine Körner ausgebildet wurden. Die entsprechenden Pflanzentriebe machten zudem einen vertrockneten Eindruck. Möglicherweise sind die Symptome auf eine Infektion mit *Botrytis cinerea* zurückzuführen, die kranken Triebe wurden phytopathologisch allerdings nicht untersucht.

Pflanzenverluste & Auswinterung

Basierend auf der Pflanzenausählung war die Pflanzendichte der meisten Verfahren bereits im Dezember ungenügend, was auf krankheitsbedingte Verluste hinweist. Die Pflanzendichte nahm während des Winters bis in den Frühling weiter ab. Im Allgemeinen schien der negative Effekt der Krankheiten auf die Bestandesdichte weit größer zu sein als Frostschäden. Dies ist aber schwierig zu quantifizieren. In der Tab. 81 sind die aufgrund der Pflanzenausählungen berechneten Bestandesdichten für die einzelnen Varianten gezeigt.

Im Dezember zeigt ein Vergleich der Pflanzen auf dem Feld und der ausgesäten Kornzahl, dass bereits ungefähr ein Drittel der Pflanzen eingegangen war. Die Sorte LUXE schien etwas anfälliger für Verluste zu sein als CH1811, bei der Sorte LUGAIN verschwand im Schnitt nur ein Viertel der Pflanzen. Zwischen den Verfahren mit unterschiedlichen Saattiefen schien

kein Unterschied zu bestehen. Im Februar waren im Vergleich zu den schon ausgedünnten Dezember-Beständen nochmals über 40 % der Pflanzen verschwunden. Die kalten Januar-Temperaturen haben möglicherweise dazu geführt, dass ein Teil der bereits durch Krankheiten geschwächten Pflanzen eingingen, andere Pflanzen waren möglicherweise tatsächlich nicht genügend frostresistent. In der Zeitspanne von Februar bis März verschwand nochmals ungefähr ein Drittel der bis dahin überlebenden Lupinen. Im März bewegte sich die Pflanzendichte somit zwischen 2 und 13 Pflanzen pro Quadratmeter, was im Vergleich zu den ausgesäten 25 bis 35 Körner pro Quadratmeter enttäuschend war.

Tab. 81: Ausgezählte Pflanzendichten der einzelnen Verfahren zu verschiedenen Zeitpunkten als Mittelwert (MW) aus 4 Wiederholungen und Standardabweichung (kursiv)

Pflanzendichten		03.12.2003		20.02.2004		26.03.2004		Verlust Saat- Dez.	Verlust Dez.- Feb.	Verlust Feb.- März
Nr.	Verfahren (K=Körner)	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw			
1	Luxe 25 K/m ² 4cm	17.2	9.3	8.5	4.2	5.5	3.9	31%	51%	36%
2	Luxe 30 K/m ² 4cm	15.3	4.3	7.6	5.1	4.9	3.1	49%	51%	35%
3	Luxe 35 K/m ² 4cm	19.9	6.7	11.4	8.0	7.8	7.8	43%	43%	32%
4	Luxe 25 K/m ² 6cm	14.6	5.7	3.8	2.6	2.5	1.7	42%	74%	35%
5	Luxe 30 K/m ² 6cm	22.2	3.8	10.0	6.2	5.1	4.1	26%	55%	49%
6	Luxe 35 K/m ² 6cm	23.1	7.8	12.3	9.4	8.3	7.1	34%	47%	32%
7	Lugain 25 K/m ² 4cm	20.1	3.5	15.5	4.5	11.7	6.7	20%	23%	24%
8	Lugain 30 K/m ² 4cm	23.3	6.1	15.7	9.1	11.4	9.8	22%	33%	28%
9	Lugain 35 K/m ² 4cm	24.2	5.2	18.2	4.5	12.1	4.8	31%	25%	33%
10	Lugain 25 K/m ² 6cm	18.4	3.5	10.8	3.2	8.0	4.7	27%	41%	26%
11	Lugain 30 K/m ² 6cm	22.7	6.4	11.9	7.8	6.1	1.2	24%	48%	49%
12	Lugain 35 K/m ² 6cm	24.8	2.0	14.8	3.2	10.4	3.1	29%	40%	29%
13	CH 1811 25 K/m ² 4cm	18.6	3.4	13.4	2.9	9.5	2.4	26%	28%	30%
14	CH 1811 30 K/m ² 4cm	21.6	4.6	14.6	7.4	10.0	7.1	28%	32%	31%
15	CH 1811 35 K/m ² 4cm	22.7	4.5	17.2	6.3	12.9	7.1	35%	24%	25%
16	CH 1811 25 K/m ² 6cm	16.7	3.2	6.6	2.3	3.8	1.1	33%	60%	43%
17	CH 1811 30 K/m ² 6cm	22.7	3.1	10.4	5.0	7.4	5.2	24%	54%	29%
18	CH 1811 35 K/m ² 6cm	23.9	6.3	12.7	6.6	9.7	5.9	32%	47%	24%
Mittelwert		20.7		12.0		8.2		31%	43%	33%

Zusammenfassend ergaben sich folgende Ergebnisse:

- Bei den Varianten mit der Saattiefe 6 cm überlebten im Durchschnitt nur 23% der Pflanzen, bei den Varianten mit 4 cm Saattiefe 32 %.
- Bei der Sorte Luxe überlebten im Durchschnitt nur 19% der Pflanzen, bei der Sorte CH1811 30% und bei der Sorte LUGAIN 33% der Pflanzen.
- Bei den Varianten mit unterschiedlichen Aussaatstärken überleben bei allen drei Saatstärken ca. 30% der Pflanzen.

Aufgrund der ungenügenden Pflanzendichten wurde nur die 3. Wiederholung der Varianten mit 4 cm Saattedichte als Versuch weitergeführt. Eine Auszählung der Pflanzen im Mai zeigte, dass bei dieser Wiederholung im Durchschnitt 40% der Pflanzen überlebt hatten.

Die Pflanzen der Sorte Luxe waren im Juli ungefähr 80 cm hoch. Mit ungefähr 60 cm waren die Pflanzen der Sorte LUGAIN etwas kürzer (es wurden nur die Pflanzen ohne Nebentriebe gemessen). Die Sorte CH1811 gehört mit einer Pflanzenhöhe von ungefähr 40 cm eindeutig zum Typ „nain“ (=Zwerg).

Erträge

Die Erträge schwankten parzellen- und damit auch verfahrensabhängig zwischen 7 und 50 dt/ha (vgl. Tab. 82). Die Erträge sind wegen der fehlenden Wiederholungen statistisch nicht auswertbar. Das Ertragsniveau ist aber im Vergleich zu Sommerlupinen und unter Berücksichtigung der ungenügenden Pflanzendichten überraschend hoch. Bei der Sorte LUXE brachten zwei Parzellen einen Ertrag von 30 bzw. 50 dt/ha. Die Sorte CH1811 erreichte Erträge zwischen 9 und 21 dt/ha. Die Sorte LUGAIN brachte mit ungefähr 10 dt/ha sehr geringe Erträge, obwohl gemäß Auszählung die Pflanzendichten bei dieser Sorte nicht geringer waren als bei LUXE. Die Proteingehalte in der Trockensubstanz waren mit 43% bei der Sorte LUGAIN sehr hoch. LUXE wies einen Proteingehalt in der Trockensubstanz von 39% auf, die Sorte CH1811 nur 36%.

Tab. 82: Pflanzendichte im Mai, Kornertrag, Tausendkorngewicht und Proteingehalt der einzelnen Sorten im Winterlupinenversuch am Reckenholz 2003/2004

	Pflanzen /m ² im Mai	Pflanzenhöhe anfangs Juli [cm]	Ertrag dt/ha (14% H ₂ O)	TKM (Misch- probe)	TKM der ausgesäten Körner	Proteingehalt % TS (Mischprobe)
Luxe 25 Pfl 4cm	10	80	33.8			
Luxe 30 Pfl 4cm	2	70	8.5	272	253	39%
Luxe 35 Pfl 4cm	14	90	56.4			
Lugain 25 Pfl 4cm	20	60	11.3			
Lugain 30 Pfl 4cm	11	60	9.7	244	325	43%
Lugain 35 Pfl 4cm	12	50	11.1			
CH 1811 25 Pfl 4cm	7	40	9.9			
CH 1811 30 Pfl 4cm	14	40	12.7	247	322	36%
CH 1811 35 Pfl 4cm	16	50	23.7			

4.5.3.3 Sortenwahl und Saattermin (D-Heitersheim, 2004/05)

Tab. 83 und Tab. 84 zeigen die Mittelwerte der in beiden Jahren erhobenen Parameter mit Signifikanztests im Überblick. Signifikante Effekte wurden farbig hervorgehoben (Haupteffekte nur sofern keine signifikante Interaktion vorlag). Die Grenzdifferenzen beziehen sich auf Haupteffekte bzw. bei der Interaktion auf Vergleiche zwischen Einzelvarianten. Aufgrund unterschiedlicher Variantenzahl sind sie für Herbst- und Frühjahrssaat unterschiedlich. Für die Entwicklungstermine wurden teilweise „Mittelwerte“ angegeben, um Haupteffekte von Sorte oder Saattermin deutlich zu machen.

Tab. 83: Ergebnisse im Versuch Winterlupine, D-Heitersheim 2004

Varianten		Termine				Bestandesdichte			Bestandesentwicklung				Parzellenertrag und Ertragskomponenten							
Saattermin	Sorte	Feldaufgang	Blühbeginn	Blühende	Ermterife	Feldaufgang	Auswinterung	Frühjahr ³	Frühjahrs- wüchsigkeit ⁴	Höhe 07.06.	Höhe 14.07.	Unkr. dck. 07.06.	Ertrag (w=14%)	Hülsen/Pfl.	Körner/Hülse	TKM (w=14%)	Prot.gen. (TM)	Proteinertrag	Strohtr. (TM)	Stroh-N
						%	%	Pfl./m ²	(1-9)	cm	cm	%	dt/ha			g	%	dt/ha	dt/ha	kg/ha
18.09.	Lumen	10.10.	27.04.	19.06.	23.07.	61	50	11	4	30	28	23	5,2	11,5	4	353	35,6	1,6	20,1	15,3
	Lugain		04.05.	28.06.	05.08.	55	53	10	5	37	47	35	3,3	5,4	3,6	294	45,1	1,3	10,2	13
	Luxe		01.05.	24.06.	17.08.	70	52	14	3	38	49	18	19,7	12,6	4,6	344	39,7	6,6	42,3	50,1
14.10.	Lumen	19.11.	27.04.	19.06.	23.07.	57	74	5	9	21	23	37	3,2	11	3,1	279	34,7	0,9	8,9	10
	Lugain	16.11.	07.05.	28.06.	12.08.	71	58	10	7	42	52	27	9	12,4	3,4	305	41,4	4,5	21,5	22,5
	Luxe	14.11.	01.05.	24.06.	17.08.	70	47	13	6	35	48	21	15,8	15	4,5	326	39,5	5,4	38,6	48,5
04.03.	Amiga	30.03.	18.05.	24.06.	02.08.	48		34		35	37	15	7,2	3,8	4,5	336	37,8	2,4	12,7	15,1
01.04.	Amiga	19.04.	30.05.	06.07.	17.08.	85		59		28	43	8	8,3	2,7	2,9	379	40,7	2,9	13,2	22,6
F-Test Saattermin x Sorte ¹						0,89	0,72	0,44	8,13	1,48	0,21	7,31**	1,27	1,96	0,26	2,43	4,56*	1,91	4,83*	0,93
Grenzdifferenz ²						24,2	38,6	10,6		12,3	15,1	8,9	8,6	4,5	1,2	51,2	1,6	2,8	8,5	11,9
Mittelwerte Saattermin	18.09.	10.10.				62	52	11	4	35	41	25	8,1	9,5	4	329	40,2	2,7	21,9	23,1
	14.10.	16.11.				66	60	9	7	33	43	28	10,3	12,8	3,7	303	38,6	4,1	23	27
	04.03.	30.03.				48		34		35	37	15	7,2	3,8	4,5	336	37,8	2,4	12,7	15,1
	01.04.	19.04.				85		59		28	43	8	8,3	2,7	2,9	379	40,7	2,9	13,2	22,6
F-Test Saattermin ¹						5,49*	0,6	13,63***	11,35***	1,04	0,36	2,11	0,22	2,44	5,41*	3,44	13,71**	0,45	0,11	1
Grenzdif. Herbstsaat ²						14	22,3	6,1		7,1	9	5,1	5,7	3	0,8	33,8	1,1	2	5,6	7,9
Grenzdif. Frühjahrssaat ²						24,2		10,6		12,3	15,1	8,9	8,6	4,5	1,2	51,2	1,6	2,8	8,5	11,9
Mittelwerte Sorten	Lumen		27.04.	19.06.	23.07.	59	62	8	6	26	26	30	4,7	11,3	3,6	323	35,3	1,4	15,6	13,1
	Lugain		06.05.	28.06.	09.08.	63	56	10	6	39	50	31	6,2	8,2	3,5	299	43,6	2,6	14,7	16,8
	Luxe		01.05.	24.06.	17.08.	70	50	14	5	36	49	20	17,7	13,8	4,6	335	39,6	6	40,4	49,3
	Amiga		24.05.	30.06.	09.08.	66		47		32	40	12	7,8	3,3	3,7	357	39,2	2,6	12,9	18,8
F-Test Sorten ¹						0,63	0,51		3,59	4,11*	7,78**	19,47***	4,32*	15,51***	1,52	4,25*	74,77***	4,69*	25,65***	21,44***
Grenzdifferenz ²						17,1	27,3			8,7	10,7	6,3	6,1	3,3	0,9	37,9	1,2	2,1	6,3	8,8

¹ Signifikanzniveaus: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test ($\alpha=5\%$)³ Saatkichten sortenabhängig⁴ H-Test (Rangvarianzanalyse), 1=beste Entwicklung (16.04.)

Tab. 84: Ergebnisse im Versuch Winterlupine, D-Heitersheim 2005

Varianten		Termine				Bestandesdichte			Bestandesentwicklung						Parzellenertrag und Ertragskomponenten								
Saattermin	Sorte	Feldaufgang	Blühbeginn	Blühende	Ermterife	Feldaufgang	Auswinterung	Frühjahr ³	Frostsch. 17.03. (Blattfläche)	Frühjahrs- wüchsigkeit ⁴	Höhe 11.05.	Höhe 15.06.	Bodendck. 07.06.	Unkr.dck. 07.06.	Unkr.dck. 29.06.	Ertrag (w=14%)	Hülsen/Pfl.	Körner/Hülse	TKM (w=14%)	Prot.geh. (TM)	Proteinertrag	Strohtr. (TM)	Stroh-N
						%	%	Pfl./m ²	%	(1-9)	cm	cm	%	%	%	dt/ha			g	%	dt/ha	dt/ha	kg/ha
02.09.	Lumen	20.09.	28.04.	07.06.	18.07.	72	12	81	12	2	39	46	97	8	11	28,1	4,4	3,3	342	37	8,9	25,6	20,8
	Lugain			07.06.	20.07.	80	5	60	7	4	44	39	58	18	23	21,4	3,9	3,7	317	39,5	7,3	12,5	11
	Luxe			16.06.	07.08.	76	14	33	11	6	26	51	97	11	20	22,3	6,5	3,9	345	37,2	8,4	22,1	18,6
14.10.	Lumen	02.11.		09.06.	18.07.	94	30	86	0	5	31	39	92	6	15	22,4	2,9	3,7	313	36,4	7	23,4	18,8
	Lugain			18.06.	25.07.	106	26	61	0	7	24	43	60	13	29	15,6	4,5	4,2	314	41,2	5,5	23,8	23,9
	Luxe			20.06.	10.08.	46	70	7	0	9	14	32	33	33	75	6,5	6,3	3,3	331	41,9	2,3	1,6	1,4
17.03.	Amiga	28.03.	26.05.	20.06.	07.08.	102		77			14	50	63	16	17	16,1	1,8	4	289	40,2	5,6	14,9	12,8
04.04.	Amiga	25.04.	30.05.	22.06.	07.08.	86		66			10	44	50	8	17	10,7	1,7	4,2	312	40,5	3,7	11,3	9,5
F-Test Saattermin x Sorte ¹																							
Grenzdifferenz ²						21,6***	9,67**		0,85	0,50	1,66	7,37**	22,03***	9,91**	7,07**	2,56	1,17	1,12	0,18	3,46	4,77*	6,44*	9,74**
						14,5	15		6,4		10	9,5	16,3	10	23,1	7,8	2,2	1,1	65,3	3,1	2,3	12,1	9,3
Mittelwerte Saattermin	02.09.	20.09.				76	11	58	10	4	36	45	84	12	18	23,9	4,7	3,6	334	38	8,2	19,8	16,6
	14.10.	02.11.				82	42	51	0	7	23	38	62	18	40	14,8	4,6	3,7	319	39,8	5	16,3	14,7
	17.03.	28.03.				102		77			14	50	63	16	17	16,1	1,8	4	289	40,2	5,6	14,9	12,8
	04.04.	25.04.				86		66			10	44	50	8	17	10,7	1,7	4,2	312	40,5	3,7	11,3	9,5
F-Test Saattermin ¹																							
Grenzdif. Herbstsaat ²						3,83*	64,7***	2,88	34***	13,03***	11,99***	4,8*	14,3***	3,26	6,18*	10,44**	0,14	0,26	0,78	2,26	13,13***	0,39	0,32
Grenzdif. Frühjahrssaat ²						8,4	8,7	8,5	3,7		5,8	5,5	9,4	5,8	13,4	4,5	1,3	0,6	38,8	1,8	1,4	7,2	5,5
						14,5		14,7			10	9,5	16,3	10	23,1	7,8	2,2	1,1	65,3	3,1	2,3	12,1	9,3
Mittelwerte Sorten	Lumen		28.04.	08.06.	18.07.	83	21	84	6	4	35	42	94	7	13	25,2	3,7	3,5	328	36,7	8	24,5	19,8
	Lugain			13.06.	23.07.	93	16	61	3	5	34	41	59	16	26	18,5	4,2	3,9	315	40,3	6,4	18,2	17,5
	Luxe			18.06.	09.08.	61	42	20	5	8	20	42	65	22	48	14,4	6,4	3,6	336	40	4,8	9,8	8,3
	Amiga			28.05.	21.06.	07.08.	94		71			12	47	57	12	17	13,4	1,8	4,1	301	40,4	4,6	13,1
F-Test Sorten ¹																							
Grenzdifferenz ²						20,23***	16,82***		0,85	13,99***	23,09***	1,34	20,63***	7,72**	8,13**	8,68**	12,45***	1,16	1,07	6,15**	8,64**	5,23*	6,28**
						10,3	10,6		4,5		7,1	6,7	11,6	7,1	16,4	5,5	1,5	0,8	46,2	2,2	1,6	8,6	6,6

¹ Signifikanzniveaus: * (0,05) / ** (0,01) / *** (0,001)² t-test (α=5%)³ Saatkichten sortenabhängig⁴ H-Test (Rangvarianzanalyse), 1=beste Entwicklung (22.04.)

Bestandesentwicklung

Etablierung

Die Wintersorten liefen in beiden Jahren (mit Ausnahme der Oktobersaat im zweiten Jahr) sehr ungleichmäßig auf. Der Feldaufgang lag im ersten Jahr bei durchschnittlich 64%. Im zweiten Jahr betrug er nach Septembersaat 76%, nach Oktobersaat hingegen bei LUMEN und LUGAIN rund 100%, bei LUXE jedoch nur 46%. Die Angaben im zweiten Jahr beziehen sich auf die absolute Saatedichte, da nur im ersten Jahr die Keimfähigkeiten berücksichtigt werden konnten.

Die Sommersorte AMIGA lief bei Aprilsaat in beiden Jahren zu ca. 85% auf, bei Märzsaat hingegen im ersten Jahr zu nur 48%, im zweiten Jahr dafür zu 100%.

Verschiedene Faktoren können die Bestandesetablierung negativ beeinflusst haben:

- schwierige Saatbedingungen (im September noch sehr trockenes, grobscholliges Saatbett; im Oktober nach starken Niederschlägen eher zu feuchtes Saatbett)
- Fraßschäden durch Vögel und Hasen direkt nach Auflauf (im zweiten Jahr durch Zaun und Schreckschussanlage reduziert)
- sehr zögerliche Pflanzenentwicklung der Winterlupinen

Überwinterung

Im ersten Jahr hatten die Septembersaaten bis Dezember 2 Blattpaare entwickelt. Im zweiten Jahr (frühere Saat, milderer Herbst) waren sie wesentlich weiter entwickelt und befanden sich in einem Rosettenstadium mit 6-9 Blattpaaren (Tendenz: LUMEN>LUGAIN>LUXE). Die Oktobersaaten hatten in beiden Jahren bis Dezember nur 1 Blattpaar entwickelt.

Frostschäden in Form von Nekrosen der Laubblätter wurden bei der Septembersaat im zweiten Jahr beobachtet (Foto: 08.02.2005). Eine Bonitur am 17.03.2005 ergab keine signifikanten Sortenunterschiede. Jedoch traten in beiden Jahren erhebliche Bestandesverluste zwischen Aufgang und Frühjahr (März/April) auf. Diese lagen im ersten Jahr bei über 50% und dürften zwar auf Frost, aber auch zum großen Teil auf Fraßschäden zurückzuführen sein.



Foto 13: Frostschaden an Winterlupine

Im zweiten Jahr, mit Hasenzaun und zeitweilig schützender Schneedecke, lagen die Verluste nach Septembersaat bei ca. 11%, nach Oktobersaat hingegen bei 28% (LUMEN, LUGAIN) bzw. 70% (LUXE). Vogelfraß könnte auch hier zu den Verlusten, insbesondere bei der Oktobersaat, beigetragen haben, da die Schussanlage nicht immer funktionierte.

Die Bestandesdichten nach Winter waren im ersten Jahr bei allen Varianten, im zweiten Jahr vor allem bei Oktobersaat von LUXE stark reduziert.

Frühjahr und Sommer

- Unterschiede zwischen den Versuchsjahren
 - Aufgrund der extrem dünnen Bestände 2004 konnte die Bodendeckung in diesem Jahr nicht sinnvoll geschätzt werden.
 - Die Bestandesdichten 2005 waren sowohl aufgrund erhöhter Saatedichten als auch geringerer Verluste (außer LUXE Oktobersaat) um ein Vielfaches höher als 2004. Zudem war die Reihenweite bei den Wintersorten reduziert und die Pflanzen wüchsiger, so dass die Bestände sich deutlich besser und gleichmäßiger präsentierten als 2004.
 - LUMEN blieb 2004 extrem kümmerlich und brachte nur Hülsen am Haupttrieb hervor. 2005 entwickelte die Sorte wesentlich kräftigere Einzelpflanzen und setzte Hülsen am Haupttrieb sowie an den Nebentrieben 1. Ordnung an. Die starke Erhöhung der Saatedichte im zweiten Jahr war daher etwas zu hoch gegriffen.
 - Auch die Sommersorte AMIGA entwickelte 2005 kräftigere Einzelpflanzen als 2004, blieb aber in beiden Jahren hinter ihrem aus anderen Versuchen bekannten Potenzial zurück.
 - LUGAIN wies 2004 mehrere Nebentriebordnungen, eine Neigung zum späten Wiederaustrieb und somit eine späte und ungleichmäßige Abreife auf. 2005 hingegen war der Hülsenansatz stark auf den Haupttrieb konzentriert, und die Abreife erfolgte deutlich früher und gleichmäßiger.
 - LUXE entwickelte sich in beiden Jahren etwa gleich, wobei die Oktobersaat im zweiten Jahr wesentlich stärker benachteiligt war.
- Sortenunterschiede
 - Bei der Frühjahrsentwicklung 2005 gab es einen signifikanten Trend von LUMEN > LUGAIN > LUXE, der auch schon vor Winter festgestellt worden war. Besonders LUXE entwickelte sich sehr langsam.
 - Während LUMEN eine determinierte Entwicklung mit definiertem Vegetationsende aufwies, bildete LUXE mehrere Nebentriebordnungen aus, wuchs immer weiter und entwickelte z.T. sehr große Einzelpflanzen, was dazu führte, dass die Bestände mit Grünmasse geerntet werden mussten. LUGAIN nimmt eine Mittelstellung ein, wirkte jedoch tendenziell eher determiniert.
 - LUMEN reifte in beiden Jahren zuerst ab.
 - Anders als LUMEN und LUXE reagierte LUGAIN auf spätere Saat in gewissem Umfang mit Verzögerungen bei Blühende und Abreife.
 - LUMEN erzielte 2005 eine Bodendeckung von 94%, während LUGAIN aufgrund von Wuchsform und weniger Blattmasse nur 59% erreichte. LUXE deckte in Abhängigkeit der Bestandesdichte 97% (Septembersaat) bzw. 33% (Oktobersaat).
- Saatzeiteffekte und allgemeine Beobachtungen
 - Die Winterlupinen verharrten sehr lange im Rosettenstadium und begannen erst mit Blühbeginn (Ende April) das Streckungswachstum.
 - Bei der vegetativen Entwicklung behielten die Septembersaaten einen Vorsprung vor den Oktobersaaten.

- Die Blüte der Wintersorten begann nahezu einheitlich Ende April / Anfang Mai, selbst bei vegetativ sehr retardierten Varianten. Die Länge der Blühphase hing von der Sorte, jedoch kaum vom Saattermin (mit Ausnahme von LUGAIN) ab. Demgegenüber blühte die Sommersorte, abhängig vom Saattermin, 3-4 Wochen später.
- Lager trat 2004 nicht auf. 2005 kippten einige Pflanzen von LUMEN unter dem Gewicht der Hülsen um, richteten sich jedoch mit zunehmender Abreife wieder auf.
- Der Wurzelknöllchenansatz war in beiden Jahren zufriedenstellend.

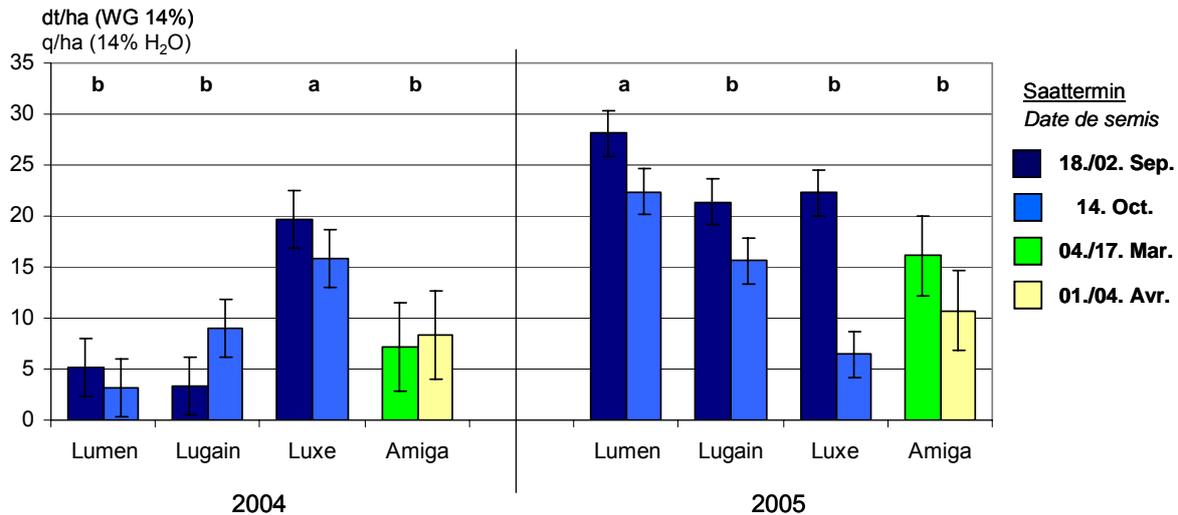
Verunkrautung, Krankheiten, sonstige Schadfaktoren

- 2004 kam es wegen lückig bleibender Bestände zu extremer Verunkrautung, die mit mechanischen Maßnahmen und manuellem Jäten nicht dauerhaft verhindert werden konnte (hauptsächlich *Stellaria media*, *Galium aparine*, *Papaver rhoeas*, *Matricaria chamomilla*). Eine weitere Schätzung nach dem 07.06. war deshalb nicht sinnvoll.
- 2005 wuchs nach Septembersaat im Herbst viel *Cirsium arvense* auf, die von Hand gejätet wurde. Die erst im Oktober eingesäten Parzellen blieben wegen der wiederholten Saatbettbereitung bis in das Frühjahr praktisch unkrautfrei. Im weiteren Entwicklungsverlauf korrelierte die Unkrautdeckung signifikant negativ mit der Bodendeckung durch die Kultur (07.06.: $r = -0,68^{***}$), was besonders für LUMEN und die Septembersaat von LUXE eine geringe Verunkrautung bedeutete. Nach dem Blattfall nahm die Verunkrautung zu, blieb jedoch begrenzt. AMIGA konnte länger gehackt werden und verunkrautete daher nicht zu stark.
- Im Februar beider Jahre wurden bei einem Teil der im Oktober gesäten Lupinen halb herausgezogene Pflanzen gefunden, die auf Vogelfraß hindeuten. Die im September gesäten Pflanzen waren vermutlich zu dieser Zeit bereits fester verwurzelt und wurden daher weniger geschädigt.
- Darüber hinaus wurden im ersten Jahr massive Schäden durch Hasenfraß verursacht, wobei zahlreiche Blütenstände vollständig abgebissen und liegengelassen wurden. Auch wurden Keimpflanzen abgefressen, wie z.T. an den Stängelresten erkannt werden konnte. Das volle Ausmaß der Fraßschäden ist nicht bekannt. Im zweiten Jahr (mit Zaun) wurde kein Hasenfraß festgestellt.
- Es wurde kein bedeutsamer Krankheitsbefall beobachtet.

Ernte und Ertrag

Die Ernten erfolgten am 17.08.2004 (alle Varianten) bzw. 27.07.2005 (LUMEN, LUGAIN) und 12.08.2005 (LUXE, AMIGA). Abb. 41 zeigt die Parzellendruscherträge nach Sorten und Saattermin.

2004 waren extrem geringe Bestandesdichten, z.T. kümmernder Wuchs und folglich mangelnde Standraumausnutzung ertragsbegrenzend. Hier war LUXE aufgrund ihres indeterminierten Wachstums im Vorteil, während der Saattermin keinen signifikanten Effekt hatte. Die Auswertung der Probeschnitte von zwei gut etablierten Laufmetern ergab ein Ertragspotenzial von 26,7 dt/ha (LUMEN), 23,7 dt/ha (LUGAIN) bzw. 48,7 dt/ha (LUXE). Dabei ist nicht berücksichtigt, dass der Reihenabstand von 50 cm unterschiedlich gut genutzt wurde (LUXE > LUGAIN > LUMEN).



Fehlerindikator = Grenzdifferenz der Saatzeitmittelwerte (Haupteffekt)

Sorten mit gleichen Buchstaben innerhalb eines Jahres unterscheiden sich im Mittelwert nicht signifikant

Abb. 41: Erträge von Winter- und Sommerlupinen, D-Heitersheim 2004 und 2005

2005 war die Standraumausnutzung (mit Ausnahme der Oktobersaat von LUXE) gut und das Ertragsniveau im Parzellendrusch deutlich höher. LUMEN erzielte hier signifikant höhere Erträge als die übrigen Sorten, und die Septembersaaten waren signifikant ertragreicher als die Oktobersaaten. Bei der Sommerform lag kein absicherbarer Termineffekt vor. Die Septembersaat von LUXE erzielte trotz allgemein besserer Bedingungen kaum höhere Erträge als im Vorjahr.

In beiden Jahren lag eine signifikante Korrelation zwischen Korn- und Strohertrag vor ($r_{2004} = 0,78^{***}$, $r_{2005} = 0,59^{**}$).

Ertragsaufbau

Im zweiten Jahr wurden aufgrund der höheren Bestandesdichten weniger Hülsen je Pflanze angesetzt, jedoch höhere Parzellenerträge erzielt (außer LUXE Oktobersaat). Hinsichtlich Verzweigung und Hülsenansatz zeigte sich LUXE eher als Einzelpflanzentyp, LUMEN und LUGAIN hingegen als Bestandesdichtentypen. Deutliche Zusammenhänge zwischen Ertrag und Ertragskomponenten konnten nicht gefunden werden.

Bei den Proteingehalten gab es 2004 relativ große Schwankungen, wobei LUMEN die kleinsten Werte aufwies. 2005 wurden für LUGAIN, LUXE und AMIGA ca. 40,2% Rohprotein in der Trockenmasse ermittelt, für LUMEN hingegen signifikant weniger mit 36,7%. Dennoch lieferte die Septembersaat von LUMEN mit 8,9 dt/ha die höchsten Rohproteinträge.

Sortenvergleich

Angesichts der sehr unterschiedlichen Entwicklung in den zwei Versuchsjahren können die folgenden Aussagen nur unter Vorbehalt getroffen werden:

- Die Sommersorte AMIGA war in keinem der beiden Jahre ertraglich überlegen.
- LUXE besitzt zwar ein hohes Ertragspotenzial, erscheint jedoch aufgrund der langsamen Entwicklung und späten Reife für den Ökolandbau am Oberrhein nicht geeignet.

- LUMEN und LUGAIN zeigten sich im zweiten Versuchsjahr vielversprechend, wobei LUMEN hinsichtlich Frühreife, Konkurrenzkraft und Ertrag im Vorteil war.

4.5.3.4 Sortenwahl (F-Sausheim/Elsenheim 2004 und F-Ensisheim/Elsenheim, 2005)

Versuche F-Sausheim und F-Elsenheim 2004

Der Auflauf der Winterlupinen war sehr langsam und bei der ersten Zählung, Mitte Dezember, betrug die Differenz zur Saatstärke zwischen 25 und 56%, je nach Standort und Sorte. In Elsenheim war die Auflauftrate geringer als in Sausheim und im Mittel der beiden Orte war sie bei LUGAIN²⁵ schlechter als bei LUXE (s. Abb. 42).

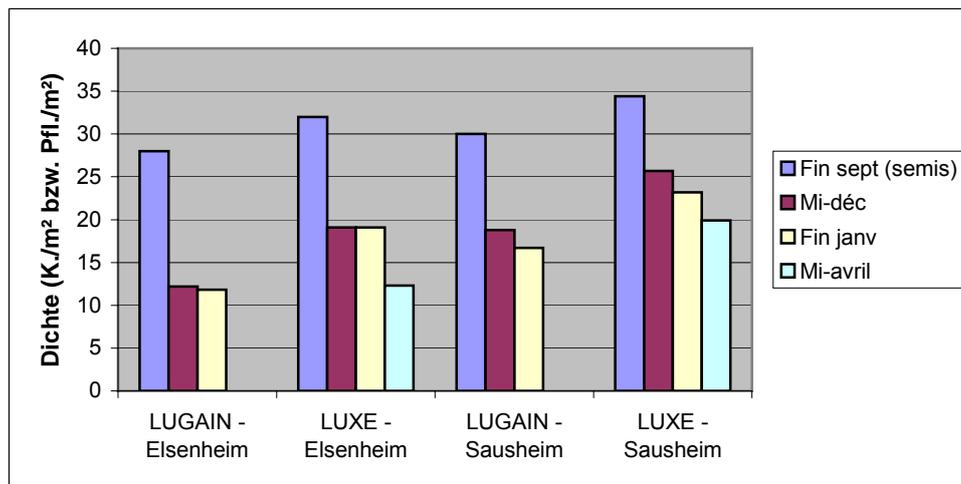


Abb. 42: Entwicklung der Bestandesdichte von Winterlupinen in Abhängigkeit von Sorte und Ort, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004

In Elsenheim gab es innerhalb der Versuchsparzelle Plätze, an denen der Auflauf, die Jugendentwicklung und das weitere Wachstum schlechter waren. Auf diesem Schlag ist der pH-Wert mit 8,2 höher als in Sausheim (pH=6,2), ohne dass sich aktiver Kalk oder eindeutige Chlorosen feststellen lassen hätten. Bei diesen Zonen schlechteren Wachstums kommt es jedoch bei Anwendung von Säure zu einem Aufbrausen des Bodens. Es könnte also doch zum Teil an ungünstigen Bodeneigenschaften gelegen haben, wenn in Elsenheim die Bestandesdichte der Lupinen geringer ist, insbesondere in bestimmten Zonen.

Es könnte auch sein, dass Winterlupinen sensibler auf hohe pH-Werte reagieren als Sommerlupinen, welche sich in Elsenheim sehr vital und ohne Chlorosen zeigten.

Kältetoleranz der Wintersorten

Nachdem es im Herbst keinen ausgeprägten Frost gab, sind die Verluste zwischen der Saat und Dezember wohl nicht auf Frost zurückzuführen.

Bei der Sorte LUXE nimmt die Bestandesdichte zwischen Ende Januar und Mitte April noch weiter ab (s. Abb. 42), bis auf nur noch 19 Pfl./m² in Elsenheim und 23 Pfl./m² in Sausheim.

²⁵ Die Bestandesdichte von LUGAIN lag somit bereits über Winter unter dem im konventionellen Anbau für diese Sorte empfohlenen Wert von 20-25 Pfl./m² zu Frühjahrsanfang. Sie wurde deshalb zum Winterende im Versuch Sausheim sowie in 2 von 3 Blöcken in Elsenheim umgebrochen.

Dies entspricht einer Verlustrate gegenüber der Saat von 62 bzw. 42% und könnte z.T. auf Frost zurückzuführen sein.

Krankheiten und Schädlinge

Andererseits hatten im Herbst zahlreiche Pflanzen in Elsenheim keine Wurzeln mehr und das Hypokotyl war am unteren Ende vergammelt. In Sausheim kamen derartige Pflanzen seltener vor. Ursache für diese Verluste könnte die (Lupinen-)Saatfliege (*Delia platura*) sein, da in Elsenheim zahlreiche Faktoren diesen Schädling begünstigten: Pflügen kurz vor der Saat, hoher Humusgehalt des Bodens, Getreidevorfrucht, frühe Saat bei noch milden Temperaturen. In Sausheim wurde dagegen zwei Wochen später gesät und die Standortbedingungen waren ungünstiger für die Saatfliege.

In Elsenheim wurden einige Pflanzen auch von Rehen gefressen.

Im weiteren Verlauf tauchten auf einigen Pflanzen während des Frühjahrs graue Läuse auf. Im Sommer zeigten einige Pflanzen in Elsenheim Symptome von Anthraknose, aber die Schäden waren unbedeutend.

Entwicklung und Frühreife

Die Winterlupinen begannen Ende April zu blühen, einen Monat vor den Sommerlupinen. Die Sorte LUXE scheint etwas früher als LUGAIN zu blühen (s. Anhang).

Das Ende der Blüte und die Reife scheinen in Elsenheim (dem einzigen Ort, wo dieser Vergleich möglich war) dagegen mehr von der Sorte als von der Form (Winter oder Sommer) abzuhängen:

- das Blühende sowie die Reife waren bei der Wintersorte LUGAIN und der Sommersorte AMIGA 2 Wochen früher erreicht als bei den anderen Sorten,
- die halb-undeterminierte Sorte LUXE hat sehr lange geblüht und reifte als letzte von allen Sorten.

Konkurrenzkraft gegenüber Unkraut

Die **Winterlupinen** entwickelten sich bis zum Frühjahrsbeginn sehr langsam. Das gilt besonders für LUXE. Die Wintersorte LUGAIN zeigte sich etwas vitaler, verzweigte sich aber kaum, so dass sie bei den 42,5 cm Reihenabstand in Elsenheim den Boden niemals vollständig deckte. Bei LUXE war die vegetative Entwicklung an den besten Stellen dagegen stark, mit zahlreichen Verzweigungen, so dass der Boden vollständig bedeckt wurde.

In Sausheim wurden die Winterlupinen, infolge ihres dünnen Bestandes und wegen der Nässe auf dem Schlag, über Winter von Kamille besiedelt und von diesen später fast erstickt.

Die **Sommerlupinen** wuchsen dagegen sehr schnell und die Auflaufverluste hielten sich in engen Grenzen, mit Ausnahme von RONDO in Elsenheim (s. Abb. 43 und Abb. 44).

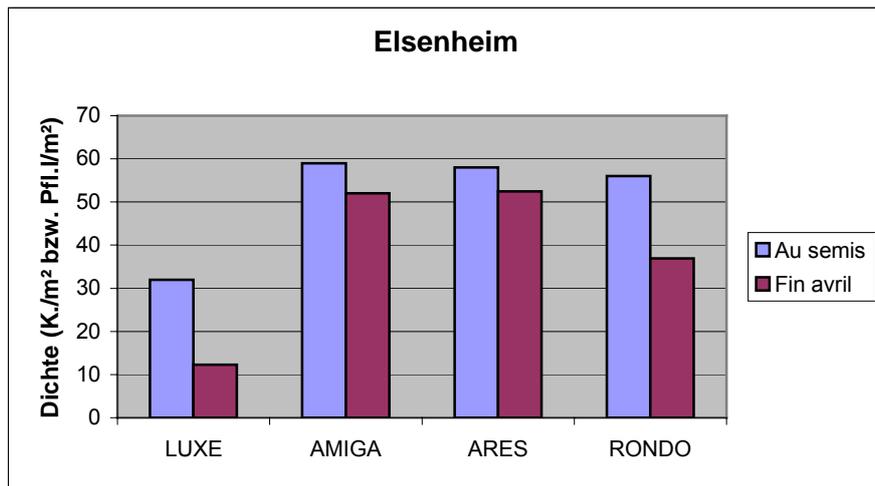


Abb. 43: Vergleich der Saat- bzw. Bestandesdichte von Winter- und Sommerlupinen, F-Elsenheim 2004

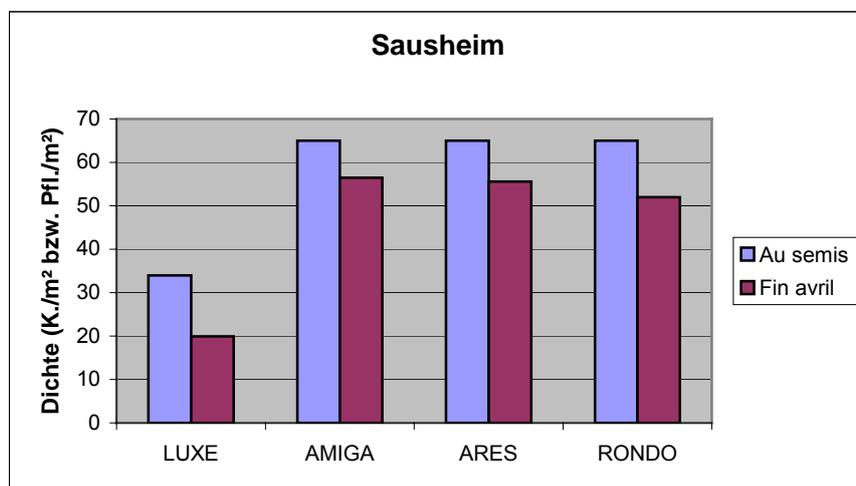


Abb. 44: Vergleich der Saat- bzw. Bestandesdichte von Winter- und Sommerlupinen, F-Sausheim 2004

Zu Blühbeginn gab es zwischen den Sommersorten keine Unterschiede in der Wuchshöhe. Beim Blühende sind dagegen ARES und RONDO am höchsten. AMIGA ist die kürzeste Sommersorte. Sie bleibt jedoch höher als die Wintersorte LUXE (s. Tab. 85). Diese Reihenfolge bleibt bis zur Ernte unverändert.

Tab. 85: Vergleich der Wuchshöhen (cm) beim Ende der Blüte der verschiedenen Lupinensorten, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004

Sorten	Form	Elsenheim	Sausheim
LUGAIN	W	63	/
LUXE	W	58	69
AMIGA	S	74	57
ARES	S	101	72
RONDO	S	95	73

Ertrag

In Elsenheim hingen bei den **Wintersorten** die **Hülsen am ersten Knoten sehr tief** (12-15 cm über dem Boden), wobei die Blüte bereits begann, als die Pflanzen erst 16-20 cm Höhe erreicht hatten, gegenüber 41-46 cm bei den Sommerlupinen. Die untersten Hülsen konnten deshalb zum großen Teil nicht mit dem Mähdrescher geerntet werden. Der ermittelte Ertrag unterschätzt deshalb z.T. das Ertragspotential von Winterlupinen. Andererseits haben die **Winterlupinen viel mehr Hülsen an den oberen Knoten**, d.h. einen wesentlich größeren Prozentsatz der Hülsen pro Pflanze. In diesem Jahr reicht das nicht aus, um die geringe Bestandesdichte der Winterlupinen auszugleichen.

Im übrigen ist die Sommersorte ARÈS die Sorte mit den wenigsten Hülsen an den oberen Knoten und mit den wenigsten Hülsen pro Pflanze: Sie hat den größten Teil ihrer Hülsen am ersten Knoten.

Die hohen August-Niederschläge haben die Lupinenernte deutlich verzögert, insbesondere in Elsenheim, wo die Hülsen der frühesten Sorten AMIGA und LUGAIN Anfang September bereits in Verderbnis übergingen und aufplatzten, als es endlich möglich war, sie zu ernten.

Deshalb ist der Ertrag der Sommerlupinen in Elsenheim deutlich höher als der der Winterlupinen. AMIGA brachte sowohl den höchsten (Elsenheim, beregnet) als auch den niedrigsten Ertrag (Sausheim, unberegnet). Bei der Sorte RONDO ist es umgekehrt: sie hat den höchsten Ertrag in Sausheim und den niedrigsten in Elsenheim, im Vergleich zu den anderen Sommersorten.

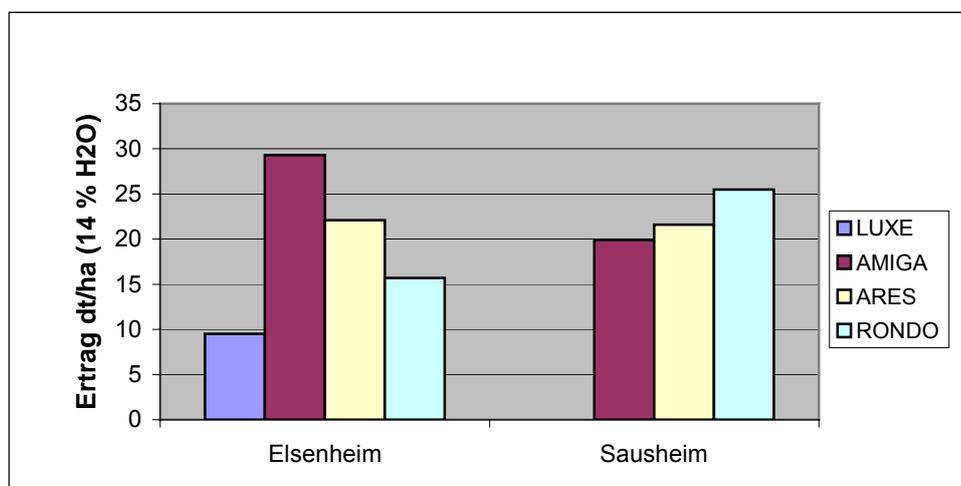


Abb. 45: Vergleich der Erträge von Winter- und Sommerlupinen in Abhängigkeit von Sorte und Standort, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004

Die **TKM** der Sommerlupinen (zwischen 310 und 355 g) ist höher als die der Winterlupinen (im Mittel nur 285 g). Bei der Sommersorte ARÈS scheint es am höchsten zu sein, was die geringe Anzahl Hülsen pro Pflanze dieser Sorte teilweise kompensiert.

Der **Eiweißgehalt** der Sommerlupinen ist ähnlich hoch oder etwas höher als der der Winterlupinen und, da sie einen höheren Kornertrag als die Winterlupinen aufweisen, ist der **Eiweißertrag** der Sommerlupinen deutlich höher.

Tab. 86: Korn- und Eiweißerträge von Lupinen in Abhängigkeit von Sorte und Standort, F-Elsenheim und F-Sausheim 2004

Ort	Form	Sorte	Kornertrag (dt/ha)	Eiweißgehalt (% i.d.TM)	Eiweißertrag (dt/ha)
Elsenheim	W	LUGAIN	6.0	36.9	1.9
		LUXE	9.5	38.5	3.1
	S	AMIGA	29.3	36.8	9.3
		ARES	22.1	40.4	7.7
		RONDO	15.7	42.4	5.7
Sausheim	S	AMIGA	19.9	39.4	6.7
		ARES	21.6	41.8	7.8
		RONDO	25.5	43.3	9.5

Bei den Sommerlupinen scheint an beiden Orten **RONDO** den **höchsten** und AMIGA den niedrigsten **Eiweißgehalt** aufzuweisen. Nachdem der Eiweißertrag aber in erster Linie vom Kornertrag bestimmt wird, ist **AMIGA die Sorte mit dem höchsten Korn- und dem höchsten Eiweißertrag in Elsenheim.**

Versuche F-Ensisheim und F-Elsenheim 2005

Allgemeine Feststellungen

Beim Lupinenversuch in **Elsenheim** hat **Wild** (Hasen und/oder Rehe) - aus dem nahegelegenen Wald große Pflanzenverluste bei Winter- und Sommerlupinen verursacht²⁶, wobei der Feldaufgang der Sommerlupinen sehr gut war (fast 100%). Der Umfang der Schäden hat uns dazu gebracht, den Versuch im Mai abzubrechen.

Die Winterlupine ist über einen langen Zeitraum **empfindlich gegenüber Unkrautkonkurrenz**. An beiden Standorten gab es keine volle Bodenbedeckung zum Winterende. In **Ensisheim** gab es eine starke Verungrasung (da seit mehreren Jahren nicht gepflügt wurde und weil es im Herbst zu nass war um zu striegeln). Sie war so stark, dass sie die Lupinen erstickte und der Versuch im Februar umgebrochen wurde.

Was die **Empfindlichkeit gegenüber freiem Kalk** angeht, so konnte bei den weißen Lupinen des Versuchs in Elsenheim, wo der pH-Wert hoch ist, der Boden beim Beträufeln mit Säure aber nicht aufschäumt, keine Chlorosen beobachtet werden.

Frosthärte der Wintersorten

In **Ensisheim** waren die Verluste von der Aussaat bis zur ersten Zählung im Oktober am größten. Danach gab es keine signifikanten Verluste bis zur letzten Zählung Anfang Januar. So haben die am 17.09.04 gesäten Lupinen im November das 4-6-Blatt-Stadium erreicht und im Januar war die Bestandesdichte gut bis hoch mit 55 Pfl./m² bei LUGAIN (ausgesät mit 75 K./m²) und 34 Pfl./m² bei LUXE (ausgesät mit 50 K./m²). Bis zu diesem Zeitpunkt waren die Temperaturen nur ganz selten unter -5°C abgesunken. Die gemachten Beobachtungen bestätigen, dass Winterlupinen derartige Temperaturen gut überstehen.

²⁶ Festzuhalten ist, dass das Wild bei den neben den Lupinen stehenden Wintererbsen keine Schäden verursacht hat. Die Erbsen scheinen also weniger attraktiv zu sein.

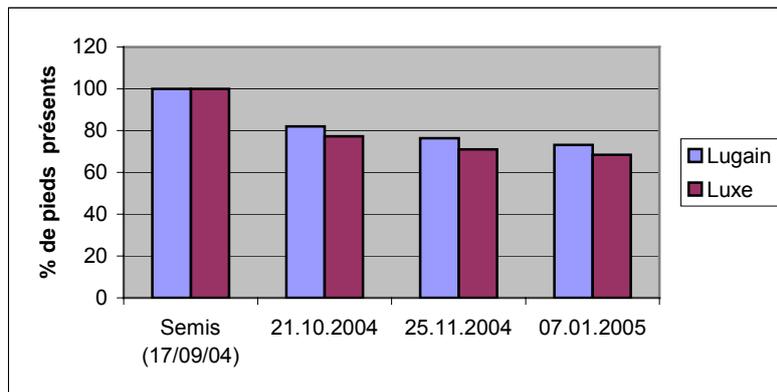


Abb. 46: Entwicklung des Anteils an Winterlupinenpflanzen in Bezug auf die Aussaatmenge in F-Ensisheim 2005

In Elsenheim, in den Bereichen mit den geringsten Wildschäden, waren die Verluste zwischen den Zählungen von Anfang Januar und März am größten (s. Abb. 47). Anfang April standen nur noch 9 bzw. 14 Pflanzen bei einer Aussaatstärke von 45 bzw. 55 K./m². Im Januar hatten die Lupinen erst das 2-Blatt-Stadium erreicht und zwischen Januar und Mitte März gab es mehrere Tage (davon einige hintereinander) mit Temperaturen unter - 5°C. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, vor Oktober zu säen. Wegen der großen Schwankungsbreite zwischen den Erhebungsplätzen unterscheidet sich die Bestandesdichte der beiden Sorten nicht signifikant.

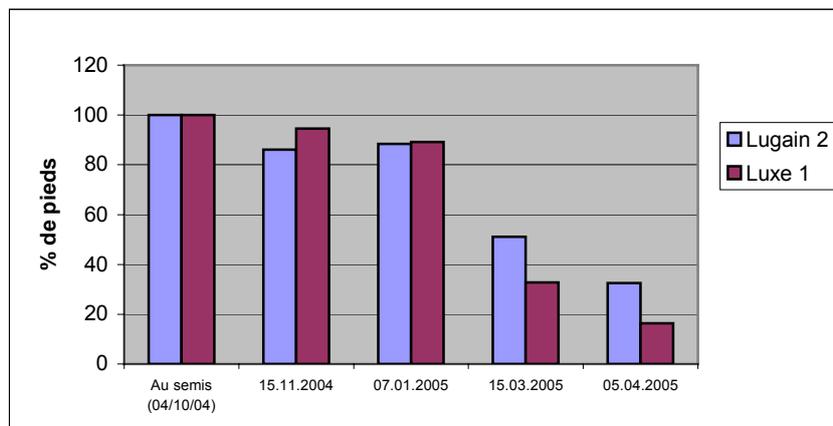


Abb. 47: Entwicklung des Anteils von Winterlupinenpflanzen in Bezug auf die Aussaat (im Bereich mit den geringsten Wildschäden), F-Elsenheim 2005

Schlussfolgerung

Diese Versuche bestätigen mehrere empfindliche Stellen der Lupine:

- bei den Wintersorten: die Frostempfindlichkeit im Falle von Spätsaaten (Oktober in Elsenheim),
- die Empfindlichkeit gegenüber Unkräutern: Dies gilt besonders für die Winterlupinen, da diese während 6-7 Monaten den Boden nicht bedecken,
- die Anfälligkeit für Wildschäden: Lupinen scheinen noch attraktiver zu sein als Körnererbsen.

4.5.4 Diskussion zum Anbau von Sommer- und Winterformen bei Körnerleguminosen

Einordnung der Versuchsergebnisse

Im Winter 2004/05 traten mehr Frosttage und tiefere Extremtemperaturen auf als 2003/04. Allerdings gab es 2004/05 auch Phasen mit einer schützenden Schneedecke, 2003/04 hingegen nicht, so dass ein Vergleich der Frostbelastung schwierig ist. Pflanzenverluste wurden zudem durch Fraßschäden (Hasen, Vögel) verursacht. Vorwinterentwicklung und ggf. induzierte Frostresistenz wurden durch unterschiedliche Temperaturverläufe im Herbst beeinflusst, was besonders für die verschiedenen Saattermine von Bedeutung war. Temperaturen in Oktober und erster Novemberwoche waren 2004 zunächst deutlich milder als 2003, fielen dann jedoch steiler ab, so dass die später gesäten Varianten 2004 geringere Wärmesummen vor Winter erhielten als 2003.

Die Erträge von Winter- wie Sommerformen wurden maßgeblich durch Wasserversorgung (Niederschlagsverteilung, Beregnung), Bodeneigenschaften (Lupine, Erbse), Blattlausbefall (Erbse, Ackerbohne) und Fraßschäden (Lupine) beeinflusst. Zum Teil kam es zu Totalausfällen. Aufgrund der deutlichen Jahres- und Standortabhängigkeit von Überwinterung und Ertrag bedürfen die Ergebnisse aus nur zwei Versuchsjahren der weiteren Überprüfung.

Winterhärte und Ertragsleistung der Winterformen

Im Rahmen der Versuchsbedingungen und Sorten zeigte sich eine sehr hohe Frostresistenz bei Winterackerbohnen, eine für den Anbau am Oberrhein gut ausreichende Frostresistenz bei Wintererbsen, sowie eine kritische Frostresistenz bei Winterlupinen.

Die Überwinterung der Winterlupinen war in nur einem der acht Versuche zufriedenstellend. Allerdings waren meist auch andere Faktoren als Frost maßgeblich an den Verlusten beteiligt. Zudem entwickelten sich die Winterlupinen anders (v.a. kleiner) als erwartet und ihr Habitus war extrem sorten- und jahresabhängig. Nach Literaturangaben (Crowley, 2001) beeinflusst die Wärmesumme (über 3°C) bis Ende März wesentlich die spätere Pflanzenarchitektur. Kritisch zu betrachten ist auch die extrem lange Vegetationsdauer von 11-12 Monaten.

Die aus den Erfahrungen resultierende Lernkurve erforderte eine Anpassung der Versuche mit Winterlupinen. Ob die schlussendlich erfolgreiche Anbaustrategie (s.u.) über mehrere Jahre stabile Erträge liefert, kann nur nach weiteren Versuchen beantwortet werden.

Nach den von Sommer- und Wintersorten aller drei Kulturen erzielten Spitzenerträge ist das Ertragspotenzial von Wintersorten nicht höher, sondern ungefähr gleich dem der Sommersorten. Allerdings wurden in der Mehrzahl der Versuche mit Erbsen und Ackerbohnen höhere Erträge durch Wintersorten erzielt. Zudem waren die Erträge von Winterackerbohnen und Wintererbsen in der Gesamtheit der Versuche stabiler. Das wesentliche Kriterium ist hier somit die Ertragsicherheit.

Saattermin

Die Vorwinterentwicklung wurde wesentlich durch den Saattermin und die Witterung im Herbst beeinflusst. Bei sehr später Saat (Mitte November) kam es teilweise erst während des Winters zum Feldaufgang. Ein im Herbst erzielter Vorsprung bei der vegetativen Entwicklung blieb meist die gesamte Vegetationsperiode über erhalten. Demgegenüber reagierten nur die

Wintererbsen auch hinsichtlich der Blühphase, während der Blühbeginn von Winterackerbohnen und -lupinen praktisch unabhängig von Saattermin und vegetativer Entwicklung war.

Da der Ertrag in der Regel mit der vegetativen Entwicklung positiv korrelierte, ist eine frühere Saat tendenziell vorteilhaft. Bei den Winterackerbohnen führte frühere Saat zudem zu einer stärkeren basalen Verzweigung („Bestockung“).

Auf die Frostresistenz wurden folgende Effekte des Saattermines beobachtet:

- Winterackerbohne: kein Effekt
- Wintererbse: mit früherer Saat abnehmende Frostresistenz (bzw. Enthärtung mit zu fortgeschrittener Entwicklung)
- Winterlupine: mit früherer Saat zunehmende Frostresistenz (im Wesentlichen vom Umfang des Wurzelhalses abhängig)

Daraus ergibt sich für die Wintererbse ein Optimierungsproblem, da frühe Saat sowohl das Ertragspotenzial als auch das Auswinterungsrisiko erhöht. Im Projekt wurde nicht früher als Mitte Oktober ausgesät (D 2003/04 u. D 2004/05). In beiden Versuchsjahren überwog die stärkere vegetative Entwicklung die höheren Auswinterungsverluste.

Für die Winterackerbohne hat sich die Aussaat Mitte Oktober ebenfalls als günstig erwiesen, auch wenn diese Kultur weniger stark auf den Saattermin reagiert. Daher könnte ggf. noch länger auf die optimalen Aussaatbedingungen gewartet werden. Ein guter Grund, Winterackerbohnen nicht noch früher zu säen, ist der Unkrautaufwuchs.

Den Beobachtungen nach keimen ab Mitte Oktober kaum noch Unkräuter, und vor allem nicht die am Oberrhein typischen, wärmeliebenden Problemunkräuter. Dies bringt den Wintersorten einen wichtigen Vorteil, da sie nach Winter früher gestriegelt oder gehackt werden können als Sommersorten (sobald der Boden trocken genug ist), und früher geschlossene Bestände erreichen.

Nichtsdestotrotz müssen Winterlupinen schon in der ersten Septemberhälfte (in der Schweiz vielleicht sogar im August) gesät werden, um eine für die Verhältnisse am Oberrhein eventuell ausreichende Frostresistenz zu entwickeln.

Sortenunterschiede

Unter den getesteten Wintererbsensorten hatten CHEYENNE und LUCY einen etwas unterschiedlichen Ertragsaufbau, können aber für den ökologischen Anbau am Oberrhein gleichermaßen empfohlen werden.

Die Winterackerbohnsorten unterschieden sich in den Versuchen nur geringfügig. Dennoch erschien DIVA hinsichtlich Frostresistenz, Frühreife und Ertrag als tendenziell beste Sorte.

Die Winterlupinensorten unterschieden sich sehr stark:

- LUXE wies vereinzelt ein sehr hohes Ertragspotenzial auf, ist aber vermutlich zu wärmebedürftig für die Region Oberrhein. In den Versuchen zeigte die Sorte unzureichende Frostresistenz, extrem langsame Entwicklung und mangelnde Abreife (indeterminiertes Wachstum).
- LUMEN wies kleinere Einzelpflanzen auf, entwickelte sich als Bestand gleichmäßiger und zügiger als LUXE, und reifte als früheste Sorte ab. Der Proteingehalt von LUMEN lag um

ca. 3 Prozentpunkte niedriger als bei den übrigen Sorten. Die Frostresistenz schien besser als bei LUXE, jedoch können hierzu noch keine endgültigen Aussagen getroffen werden.

- LUGAIN befand sich in den meisten agronomisch bedeutsamen Eigenschaften im Mittelfeld zwischen LUXE und LUMEN, und konnte im Gesamteindruck nicht überzeugen. Zudem wies die Sorte eine hohe Variabilität (Höhe, Verzweigungsgrad) auf. Im Normalfall wächst LUGAIN determiniert und unverzweigt, was für eine gleichmäßige Abreife vorteilhaft ist. Nachteilig, besonders im Ökolandbau, ist die geringe Bodendeckung.

Bei angepasster Anbaustrategie scheint LUMEN für die klimatischen Verhältnisse am Oberrhein und die Anforderungen des Ökolandbaus die besten Aussichten zu haben.

Anbaustrategie

Winterackerbohne:

- Die in den elsässischen Versuchen praktizierte Aussaat auf 17 cm Reihenweite und Unkrautregulierung nur mit dem Striegel erschien günstiger als die Hacke in weiter Reihe (50 cm) auf deutscher Seite, da zum einen die weiten Reihen erst spät oder gar nicht geschlossen wurden, und zum anderen der Striegel für die konkurrenzstarken Ackerbohnen ausreichen dürfte.
- Die Saatkichte der Wintersorten kann aufgrund der basalen Verzweigung (1,5 bis 2,0 Triebe je Pflanze) gegenüber den Sommersorten reduziert werden, allerdings erscheinen 40 keimfähige Körner/m² dennoch angemessen, um eine gute Bestandesentwicklung zu gewährleisten.
- Als Saattermin empfiehlt sich am Oberrhein Mitte bis Ende Oktober.

Wintererbse:

- Die Strategie auf deutscher Seite, Erbsen auf 30 cm zu säen und kurz vor Verrankung der Reihen zu hacken, hat 2004 gut funktioniert, war 2005 hingegen aufgrund spät schließender Bestände von Nachteil. Mit Hinblick auf den Arbeitsaufwand wird auch hier ein enger Reihenabstand empfohlen, wobei möglichst früh und so lange wie möglich mit dem Striegel bearbeitet werden sollte.
- Die Saatkichte sollte bei Winter- wie Sommererbsen etwa 90-100 keimfähige Körner/m² betragen. Eine leichte Erhöhung bei Wintersorten kann sinnvoll sein, um Verluste auszugleichen.
- Als Saattermin empfiehlt sich am Oberrhein Mitte bis Ende Oktober.

Der Anbau von Winterlupinen erfordert am Oberrhein eine andere Anbaustrategie als in den wärmeren Regionen Frankreichs, wo Winterlupinen als ertragsstarke Einzelpflanzentypen angebaut werden.

- Am Oberrhein können Winterlupinen allenfalls als bestandesbildende Kultur erfolgreich ökologisch angebaut werden. Hierfür hat sich die Sorte LUMEN als geeignet gezeigt.
- Die Aussaat sollte möglichst früh (Ende August bis Anfang September) erfolgen, um eine hohe Frostresistenz zu entwickeln.
- Eine optimale Saatkichte für LUMEN dürfte bei 80-90 keimfähigen Körner/m² liegen (bei anderen Sorten ggf. niedriger).

- Die Unkrautbekämpfung sollte möglichst schon im Herbst beginnen. Um den Einsatz der Hacke, aber auch einen Reihenschluss zu ermöglichen, sollte der Reihenabstand bei 30 bis max. 40 cm liegen.
- Für eine gute Entwicklung der Lupinen ist eine sorgfältige Standortwahl unerlässlich: der Boden sollte gut durchlüftet, kalkfrei und sein pH-Wert $< 6,8$ sein. Wildfraß durch Hasen oder Rehe sollte möglichst nicht auftreten, und der Unkrautdruck sollte nicht zu hoch sein.

Anbauwürdigkeit von Sommer- und Winterformen am Oberrhein im Vergleich

Winterformen von Erbse und Ackerbohne zeichnen sich im deutschen Oberrheintal und im Elsass im Vergleich zu Sommerformen durch höhere Ertragssicherheit und voraussichtlich höhere Durchschnittserträge über mehrere Jahre aus. Die Erträge hängen wesentlich von der Wasserversorgung während Blüte und Kornfüllung ab, während die längere Vegetationsdauer der Winterformen keinen Vorteil per se darstellt. Entscheidendes Merkmal war ein etwa 3 Wochen früherer Blühbeginn der Winterformen und somit

- bessere Ausnutzung des im Winter gespeicherten Bodenwassers für die Ertragsbildung
- Verschiebung der Blühphase in eine weniger hitzebelastete Periode
- geringere Anfälligkeit gegen Blattlausbefall.

Allerdings muss hinterfragt werden, ob der reduzierte Blattlausbefall an Wintersorten auch zutrifft, wenn keine attraktiveren (noch grünen) Sommersorten daneben stehen. Zudem war in Deutschland (2004) auch an Wintersorten ein starker Blattlausbefall (besonders an Wintererbsen) zu verzeichnen. Beregnung war im Allgemeinen ertragswirksam, bei Sommersorten jedoch stärker als bei Wintersorten. Sehr ausgiebige Beregnung führte somit im Elsass (2005) zu etwa gleichen Erträgen von Winter- und Sommersorten. Vor diesem Hintergrund reduzieren sich an beregneten Standorten die Vorteile der Wintersorten möglicherweise auf eine Wasserersparnis.

Demgegenüber muss auch anderen Aspekten Rechnung getragen werden:

- Winterformen haben einen Vorsprung gegenüber den Unkräutern, der besonders bei der am Oberrhein typischen wärmeliebenden Unkrautflora entscheidend sein kann.
- Die Winterformen stellen eine gewisse Vegetationsdecke im Winter dar, wenn auch nicht so dicht wie die üblichen Zwischenfrüchte.
- Winterformen räumen das Feld früher als Sommerformen, was je nach Fruchtfolge oder Arbeitsspitzen vorteilhaft sein kann. Das Erreichen der Erntereife war mitunter witterungsabhängig, lag aber bei den Wintersorten meist 1-2 Wochen früher als bei den Sommersorten.

Auf unberegneten Standorten mit geringer Feldkapazität ist die Wintererbse vermutlich die anbauwürdigste Körnerleguminose, da sie bereits in der 2. Junihälfte geerntet wird, und somit ihren Hauptwasserbedarf noch in der Jahreszeit mit geringer Evapotranspiration abdeckt.

Die Winterackerbohne zeichnet sich vor allem durch ihre hohe Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern aus. Auf Standorten mit Beregnungsmöglichkeit oder ausreichender Feldkapazität können Winterackerbohnen höhere Rohproteinerträge erzielen als Wintererbsen.

Die Anbauwürdigkeit der Weißen Lupine am Oberrhein ist generell fragwürdig, da Sommer- wie Wintersorten immer wieder Probleme mit Entwicklung, Fraßschäden und Verunkrautung

zeigten. Im Gesamtergebnis der Versuche mit Winterlupinen kann von Ertragssicherheit keine Rede sein. Die skizzierte Anbaustrategie (s.o.) eignet sich jedoch als Ausgangspunkt für weitere Versuche.

4.6 Versuche zur Bekämpfung der Lupinen-Anthraknose

Die samenbürtige Pilzkrankheit Anthraknose der Lupine ist die derzeit wichtigste Lupinen-Krankheit und hat den Lupinenanbau mit Ausnahme der toleranteren Schmalblättrigen Lupine stark eingeschränkt. Besonders problematisch ist die unter günstigen Witterungsbedingungen rasante Ausbreitung der Krankheit im Bestand, so dass sehr geringe Befallsraten im Saatgut, die bei einer Stichprobe nicht festgestellt werden, hohe Verluste verursachen können.

In den Schweizer Versuchen wurden chemische und nicht-chemische, vorbeugende (Saatgutbehandlung) und kurative (Spritzung im Bestand) Maßnahmen untersucht. Ergänzend wurde der Lupine-Sortenversuch in Deutschland 2003 mit zwei nicht-chemischen Methoden der Saatgutbehandlung faktoriell kombiniert.

4.6.1 Fungizidversuch in der Schweiz 2002

Die Pflanzenzählung ergab eine Bestandesdichte von 60 bis 70 Pfl/m². Die angestrebte Bestandesdichte von 65 Pfl/m² für weiße Lupinen wurde somit erreicht. Die Pflanzen begannen anfangs Juni zu blühen und waren bei der Ernte 70 bis 75 cm hoch.

Wie die Die Auszählung der Hülsen von 10 Pflanzen pro Wiederholung und Verfahren kurz vor der Ernte zeigte, dass sich die Hülsenanzahl pro Pflanzen zwischen den Verfahren nicht signifikant unterschied. Beim Verfahren Horizont wiesen aber fast 30% der Hülsen Krankheitssymptome auf und waren somit am stärksten von der Anthraknose befallen. Der geringste Befall wurde beim Verfahren Amistar_früh festgestellt.

Der Anteil der Hülsen mit Anthraknosesympptomen war im Verfahren Horizont_spät mit 28% am höchsten. Der geringste Anteil anthraknosegeschädigter Hülsen wies das Verfahren Amistar_früh mit 13%. In der 753HTab. 88 sind weitere Auszählungen dargestellt.

Ein Aufteilen der Hülsen mit Anthraknosesympptomen in drei Befallskategorien zeigte, dass der größte Anteil mit stark anthraknosebefallenen Hülsen bei den Verfahren Switch_spät und Horizont_früh auftrat. Der geringste Anteil mit stark infizierten Hülsen wurde beim Kombinationsverfahren Horizont/Amistar_früh/spät beobachtet.

Tab. 87 zeigt, traten deutliche Anthraknosesympptome erst relativ spät auf. Erste Anzeichen waren bereits Mitte Mai erkennbar, bis im Juni nahmen die Krankheitssymptome aber nicht stark zu. Der Anthraknosebefall war bei allen Varianten sehr ähnlich und dementsprechend schwierig zu bonitieren. Die Kontrolle und die Variante Switch_früh waren in allen fünf Wiederholungen bei der Bonitur Mitte Juni etwas stärker von der Anthraknose befallen als die andern Varianten. Anfangs Juli wurde der geringste Befall bei der Behandlung Horizont/Amistar_früh/spät beobachtet, der stärkste Befall bei der Variante Horizont_früh. Die Boniturnoten Anfang Juli korrelierten nicht mit der Anzahl beobachteter kranker Pflanzen und Krankheitsnester Mitte Mai.

Die Auszählung der Hülsen von 10 Pflanzen pro Wiederholung und Verfahren kurz vor der Ernte zeigte, dass sich die Hülsenanzahl pro Pflanzen zwischen den Verfahren nicht signifi-

kant unterschied. Beim Verfahren Horizont wiesen aber fast 30% der Hülsen Krankheitssymptome auf und waren somit am stärksten von der Anthraknose befallen. Der geringste Befall wurde beim Verfahren Amistar_früh festgestellt.

Der Anteil der Hülsen mit Anthraknosesympomen war im Verfahren Horizont_spät mit 28% am höchsten. Der geringste Anteil anthraknosegeschädigter Hülsen wies das Verfahren Amistar_früh mit 13%. In der Tab. 88 sind weitere Auszählungen dargestellt.

Ein Aufteilen der Hülsen mit Anthraknosesympomen in drei Befallskategorien zeigte, dass der größte Anteil mit stark anthraknosebefallenen Hülsen bei den Verfahren Switch_spät und Horizont_früh auftrat. Der geringste Anteil mit stark infizierten Hülsen wurde beim Kombinationsverfahren Horizont/Amistar_früh/spät beobachtet.

Tab. 87: Mittelwert aus fünf Wiederholungen der Bonituren des Anthraknose-Befalls zu verschiedenen Zeitpunkten des Fungizidversuches in Dielsdorf 2002

Verfahren	Boniturdatum	24.05.02	24.05.02	17.06.02	03.07.02
	Zählung / Bonitur	Anzahl Pflanzen mit verdrehtem Wuchs pro Parzelle	Anzahl Krankheitsnester pro Parzelle	Anthraknose (Note 1-9, 1: keine Symptome)	Anthraknose (Note 1-9, 1: keine Symptome)
Switch früh		0.6	0.2	1.8	1.8
Switch spät		1.0	1.0	1.0	1.2
Horizont früh		0.0	0.0	1.0	2.2
Horizont spät		1.6	0.6	1.0	1.4
Amistar früh		2.0	0.4	1.0	1.4
Amistar spät		0.4	0.2	1.4	1.6
Horizont/Amistar früh		0.0	0.0	1.0	1.6
Horizont/Amistar spät		0.4	0.4	1.4	1.8
Horizont/Amistar früh/spät		2.0	1.0	1.0	1.0
Kontrolle keine		0.0	0.0	1.8	2.2

Die Erträge der einzelnen Verfahren waren ähnlich hoch und die statistischen Unterschiede gering. Der statistisch signifikant höchste Ertrag konnte mit dem Verfahren Amistar_spät erzielt werden. Der Ertragsgewinn betrug im Vergleich zur Kontrolle knapp 20%. Den signifikant geringsten Ertrag brachte die Kontrolle sowie das Verfahren Horizont_spät. Die übrigen Verfahren bewegten sich ertragsmäßig dazwischen.

In der Tab. 88 sind zusammenfassend die genauen Auszählungen der Hülsen bezüglich des Anthraknosebefalls sowie der Hülsen-Parzellenertrag pro Verfahren dargestellt.

Tab. 88: Auszählungen der Hülsen als Mittelwert aus 10 Pflanzen pro Wiederholung ($n=50$) und Parzellenertrag als Mittelwert der 5 Wiederholungen bei den verschiedenen Verfahren sowie die statistische Auswertung *

	Anzahl Hülsen untere Etage		Anzahl Hülsen obere Etage		Anteil kranker Hülsen untere Etage		Anteil kranker Hülsen obere Etage		Anteil kranker Hülsen total		Parzellenertrag [kg bei 13% H ₂ O)	
Switch früh	4.84	ab	5.1	ab	15%	bc	16%	bc	15%	bc	8.6	ab
Switch spät	4.92	ab	4.58	ab	20%	abc	32%	bc	21%	abc	9.4	ab
Horizont früh	5.2	a	5.04	ab	26%	a	16%	bc	21%	ab	8.6	ab
Horizont spät	4.88	ab	3.68	b	25%	ab	31%	a	28%	a	8.4	b
Amistar früh	4.74	ab	4.44	ab	12%	c	12%	c	13%	c	8.9	ab
Amistar spät	4.82	ab	5.18	a	15%	c	18%	bc	15%	bc	9.8	a
Horizont/Amistar früh	5.1	ab	4.98	ab	15%	bc	16%	bc	16%	bc	9.0	ab
Horizont/Amistar spät	4.56	b	4.78	ab	21%	ab	26%	ab	24%	a	9.0	ab
Horizont/Amistar früh/spät	4.5	b	4.7	ab	23%	ab	27%	ab	25%	a	9.5	ab
Kontrolle	4.74	ab	4.62	ab	16%	abc	13%	c	15%	bc	8.4	b

* Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant, t-Test, $p < 5\%$

4.6.2 Feldversuche zu Saatgut- und Blattbehandlung

4.6.2.1 Saatgut- und Blattbehandlungen, CH-Reckenholz, 2002 – 2004

Da die Versuche jedes Jahr etwas anders aufgebaut waren, werden die Ergebnisse der einzelnen Versuchsjahre getrennt dargestellt.

Resultate Feldversuch 2002 mit weißen Lupinen

Die Lupinen wurden am 4. April 2002 bei guten Bedingungen gesät. Die Pflanzen liefen gut auf. Eine Auszählung der gesunden und kranken Pflanzen im 4-Blatt-Stadium am 8. Mai zeigte, dass eine Pflanzendichte von knapp 50 Pflanzen/m² erreicht wurde.

Tab. 90: Durchschnittliche Bestandesdichte und früher Anthraknosebefall in Prozent der weißen Lupine in Reckenholz 2002 *

Verfahren	8. Mai 2002				6. Juni 2002			
	Pflanzen/m ²		% bef. Pflanzen		Pflanzen/m ²		% bef. Pflanzen	
Kontrolle	50	a	7	a	42	abc	7	cd
Rovral UFB	49	a	8	a	44	a	1.4	ab
Solitär	48	a	19	b	43	ab	0.7	a
Heißwasser	38	a	13	b	34	e	3	ab
Tillecur (SBM-neu)	48	a	15	b	40	abcd	9	cd
Tillecur + Essigs.	46	a	12	b	39	bcd	6	bcd
TRF-FU-AGRO	42	a	13	b	42	abc	6	abc
Menno Florades	45	a	15	b	41	abc	8	cd
Sojall-Vitana	53	a	17	b	38	cd	16	e
Tillecur (SBM-neu) + Lebermoos-Extrakt	44	a	15	b	38	cde	5	abc
Tillecur + Essigsäure + Lebermoos-Extrakt	49	a	12	b	41	abc	6	abc
TRF-FU-Agro + Lebermoos-Extrakt	51	a	17	b	43	abc	11	de
Menno Florades + Lebermoos-Extrakt	52	a	9	b	44	a	6	bc
Sojall-Vitana + Lebermoos-Extrakt	42	a	19	b	36	de	14	e
<i>nicht-chemische Mittel ohne Lebermoos-Extrakt</i>	47		14		38		9	
<i>nicht-chemische Mittel mit Lebermoos-Extrakt</i>	48		14		36		9	

* Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant auf dem 5%-Niveau, t-Test

In der Tab. 90 sind die Bestandesdichten und der relative Anteil kranker Lupinen der einzelnen Verfahren am 8. Mai 2002 aufgezeigt. Bei der Heißwasser-Variante liefen die Lupinen am schlechtesten auf. Die Bestandesdichte der einzelnen Verfahren unterschieden sich statistisch nicht signifikant.

Der prozentuale Anteil der kranken Pflanzen war in der Kontrolle und in der Variante mit dem Beizmittel Rovral mit 7% bzw. 8% signifikant geringer als in den übrigen Verfahren. Der größte Anteil kranker Pflanzen wurde in den Varianten Solitär und Sojall-Vitana mit Blattbehandlung mit je 19% gefunden.

Ebenfalls in der Tab. 90 sind die ausgezählten Bestandesdichten und der Anteil von Pflanzen mit Anthraknosensymptomen am 6. Juni 2002 aufgelistet. Die Anthraknosensymptome waren deutlich ausgeprägt. Die beiden Verfahren Rovral und Menno Florades mit Blattbehandlung wiesen anfangs Juni eine signifikant höhere Pflanzendichte auf als die anderen Verfahren. Die signifikant geringste Pflanzendichte wies das Verfahren Heißwasser auf. Der Anteil kranker Pflanzen war beim Verfahren Solitär mit weniger als 1% signifikant am geringsten. Der Bestand war somit fast anthraknosefrei. Die Bestände der Verfahren Rovral und Heißwasser waren mit weniger als 5% kranken Pflanzen ebenfalls sehr gesund. Mit 14% beziehungsweise 16% waren die beiden Verfahren mit Sojall-Vitana signifikant am stärksten von der Anthraknose befallen. Mit 11% wies die Variante TRF-FU-AGRO mit Blattbehandlung ebenfalls einen hohen Anthraknosebefall auf. Die restlichen Verfahren lagen dazwischen, es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede gefunden.

Auffällig ist, dass der Prozentsatz anthraknosebefallener Pflanzen im Laufe der Vegetationsperiode abnimmt. Dies ist einerseits auf die Methodenungenauigkeit zurückzuführen, da bei

der ersten Zählung nur drei Laufmeter ausgezählt wurden, bei der zweiten Zählung aber alle Pflanzen der Parzelle. Ein weiterer Grund ist aber, dass viele Pflanzen aufgrund des hohen Infektionsdruckes im Laufe des Frühlings abstarben und somit nicht mehr gezählt wurden. Dies zeigt sich auch in der Abnahme der Bestandesdichte.

Die Boniturnoten Ende Juni in der Tab. 91 zeigen den sehr starken Anthraknosebefall.

Tab. 91: Später Anthraknosebefall, Bestandesdichte und Hülsenertrag in Reckenholz 2002 *

	26. Juni		12. Juli, Noternte nach Hagel			
	Bef.-Stärke	Note 1 - 9	Pflanzen/m ²	Hülsen pro Pflanze	% bef. Hülsen	Hülsenertrag [kg Frischmasse/Parz]
Kontrolle	4.5	cd	12.3	1.8	62%	1.4
Rovral UFB	1.5	a	23.4	2.0	33%	3.1
Solitär	1.5	a	20.4	1.8	34%	2.2
Heißwasser	3.0	b	12.9	2.5	52%	2.0
Tillecur (SBM-neu)	4.0	bcd	11.8	1.7	64%	1.2
Tillecur + Essigs.	3.5	bc	9.3	1.8	74%	0.9
TRF-FU-AGRO	4.5	cd	11.0	1.9	51%	1.3
Menno Florades	4.5	cd	7.4	2.1	73%	1.1
Sojall-Vitana	6.5	e	10.5	1.7	76%	1.0
Tillecur (SBM-neu) + Lebermoos-Extrakt	3.0	b	13.6	1.9	59%	1.3
Tillecur + Essigsäure + Lebermoos-Extrakt	3.5	bc	14.2	1.7	72%	1.4
TRF-FU-Agro + Lebermoos-Extrakt	5.0	d	12.1	1.5	67%	1.2
Menno Florades + Lebermoos-Extrakt	4.0	bcd	6.0	1.5	67%	0.5
Sojall-Vitana + Lebermoos-Extrakt	7.0	e	8.9	1.8	68%	0.8

* Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant auf dem 5%-Niveau, t-Test

Bei der Boniturnote 5 waren deutliche Flecken auf den Hülsen vorhanden. Am effizientesten waren die chemischen Verfahren Rovral und Solitär. Die Variante Heißwasser wirkte ebenfalls sehr befriedigend und war nur geringfügig schlechter als die zwei chemischen Verfahren. Die Verfahren mit Tillecur waren etwas besser als die Kontrolle. Die zwei Verfahren mit Menno Florades und TRF-FU-AGRO waren ähnlich stark befallen wie die Kontrolle. Die zwei Verfahren mit Sojall-Vitana waren sehr stark durch die Anthraknose infiziert, der Befall lag deutlich über demjenigen der Kontrolle. Die Lebermoosspritzungen zeigten wahrscheinlich aufgrund des frühen und starken Befalls keine schützende Wirkung.

Die Auszählung der Pflanzendichte in zwei Wiederholungen nach dem Hagel zeigte, dass die Anzahl hüsentragender Pflanzen sehr gering war. Bei der Zählung wurden alle Pflanzen berücksichtigt, die mindestens eine Hülse aufwies, die weniger als 50% von Anthraknoseflecken bedeckt waren. Im Durchschnitt der zwei Wiederholungen lag diese Pflanzendichte bei 12 Pfl/m². Die höchste Pflanzendichte wies das Verfahren Solitär mit 23 Pfl/m² auf, die geringste Dichte wurde im Verfahren Sojall-Vitana mit Blattbehandlung mit 6 Pfl/m² gezählt. In allen Verfahren entwickelten sich nur am Haupttrieb Hülsen.

Die Anzahl Hülsen pro Pflanze schwankte zwischen 1,5 und 2,5. Die Pflanzen des Verfahrens Heißwasser wiesen mit 2,5 Hülsen pro Pflanze am meisten Hülsen auf. Der Anteil antraknosebefallener Hülsen war bei den Varianten Solitär und Rovral mit ca. 30% am geringsten. Das Heißwasser-Verfahren und das Verfahren Tillecur-Essigsäure mit Blattbehandlung wiesen einen Anteil kranker Hülsen von ungefähr 50% auf, deren Anteil in der Kontrolle lag bei etwas über 60%. Der Anteil Hülsen mit Anthraknosesympomen lag bei den nicht-chemischen Verfahren meist über demjenigen der Kontrolle (s. Tab. 91).

In den Verfahren Solitär, Rovral und Heißwasser bildeten die Pflanzen mit 1,8 bis 2,5 nicht-antraknosebefallenen Hülsen pro Pflanzen zwar sehr wenige, aber im Vergleich zu den anderen Verfahren deutlich mehr Hülsen aus. In den nicht-chemischen Varianten lag die Anzahl gesunder Hülsen pro Pflanze bei ungefähr 0,5 Hülsen pro Pflanze. Nur die Variante Tillecur-Essigsäure mit Blattbehandlung wies mit 0,9 Hülsen pro Pflanze einen etwas höheren Wert auf.

Der Hülsenertrag der zwei Wiederholungen zeigte, dass die zwei chemischen Varianten Solitär und Rovral die deutlich höchsten Erträge brachten. Die mit Rovral gebeizten Pflanzen wiesen zudem einen höheren Ertrag als die mit Solitär behandelten auf. Das Verfahren Heißwasser wies in Relation zu der sehr geringen Bestandesdichte in diesem Verfahren ebenfalls einen sehr hohen Ertrag aus. Die nicht-chemischen Varianten lagen im Durchschnitt ertraglich etwa so hoch wie die Kontrolle. Die zwei Verfahren mit Sojall-Vitana waren deutlich ertragsschwächer als die übrigen Verfahren inklusive Kontrolle und brachten fast keinen Ertrag. Von den nicht-chemischen Verfahren schien einzig das Verfahren Tillecur + Essigsäure den Anthraknosebefall etwas einzudämmen.

Resultate Feldversuch 2003 mit schmalblättrigen Lupinen, Versuchsabbruch

Die Pflanzen liefen gut auf. Die angestrebte Bestandesdichte von 100 Pflanzen pro Quadratmeter wurde nicht ganz erreicht. Vor allem die Variante Heißwasser zeigte wie auch schon in den letzten Jahren eine deutliche Einbusse der Keimfähigkeit von ca. 40 %. Die Reduktion der Keimfähigkeit ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die Körner während der Heißwasserbehandlung stark aufquollen.

Am 9. Mai wurde das Lupinenfeld fälschlicherweise mit dem für Eiweißerbse zugelassenen Herbizid Trifolin (400 g/l Trifolin) in einer Aufwandmenge von 4 l/ha gegen das stark aufkommende Unkraut gespritzt. Als Folge des Wachstumsregulators reagierten die Lupinen mit deutlichen Verkrümmungen und einem Entwicklungsstillstand. Die Lupinen erholten sich zwar trotz anfänglich sehr deutlicher Schädigung und blühten mit einiger Verzögerung, der Versuch war aber nicht mehr auswertbar. Einige Parzellen innerhalb des Versuchs waren von den Schäden nicht betroffen. Grund dafür könnte die nicht ganz flächendeckende Herbizidspritzung sein. Da der Versuch bis fast zur Abreife stehen gelassen wurde, konnte auf diesen Parzellen beobachtet werden, dass sich keine Anthraknosesympome entwickelten.

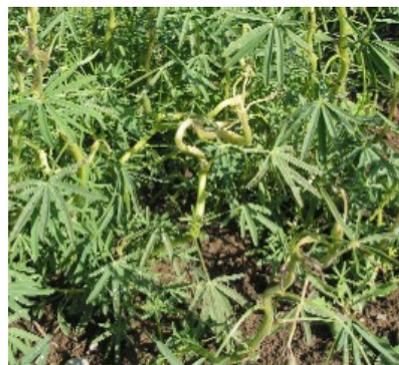


Foto 14: Wachstumsstörungen aufgrund falschen Herbizideinsatzes

Resultate Feldversuch 2004 mit weißen Lupinen

Die Pflanzen liefen regelmäßig auf, die Bestandesdichten waren gemäß den Auszählungen zufriedenstellend. Die Bestände entwickelten sich sehr gut, mit einer Höhe von über einem

Meter waren die Lupinen sehr wüchsig. Zwischen den zwei Sorten AMIGA und FORTUNA sowie dem Zuchtstamm waren keine auffälligen agronomischen Unterschiede zu sehen.



Fotos 15-17: Die weiße Lupine ist sehr anfällig auf die Anthraknose. Die Symptome dieser Pilzkrankheit sind orange-braune Brennflecken auf Stängel und Hülsen.

Anfangs Juni waren die ersten Anthraknose-Symptome auf den Lupinen zu erkennen. Die Bonitur Ende Juni zeigte, dass es in zwei Parzellen des Verfahrens „überlagert AMIGA“ relativ große Anthraknose-Nester gab. In den Verfahren „Rovral AMIGA“, „Tillecur Essigsäure AMIGA“, „zertifiziert AMIGA“ sowie „anthraknosetoleranter Stamm“ hingegen wurde in keiner der

vier Wiederholungen kranke Pflanzen gefunden. Bei den übrigen Parzellen waren zu diesem Zeitpunkt vereinzelt kranke Pflanzen zu finden. Aufgrund der Versuchsanordnung ohne begrenzenden Hafer-Streifen rund um die Parzellen ist aber anzunehmen, dass sich die Anthraknose in der Folge von einer Parzelle auf die andere übertrug und es so zu einer Sekundärinfektion kam. Die Mittelwerte der Bonituren Ende Juni aus den vier Wiederholungen pro Verfahren finden sich in der Tab. 92. Ungefähr Mitte Juni waren in wenigen Parzellen Ansätze von Lager zu erkennen. Die Pflanzen waren mit einem Meter sehr hoch gewachsen. Ende Juni nach heftigen Gewittern waren die Lupinenbestände stark zu Boden gedrückt. Im Laufe der nächsten zwei Monate konnten sich die Pflanzen in einigen Parzellen wieder teilweise aufrichten. In der vierten Wiederholung allerdings blieben die Pflanzen aller Parzellen auf dem Boden liegen. In der Tab. 92 sind die Lagerbonituren Ende Juni sowie Ende August als Mittelwert über alle 4 Wiederholungen Ende August aufgezeigt. Der Versuch wurde Anfangs September geerntet. Die Sorte AMIGA wies Kornfeuchten von ca. 18% auf, die Sorte FORTUNA eine solche von ca. 21%.

Die Mittelwerte der Kornerträge der vier Wiederholungen bewegen sich zwischen 15 und 34 dt/ha. Die statistische Auswertung zeigt, dass sich die Wiederholungen statistisch unterscheiden. Der t-Test (ohne Berücksichtigung der Wiederholungseffekte) zeigt, dass sich das Verfahren „anthraknosetoleranter Stamm“ statistisch von den anderen Verfahren durch einen höheren Ertrag unterscheidet.

Ertraglich ebenfalls interessant sind die Verfahren „Rovral AMIGA“ sowie „überlagert AMIGA“. Dies, obwohl in zwei Parzellen des Verfahrens „überlagert AMIGA“ als erstes große Anthraknoseneroster festgestellt wurden. Die Verfahren mit „Tillecur Essigsäure“ hingegen weisen bei beiden Sorten die geringsten Erträge auf. Die Details finden sich in der Tab. 92.

Tab. 92: Pflanzendichte sowie Krankheits- und Lagerbonituren im Anthraknoseversuch mit weißen Lupinen als Mittelwert aus vier Wiederholungen *

	Pflanzen pro m ²	Bonitur Anthraknose 29.6. ¹⁾	Lager 29. Juli (Bonitur 1-9)	Lager 25. August (Bonitur 1-9)	Ertrag dt/ha bei 13% H ₂ O ²⁾	
zertifiziert Amiga	74 a	1.0	6.5	8.0	23.8	b
Rovral UFB Amiga	61 ab	1.0	3.8	6.8	21.2	bc
Heißwasser Amiga	65 ab	1.5	4.5	6.5	19.1	bc
Kontrolle Amiga	64 ab	2.3	3.3	5.5	18.4	bc
Tillecur mit Essigsäure Amiga	62 ab	1.0	4.8	6.8	15.0	c
anthraknosetoleranter Stamm (Südwestsaat)	62 ab	1.0	5.0	8.3	33.9	a
Überlagert Amiga	57 b	4.5	4.3	5.3	20.5	bc
Kontrolle Fortuna	66 ab	1.5	5.5	6.8	16.3	c
Heißwasser Fortuna	68 ab	1.8	6.0	7.8	17.3	bc
Tillecur mit Essigsäure Fortuna	66 ab	2.0	5.8	7.0	15.9	c

* Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant auf dem 5%-Niveau beim t-Test

¹⁾ 1: keine kranke Pflanzen, 2: vereinzelt kranke Pflanzen, 3: wenige kranke Pflanzen, 5: ein deutliches Krankheitsnest, 7: großes oder mehrere Krankheitsnester, 9: ca. 10% der Pflanzen krank

²⁾ Die Verfahren der Wiederholung 1 sind ertraglich signifikant höher als die Verfahren der Wiederholungen 2 und 3. Die Wiederholung 4 liegt ertraglich zwischen den Wiederholungen 1 und 2&3, unterscheidet sich aber statistisch nicht von diesen. Dieser Umstand wurde für den t-Test nicht berücksichtigt.

Resultate Feldversuch 2004 mit schmalblättrigen Lupinen

Die Bestände entwickelten sich gut, die Pflanzendichten waren gemäß der Auszählung in allen Verfahren genügend. Auch in der Variante Heißwasser liefen die Lupinen gut auf. Bis zur Ernte waren keine deutlichen Anthraknosesympptome zu sehen. Anfangs Juli zeigten sich an einigen Stängeln Flecken. Möglicherweise handelte es sich um Botrytis. Eine Bonitur ergab keine Verfahrensunterschiede. An den Hülsen waren bis zur Ernte nur sehr vereinzelt Brennflecken zu sehen, für eine Bonitur der Anthraknose war der Befall zu gering. Die Pflanzen erreichten vor der Ernte eine Höhe von 80 cm. Im Versuch trat Lagerung auf, allerdings nicht in einem starken Ausmaß.

Der Versuch wurde am 19. August bei einer Kornfeuchtigkeit von ungefähr 19% geerntet. Die Erträge waren mit durchschnittlich fast 37 dt/ha für schmalblättrige Lupinen außerordentlich hoch. Dies ist sicherlich auch auf die Wahl der Sorte BOLIVIO zurückzuführen, die in der Schweiz über mehrere Jahre sehr hohe Erträge brachte. Der hohe Ertrag zeigt aber auch, dass die Anthraknose keinen ertragsrelevanten Einfluss hatte. Die Erträge der einzelnen Verfahren unterschieden sich fast nicht, wie auch die Tab. 93 zeigt.

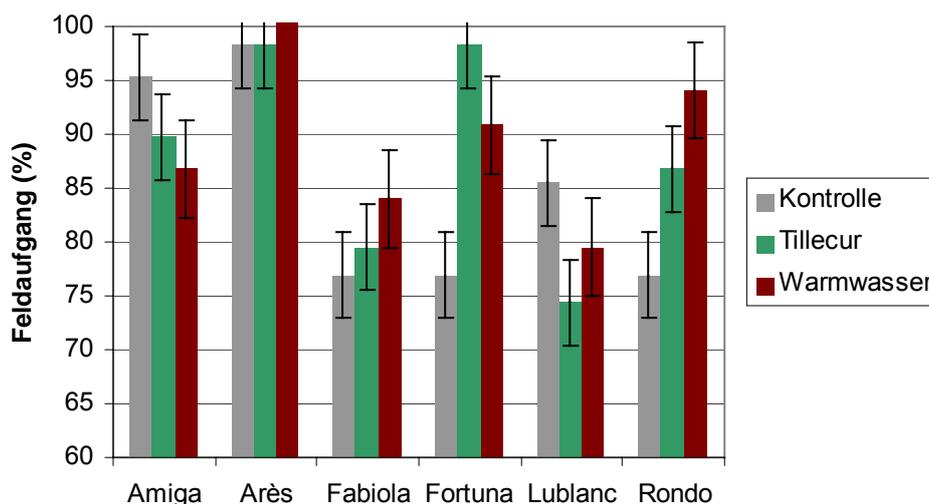
Tab. 93: Erträge als Mittelwert aus vier Wiederholungen in dt/ha der verschiedenen Verfahren im Anthraknoseversuch 2004 mit schmalblättrigen Lupinen

Verfahren	Pflanzen pro m ²	Lager 29. Juli (Bonitur 1-9)	Ertrag dt/ha (13% H ₂ O)
Kontrolle	105	4	37.8
zertifiziert	95	2	36.4
Heißwasser	93	2	36.3
Rovral	111	2	37.1
Tillecur	97	3	38.3
Tillecur ES Faulbaum	102	3	36.6
Tillecur ES	100	2	35.4
Tillecur ES Lebermoos	94	3	35.4
TRF FU Agro	101	4	36.3
TRF MS	108	3	36.3

4.6.2.2 Sortenwahl und Saatgutbehandlung (D-Buggingen, 2003)

Bei den Schmalblättrigen Lupinen wurde kein Anthraknosebefall beobachtet, was möglicherweise auf die trockenen Bedingungen und die sehr frühe Abreife zurückgeführt werden kann. Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse beziehen sich daher ausschließlich auf die Weißen Lupinen. Eine Verzögerung der Befallsausbreitung an Weißen Lupinen innerhalb einer Mischparzelle mit Schmalblättrigen Lupinen konnte nicht beobachtet werden.

Abb. 48 zeigt den Feldaufgang der Sorten in Abhängigkeit von der Saatgutbehandlung. Auffällig ist, dass die Behandlungen besonders bei den Sorten FABIOLA, FORTUNA und RONDO, die ohne Behandlung den geringsten Feldaufgang zeigten, zu einer Verbesserung geführt haben.



(Fehlerbalken = Standardfehler)

Abb. 48: Feldaufgang der Weißen Lupine Sorten in Abhängigkeit von der Saatgutbehandlung (D-Buggingen 2003)

Erstmals wurde Anthraknose am 07.07. beobachtet, wobei ausschließlich unbehandelte und mit Tillecur behandelte Parzellen der Sorten AMIGA, ARÈS und FABIOLA betroffen waren. Am

16.07. waren bereits Parzellen jeder Sorte und auch zwei Parzellen warmwasserbehandelter Varianten infiziert. Als wesentliches Problem der Feldversuche zur Anthraknosevorbeugung mittels Saatgutbehandlung ergibt sich somit – trotz der getroffenen Vorsichtsmaßnahmen – die Trennung zwischen Primär- und Sekundärinfektion.

Die höchste Anzahl befallener Parzellen sowie die am stärksten befallenen Parzellen wurden unter den Sorten ARÈS und FABIOLA beobachtet. Zudem gehörten alle isolierten Parzellen mit Befall zu einer dieser Sorten, und jedes Befallsnest enthielt eine Parzelle dieser Sorten. Eine Ausnahme ist die warmwasserbehandelte Parzelle 68 der Sorte FORTUNA, die nur von nicht-befallenen Parzellen bzw. Schmalblättrigen Lupinen umgeben war. Eine mögliche Ursache könnte die Verschleppung des Erregers bei Bonituren unter feuchten Bedingungen sein. Der trotz der offenkundigen Saatgutinfektion hohe Feldaufgang der Sorte ARÈS kann durch eine prozentual hohe, aber im Einzelkorn schwache Infektion des Saatgutes erklärt werden. Die Ursache wäre vermutlich im Infektionsverlauf bei der Saatgutvermehrung zu suchen.

Eine Ertragswirkung des Anthraknosebefalls konnte nicht festgestellt werden. Die Einzelerträge der drei am stärksten befallenen Parzellen lagen sogar alle über dem Durchschnitt der jeweiligen Sorte oder Behandlungsvariante. Bei früherem Befall, der nicht nur einzelne Hülsen, sondern ganze Pflanzen stark schädigt, ist mit höheren Ertragsverlusten zu rechnen.

4.6.3 Diskussion der Lupinen-Anthraknose

Fungizidversuch CH-2002

Der Fungizidversuch sollte zeigen, ob mit Fungizidspritzungen ein auftretender und in der Praxis leider oft beobachteter Anthraknosebefall eingedämmt werden kann. Für den Versuch wurde gebeiztes Saatgut aus dem Saatguthandel verwendet. Obwohl eigentlich zu erwarten wäre, dass bei einer Saatgutbeizung der Bestand anthraknosefrei bleibt, wurde vor der Blüte ein flächendeckender Anthraknosebefall festgestellt. Die Spritzung im 11-Blatt-Stadium mit Amistar brachte eine knapp signifikante Ertragssteigerung von 20% gegenüber der Kontrolle ohne Behandlung. Alle anderen geprüften Verfahren zeigten eine geringere und zur Kontrolle nicht signifikante Ertragsverbesserung.

Dieses Ergebnis deckt sich mit den Versuchen in Deutschland, wo Amistar (1l/ha) beim ersten Behandlungstermin und die Mischung Amistar (1l/ha) + Folicur (0.5 l/ha) zum zweiten Spritztermin in den Versuchen eine Ertragsstabilisierung brachte (Römer 2000). Auch eine Spritzung von Amistar (1l/ha) zum ersten und zweiten Spritztermin brachte einen Ertragsgewinn von 35%. Im selben Versuch zeigte jedoch das Verfahren mit Switch in einer Aufwandmenge von 1 l/ha zu beiden Spritzpunkten einen Ertragsgewinn von 41% (Dittmann 1998). In Dielsdorf brachten die zwei Verfahren mit Switch keine signifikant höheren Erträge als die Kontrolle.

Diese Ergebnisse deuten daraufhin, dass der Erfolg der Fungizidspritzung vom optimalen Spritzzeitpunkt abhängig ist. Wo genau dieses Optimum liegt, ist noch nicht bekannt. Es wird vermutet, dass die Anthraknoseanfälligkeit auch vom Entwicklungsstand der Pflanze abhängt. Untersuchungen dazu bestehen momentan aber nicht. Eine verstärkte Forschung in diese Richtung ist absolut wünschenswert. Mit der Kenntnis des genauen Infektionsweges und der relevanten Faktoren wäre es einfacher, Fungizide zeit- und bedarfsgerecht einzusetzen. Möglicherweise verläuft eine Anthraknoseinfektion ähnlich wie der Befall durch *Phytophthora* bei Kartoffeln, und der Pflanzenschutz könnte mit Hilfe eines ähnlichen Prognosemo-

dells wie beispielsweise PhytoPRE unter Verwendung von Wetterdaten und des Auftretens von Primärherden erfolgen. Die Erarbeitung eines solchen Modells setzt allerdings große finanzielle und zeitliche Ressourcen voraus.

Feldversuch CH-2002 mit weißen Lupinen

In der Tab. 94 sind zusammenfassend die Resultate des Beizmittelversuches im Reckenholz 2002 mit weißen Lupinen dargestellt.

Tab. 94: Zusammenfassung der Resultate des Saatgutbehandlungsversuches am Standort Reckenholz 2002

	visuelle Bonitur Bestand	Anzahl gesunde Pflanzen	Anteil kranker Pflanzen	Anthraknose-Befall	Anthraknose-Befall
Datum	1. Juni	6. Juni	6. Juni	26. Juni	4. Juli
Kontrolle	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Rovral UFB	mittel	hoch	tief	wenig	wenig
Solitär	mittel	mittel	mittel	wenig	wenig
Heißwasser	schön	tief	mittel	mittel	wenig
Tillecur (SBM-neu)	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Tillecur + Essigs.	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
TRF-FU-AGRO	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Menno Florades	schön	mittel	mittel	mittel	mittel
Sojall-Vitana	mittel	mittel	hoch	hoch	mittel
Tillecur (SBM-neu) + Lebermoos-Extrakt	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Tillecur + Essigsäure + Lebermoos-Extrakt	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
TRF-FU-Agro + Lebermoos-Extrakt	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Menno Florades + Lebermoos-Extrakt	schlecht	hoch	mittel	mittel	mittel
Sojall-Vitana + Lebermoos-Extrakt	schön	mittel	hoch	hoch	hoch

Die chemischen Beizmittel Rovral und Solitär sowie die Behandlung mit Heißwasser waren den nicht-chemischen Mitteln deutlich überlegen. Aufgrund der diesjährigen Resultate lässt sich für den Bio-Landbau nur die Heißwasserbehandlung zur Anthraknosebekämpfung empfehlen. Die Anwendung dieses Verfahrens ist bei großen Saatgutmengen allerdings schwierig. Die Spritzung mit Lebermoosextrakt brachte in diesem Jahr keine Ertragsstabilisierung. Dies hängt auch mit dem sehr frühen Auftreten der Krankheit zusammen.

Bei der Interpretation der Versuchsergebnisse ist zu berücksichtigen, dass der Ausgangsbefall des Saatgutes mit Anthraknose anscheinend höher als 5% war. Nur so lässt sich der sehr frühe und starke Befall erklären. Es ist deshalb möglich, dass die nicht-chemischen Methoden bei geringeren Befallsstärken, wie sie eigentlich bei zertifiziertem Saatgut vorhanden sein sollten, eine Wirkung erzielen. Aus diesem Grund wurde der Versuch im Jahr 2003 wiederholt, allerdings diesmal mit schmalblättrigen Lupinen, da im Moment bei der hohen Anthraknoseanfälligkeit der weißen Lupinen diese Art für den Bio-Landbau zu risikoreich ist. Der Beizmittelversuch wurde ebenfalls in einer sehr ähnlichen Form von Dr. P. Römer in Raststatt in Süddeutschland angelegt.

Feldversuch CH-2003 mit schmalblättrigen Lupinen

Der Versuch konnte wegen der unfachgemäßen Behandlung durch ein nicht-lupinenverträgliches Herbizid nicht ausgewertet werden. Da einige Parzellen durch das Herbizid nicht geschädigt wurden, konnte aber gezeigt werden, dass die Pflanzen keine Anthraknose-Symptome zeigten. Die Bedingungen des sehr heißen und trockenen Sommers sowie der nicht sehr hohe Ausgangsbefall des Saatgutes führten anscheinend dazu, dass die Krankheit nicht ausbrach.

Feldversuch CH-2004 mit weißen Lupinen

Die Anthraknose trat anfangs Juni in einigen Parzellen auf. Aufgrund der gewählten Versuchsanordnung ohne abgrenzende Haferstreifen ist aber davon auszugehen, dass die Anthraknose auf die benachbarten Parzellen übergriff und so zu einer Sekundärinfektion führte. Die Sommergewitter im Frühsommer führten zu einer starken Lagerung des Bestandes, ein Teil der Lupinen richtete sich bis zur Ernte wieder auf. Die vierte Wiederholung blieb jedoch gelagert. Es konnten trotzdem alle Parzellen geerntet werden. Der höchste Ertrag brachte der anthraknosetolerante Zuchtstamm der Südwestsaat. Dies lässt hoffen, dass die Züchtung bald ein anthraknosetolerante Sorte anbieten kann. Die Parzellen mit zertifiziertem Saatgut der Sorte AMIGA brachten ebenfalls einen relativ hohen Ertrag. Die restlichen Verfahren unterschieden sich statistisch nur wenig, die geringsten Erträge brachten die Verfahren mit Tillecur sowie die unbehandelten Kontrollen. Das Verfahren mit dem überlagerten Saatgut bewegt sich im ertraglichen Mittelfeld. Der Versuch zeigt, dass die Behandlungen mit Tillecur für die Kontrolle der Anthraknose nicht geeignet sind. In den in den letzten Jahren durchgeführten Versuchen (auch in den deutschen Versuchen von Dr. P. Römer/Südwestsaat) hatte sich dieses Behandlungsverfahren als das hoffnungsvollste herausgestellt. Nach der mehrjährigen Prüfung dieses Mittels kann es aber nicht für die Anwendung empfohlen werden, da die Wirkung zu gering ist.

Feldversuch CH-2004 mit schmalblättrigen Lupinen

Die verschiedenen Verfahren unterschieden sich ertraglich nicht, zudem war visuell nur ein sehr geringer Anthraknosebefall feststellbar. Im benachbarten Anthraknosversuch mit weißen Lupinen war allerdings ein deutlicher Anthraknosebefall feststellbar.

Dies lässt verschiedene Interpretationen zu:

- Das Saatgut war nicht mit Anthraknose befallen. Das Saatgut stammte zwar aus einem aberkannten Vermehrungsfeld, möglicherweise war der Befall nicht mehr wirksam oder zu gering.
- Schmalblättrige Lupinen sind deutlich weniger anfällig auf die Anthraknose. Die Umweltbedingungen müssen im Vergleich zur weißen Lupinen deutlich günstiger sein, damit die Krankheit in einem relevanten Maß ausbrechen kann.
- Es erfolgte keine Sekundärinfektion von weißen Lupinen auf schmalblättrige Lupinen. Ob der Grund in ungünstigen Witterungsbedingungen lag oder darin, dass eine solche Sekundärinfektion grundsätzlich nicht möglich ist, oder allenfalls zu spät einsetzte, ist nachträglich nicht abschätzbar.

Die Anthraknose, ihr Auftreten, ihre Entwicklung und Verbreitung ist nach wie vor relativ ungeklärt. Aus diesem Grund sind wir auf obige Vermutungen angewiesen, um zu erklären,

wieso es im Versuch mit schmalblättrigen Lupinen nicht zu einem ertragsrelevanten Befall gekommen war.

Feldversuch D-2003 zu Sortenwahl und Saatgutbehandlung

In diesem Versuch konnte bestätigt werden, dass die Schmalblättrige Lupine weniger anfällig gegen Anthraknose ist als die Weiße Lupine, und dass trockene Bedingungen möglicherweise die Schäden auch bei Weißer Lupine begrenzen. Sortenunterschiede bestanden im Primärbefall der Weißen Lupine (Saatgutproduktion), aber, soweit feststellbar, nicht in der Anfälligkeit, da nach kurzer Zeit alle Sorten befallen waren.

Die Warmwasserbehandlung erscheint aussichtsreich, wobei einzelne Versuche zu zeigen scheinen, dass auch sie keinen 100%igen Schutz bietet. Schwierig ist der Kompromiss zwischen Wirksamkeit des Verfahrens und Erhalt der Keimfähigkeit des Saatgutes. Hier ist vor allem eine schonende Behandlung des gequollenen Saatgutes und eine langsame Rücktrocknung wichtig, was im großen Maßstab ein hoher Kostenfaktor werden kann.

Ausblick

Bei einer künftig rein biologischen Saatguterzeugung für den Bioanbau von Lupinen ist eine Zunahme des Anthraknose-Befalls im Vermehrungskreislauf zu befürchten. Die praxisübliche Saatgutgesundheitsprüfung anhand einer Stichprobe von 400 Körnern bietet nur geringe Sicherheit, da unter für den Erreger günstigen Bedingungen ein Saatgutbefall von 0,1% zu Ertragsausfällen bis zu 50% führen kann (Thomas et al, 1998, in Feiler u. Nirenberg, 2004). Um aber bei einem Befall von 0,1% mit 95%iger Wahrscheinlichkeit wenigstens ein befallenes Samenkorn zu finden, ist eine Stichprobe von ca. 3000 Körnern erforderlich ($0,999^{3000} = 0,0497$).

Bislang erscheint die Anthraknose-Toleranz der Schmalblättrigen Lupine als zuverlässig, da keine Probleme mit Befall aufgetreten sind. Für die Weiße Lupine könnte der Anbau von Winterformen ein Ansatz zur Risikominderung sein, da in Südfrankreich bislang keine Probleme auftraten. Ob dies aber tatsächlich auf eine geringere Anfälligkeit der Wintersorten, auf das frühere Durchlaufen besonders sensibler Stadien oder schlicht auf befallsfreie Standorte zurückzuführen ist, kann derzeit nicht beantwortet werden.

Mittelfristig ist davon auszugehen, dass der ökologische Anbau Weißer und Gelber Lupinen nicht ohne Resistenzzüchtung auskommt, wenn er wirtschaftlich sein soll. In einem Projekt zur Evaluierung von Genbanklinien der Weißen Lupine (2002-2003 im Auftrag des Bundesprogramms Ökologischer Landbau, Deutschland) konnten Unterschiede in der Anthraknose-resistenz gefunden werden. Das Material wird derzeit weiter züchterisch bearbeitet.

4.7 Stickstoffdynamik nach der Ernte von Körnerleguminosen

Der von Leguminosen fixierte Stickstoff ist einerseits im ökologischen Landbau unverzichtbar für die N-Versorgung nicht-legumer Kulturen. Andererseits kann er als auswaschbares Nitrat das Grundwasser gefährden. Die folgenden Untersuchungen dienen der Abschätzung von Größenordnungen der N-Mengen sowie des zeitlichen Verlaufs der N-Mineralisierung nach Ernte von Körnerleguminosen.

4.7.1 N-Rückstände im Stroh nach verschiedenen Kulturen

Tab. 95 zeigt die in verschiedenen Versuchen ermittelten Durchschnittswerte für N-Rückstände im Stroh, sowie die C:N-Verhältnisse des Strohs und die Verhältnisse des Gesamtstickstoffs in Korn und Stroh des oberirdischen Aufwuchses.

Tab. 95: N-Rückstände und C:N-Verhältnisse im Stroh, Verhältnis der absoluten N-Mengen in Korn und Stroh

Kultur	N im Stroh (kg/ha)	Stroh - C:N - Verhältnis	Verhältnis $N_{\text{Korn}} : N_{\text{Stroh}}$
Sojabohne	39	55	4,3
Weißer Lupine	20	55	6,5
Schmalbl. Lupine	10	61	4,7
Erbse	32	42	2,7
Ackerbohne	40	42	3

Die N-Rückstände liegen meist bei 20-40 kg, wobei der geringe Wert der Schmalblättrigen Lupine auf die schwache Entwicklung im Versuch 2003 zurückzuführen ist. Vor allem aber ist bei keiner der Kulturen mit einer direkten N-Freisetzung aus dem Stroh zu rechnen, da aufgrund der deutlich über 20 liegenden C:N-Verhältnisse zunächst eine vollständige Aufnahme durch die abbauenden Bodenmikroorganismen mit zusätzlicher Immobilisierung von mineralischem Bodenstickstoff stattfindet.

Bei dem Verhältnis $N_{\text{Korn}} : N_{\text{Stroh}}$ zeigt sich, dass Sojabohne und Lupinen bei der Abreife effizienter den Stickstoff aus vegetativen Pflanzenteilen in das Korn verlagern, als Erbse und Ackerbohne. Die Weiße Lupine scheint hierbei besonders positiv aufzufallen.

4.7.2 N_{min} -Dynamik im Boden

Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen konnten keine umfangreichen Zeitreihen der mineralischen Stickstoffgehalte im Boden erstellt werden. Die Messungen an deutschen und französischen Standorten ermöglichen dennoch eine Abschätzung der Größenordnung auswaschungsgefährdeter Stickstoffgehalte sowie der N_{min} -Dynamik zwischen Herbst und Frühjahr. Eine statistische Auswertung wurde mit der gegebenen Anzahl von Messwerten nicht durchgeführt.

4.7.2.1 Vergleich zwischen Kulturen sowie Winter- und Sommerformen (D-Buggingen, 2003 / D-Heitersheim, 2004-05)

Abb. 49 bis Abb. 51 zeigen die Ergebnisse der N_{min} -Messungen nach Feldversuchen an deutschen Standorten, unterteilt nach Bodenschichten der Stärke 30 cm. Der Fehlerindikator zeigt die Spanne zwischen den jeweils zwei Werten (zwei gleich behandelte Parzellen) für die N_{min} -Summe über das Gesamtprofil (0-90 cm). Bei Weißer Lupine, Erbse und Ackerbohne wurden 2004 und 2005 jeweils ertragreiche Varianten verglichen. Bei Soja wurde 2003 der Einfluss von Sorte und Messposition (Reihe / Zwischenraum) sowie 2004 und 2005 der Effekt von unterschiedlicher Reihenweite und gut etablierter Leindotter-Untersaat untersucht. Für die genauen Varianten vgl. Kap. 3.7.2.1.

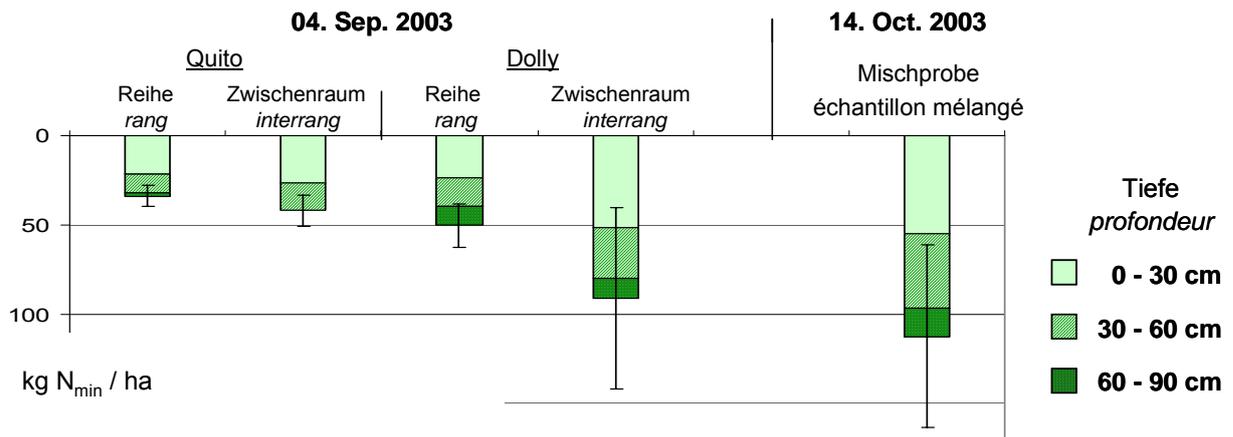


Abb. 49: N_{min} nach Sojaernte in Abhängigkeit von Sorte und Messpunkt, D-Buggingen 2003

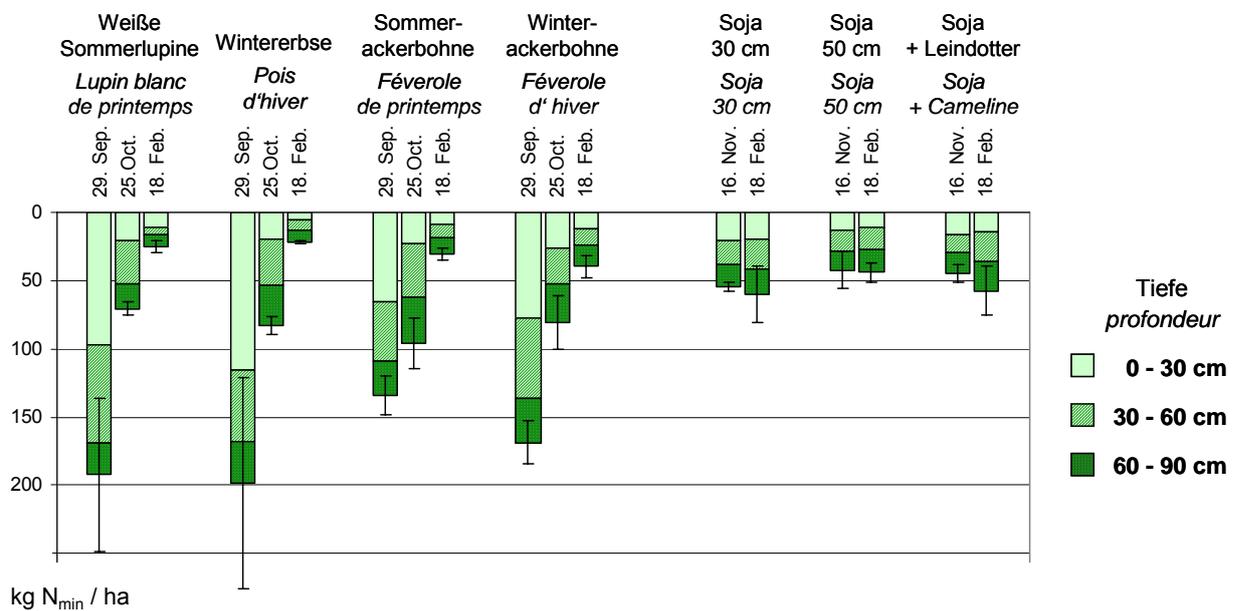


Abb. 50: N_{min} -Entwicklung nach Ernte verschiedener Körnerleguminosen, D-Heitersheim 2004/2005

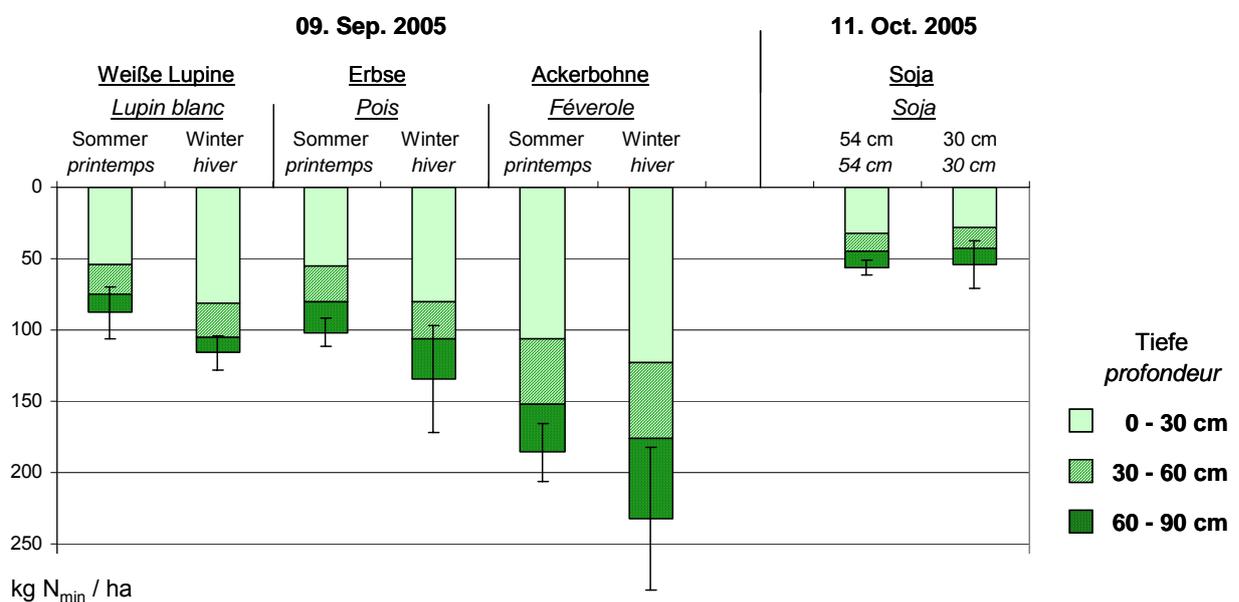


Abb. 51: N_{min} nach Ernte verschiedener Körnerleguminosen, D-Heitersheim/Buggingen 2005

2003

- Für die Tiefe 60-90 cm im Zwischenraum der Sorte Quito sind keine Daten vorhanden, da der Bohrstock nicht tief genug eingebracht werden konnte.
- Es ist zu beachten, dass bei Dolly bereits Mitte August ein erheblicher Kornausfall stattgefunden hatte. Dieser entsprach im Versuchsfeldmittel nach Hochrechnung ca. 40 kg N/ha. Auch der Blattfall hatte bei Dolly früher eingesetzt als bei Quito.
- Am 14.10.2003 konnte nur eine Mischprobe entnommen werden, da die Versuchsfläche kurz zuvor gepflügt worden war. Ein Einfluss der Pflugfurche auf die Mineralisierung kann aber noch nicht vorgelegen haben.

2004

- Im September war ein Zwischenfruchtgemenge gesät worden, das sich bis Ende Oktober gut etablierte. Im Bereich des Sojaversuches stand wegen der späten Ernte keine Zwischenfrucht.
- Winterlupinen und Sommererbsen waren in diesem Versuchsjahr ungenügend etabliert, so dass keine repräsentative N-Fixierung zu erwarten war. Es wurden daher keine Bodenproben entnommen.

2005

- Im letzten Versuchsjahr konnte nur noch ein Probenentnommen realisiert werden.
- Während bei den übrigen Kulturen einige Wochen seit Ernte vergangen waren, erfolgte die Beprobung bei Soja am Tag der Ernte. Zudem befand sich der Sojaversuch 2005 auf einem separaten Versuchsfeld.

Im Gesamtbild wird deutlich, dass die N_{\min} -Gehalte nach Soja im Vergleich zu anderen Körnerleguminosen gering sind. Ein Einfluss verschiedener Reihenweiten oder einer Leindotter-Untersaat konnte nicht festgestellt werden.

Die Unterschiede zwischen Sommer- und Winterformen von Erbse, Weißer Lupine und Ackerbohne sind gering, und entsprechen in der Rangfolge den Unterschieden in der vegetativen Entwicklung.

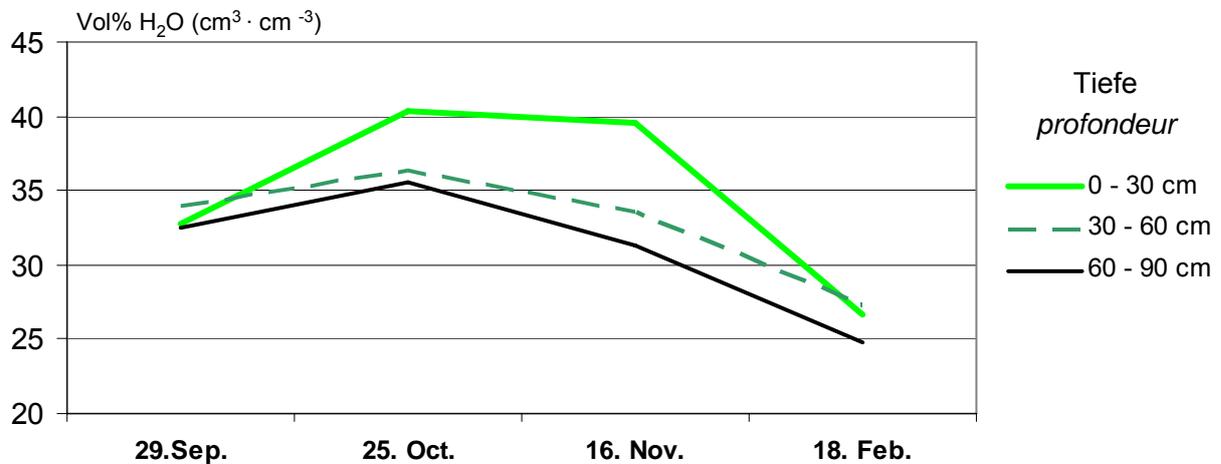
Insgesamt traten nach allen Kulturen außer Soja z.T. hohe N_{\min} -Werte auf, jedoch, wie die Messungen zu drei Zeitpunkten nach Ernte 2004 zeigen, auch starke Fluktuationen.

N_{\min} -Dynamik

Besonders auffällig ist die starke Abnahme der N_{\min} -Werte zwischen 29.09. und 25.10.2004 auf dem Versuchsfeld Heitersheim. Die Niederschlagsmenge in dieser Zeitspanne betrug ca. 90 l/m², der Wassergehalt des Bodenprofils (0-90 cm) nahm um 40 l/m² zu. Die potenzielle Auswaschung von 50 l/m² könnte bei einem Porenvolumen von 50% einen Abwärtstransport von durchschnittlich 10 cm bewirken, erklärt jedoch nicht die starke N_{\min} -Abnahme im Bereich 0-60 cm. Als Ursachen für die N_{\min} -Abnahme kommen vor allem gasförmige Verluste (Denitrifikation, Ammoniak-Verluste) und N-Festlegung (Nachfrucht, mikrobielle Immobilisierung, Ammonium-Fixierung an Tonmineralen) in Betracht.

Wie Abb. 52 zeigt, war der Bodenwassergehalt am 29.09.2004 bereits relativ hoch und erreichte mit den Niederschlägen bis 25.10.2004 maximale Feldkapazität. (Die scheinbare

Wasserabnahme der unteren Schichten bis 16.11. dürfte darauf zurückzuführen sein, dass hier die Probennahme nur im Soja-Versuch erfolgte, wo die Kiesschichten oberflächennäher und somit die Feldkapazität geringer waren.)



16. Nov.: andere Beprobungsstelle, Boden flachgründiger

Abb. 52: Entwicklung des Bodenwassergehaltes, D-Heitersheim 2004/2005

Die hohe Wassersättigung des Bodens und damit verbundenen anaeroben Verhältnisse begünstigen:

- Denitrifikation: die Reduktion von NO_3^- zu N_2O und N_2 , die als gasförmige Verbindungen das System verlassen
- Anreicherung von NH_4^+ , da weiterhin Mineralisation (NH_4^+ - Freisetzung aus abgebautem organischem Material) stattfindet, die Nitrifikation (Oxidation von NH_4^+ zu NO_3^-) jedoch bei Sauerstoffmangel unterbleibt. Die Zunahme des Anteils von NH_4^+ am Gesamt- N_{min} (NH_4^+ und NO_3^-) ist in Abb. 53 gut zu erkennen.

NH_4^+ kann als Ammoniak (NH_3) gasförmig entweichen oder an Tonmineralen reversibel fixiert werden. Aufgrund seiner trotz Anreicherung geringen Bedeutung ist jedoch der NH_4^+ -Anteil eher ein Indikator für die anaeroben Bodenverhältnisse im Herbst 2004, aber keine Hauptsenke.

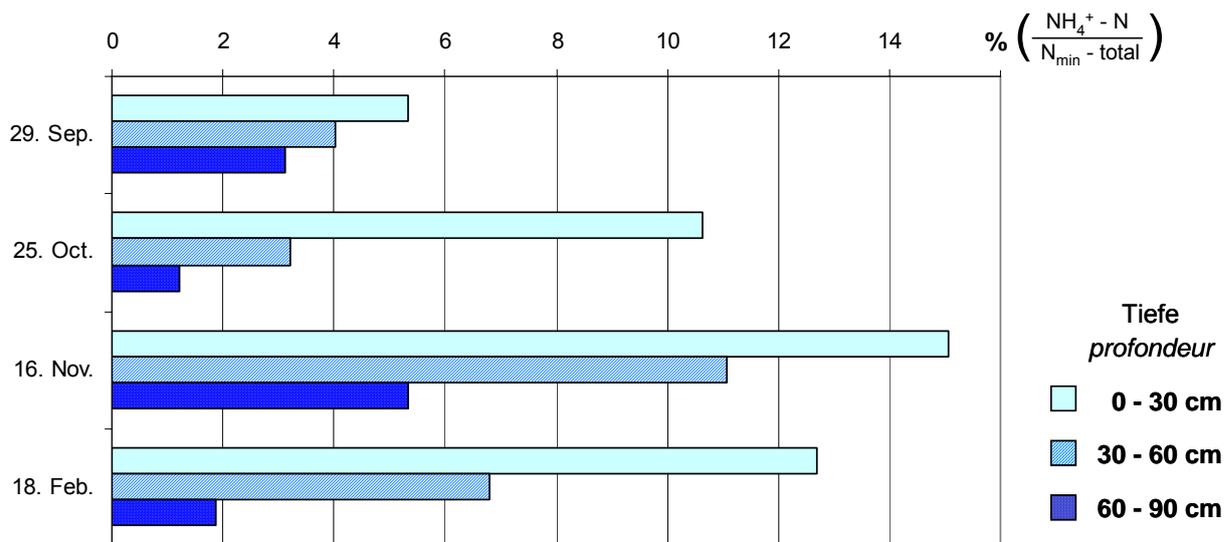


Abb. 53: Entwicklung des prozentualen Anteils von Ammonium-Stickstoff am mineralischen Gesamt-Stickstoff, D-Heitersheim 2004/2005

Als wichtige Nitrat-Senken sind zu nennen:

- Denitrifikation (s.o.)
- Aufnahme durch die Zwischenfrucht
 - ⇒ Da auf dem Versuchsfeld 2004 eine gut etablierte Zwischenfrucht stand, wird der N-Entzug eine gewisse Rolle gespielt haben.
- mikrobielle Immobilisierung
 - ⇒ Da das Stroh je nach Art ein C:N-Verhältnis von 42 oder mehr aufwies, bereits eingearbeitet war und die warm-feuchten Bedingungen eine hohe Bodenaktivität begünstigten, ist dieser Prozess wahrscheinlich.

Schätzung möglicher Auswaschungsverluste

Es war unter den gegebenen messtechnischen Bedingungen nicht möglich, die Anteile der verschiedenen N-Senken zu quantifizieren. Zudem bestehen Unsicherheiten, da die Tagesmitteltemperaturen auch im Winter häufig über 0°C lagen und somit ein Andauern der bodenbiologischen Prozesse anzunehmen ist.

Für die schluffreichen, tiefgründigen Böden im deutschen Projektgebiet werden unter der Annahme eines Gesamtporenvolumens von 50%, eines Wasserporenvolumens von 40% und einer Mächtigkeit von 90 cm folgende Schätzungen zur Auswaschung vorgenommen:

2003

- gemessener Bodenwassergehalt am 14.10.2003: 23%
 - verbleibende Speicherkapazität: (40-23)% x 90 cm = 153 l/m²
- Niederschlag 14.10.2003 - 30.04.2004: 319 l/m²
 - max. Auswaschung: (319-153) mm x 2 = 33,2 cm

2004

- geschätzte Auswaschung 29.09. - 25.10. (s.o.): 10 cm
- Niederschlag 25.10.2004 - 18.02.2005: 183 l/m²
→ max. Auswaschung (Feldkapazität): 183 mm x 2 = 36,6 cm
- Niederschlag 16.11.2004 - 18.02.2005: 43 l/m²
→ max. Auswaschung (Feldkapazität): 43 mm x 2 = 8,6 cm
- Differenz Bodenwassergehalt 18.02.2005 gegenüber 25.10.2004: 91 l/m²
Niederschlag 18.02.2005 - 30.04.2005: 178 l/m²
→ max. Auswaschung: (178-91)mm x 2 = 17,4 cm

2005

- gemessene Bodenwassergehalte
09.09.2005 (Heitersheim): 31% und 11.10.2005 (Buggingen):43%

Unter Verwendung der Schätzwerte für die Auswaschung, der gemessenen N_{min}-Gehalte sowie der Annahme einer Gleichverteilung über die 30 cm-Schichten errechnen sich folgende Werte für die N-Auswaschung bis jeweils Ende April des Folgejahres:

- Soja (2003): 20 kg N/ha
- Soja (2004): 15 kg N/ha
- Weiße Lupine (2004): 38 kg N/ha
- Wintererbse (2004): 52 kg N/ha
- Sommerackerbohne (2004): 58 kg N/ha
- Winterackerbohne (2004): 54 kg N/ha

Aufgrund von Evapotranspiration auch im Winter und unvollständiger N-Verlagerung bei Sickerungsprozessen (Durchmischung von Regen- und Bodenwasser, Rückdiffusion) können diese Werte als Obergrenzen angesehen werden. Eine N-Auswaschung bereits vor Probenahme erscheint mit Hinblick auf die Bodenfeuchten unwahrscheinlich. Der Einfluss anhaltender N-freisetzender und -festlegender Prozesse im Winter kann nicht quantifiziert werden.

4.7.2.2 Vergleich zwischen Kulturen sowie Winter- und Sommerformen (F-Sausheim und F-Elsenheim, 2004)

Bodennitratgehalte nach der Ernte und deren Bestimmungsfaktoren

Bedeutung des Standorts

Wie der nachstehenden Abb. 54 zu entnehmen, sind die größten Unterschiede bei den Bodennitratgehalten durch den Standort, also die Bodeneigenschaften bedingt. Die Werte in Sausheim sind deutlich niedriger als in Eisenheim, wo der Boden sehr humos ist (4-12% OS).

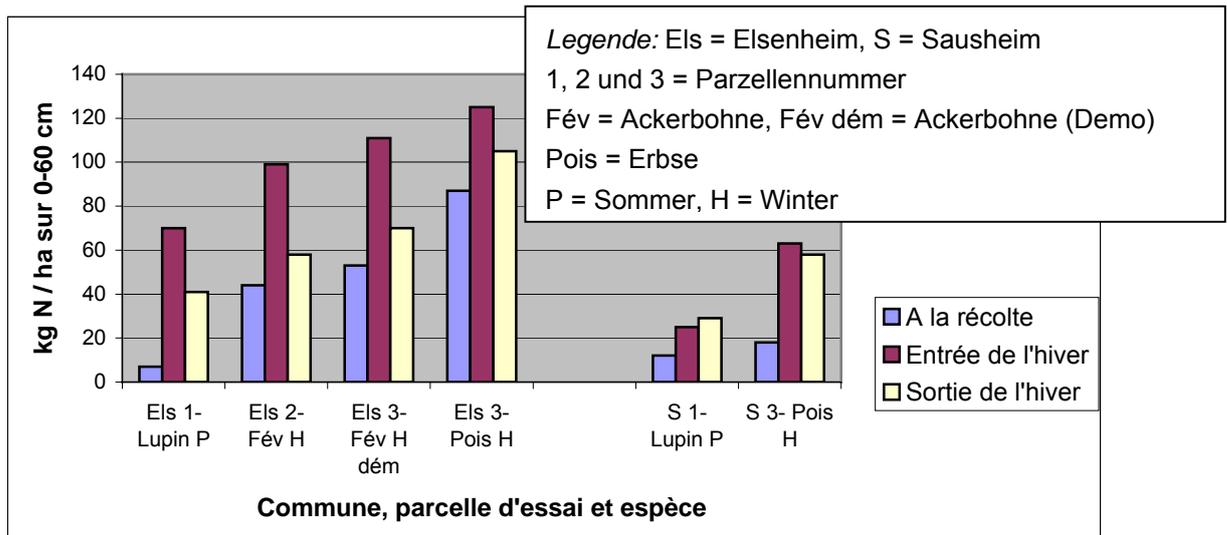
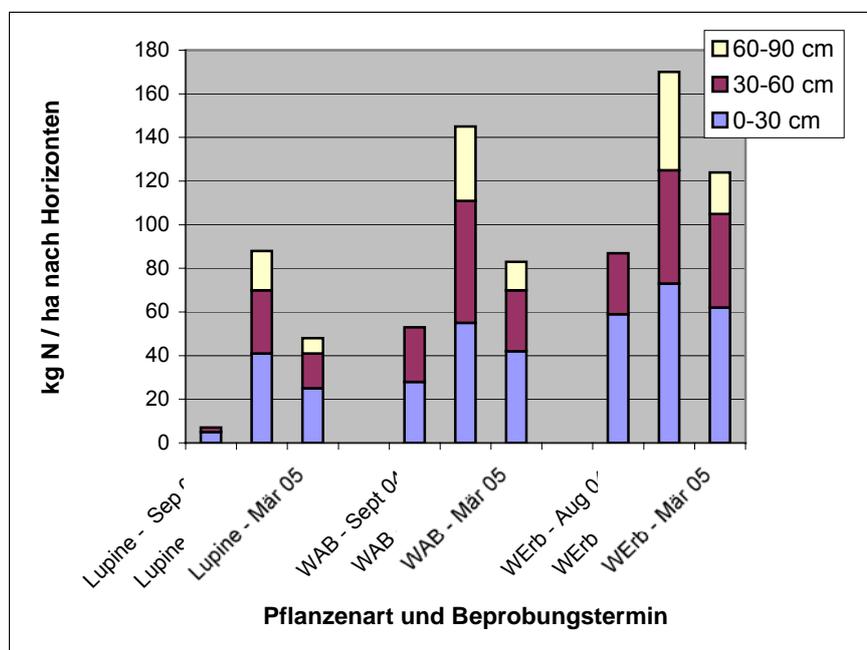


Abb. 54: Bodennitratgehalte bei der Ernte, vor und nach dem Winter in Abhängigkeit von Pflanzenart und Standort (F-Elsenheim und F-Sausheim 2004)

Einfluss der Pflanzenart

In Elsenheim, wo der Boden der verschiedenen Versuche sowie die Behandlungen einheitlich sind, scheinen die Unterschiede auf die unterschiedlichen Pflanzenarten zurückzuführen zu sein. Die Rangfolge der verschiedenen Leguminosen ist zu allen drei Beprobungsterminen gleich, auch nach Ende der winterlichen Dränperiode (s. Abb. 51): Die Bodennitratgehalte sind am höchsten nach Erbsen und am geringsten nach Lupinen. Nach Ackerbohnen liegen sie dazwischen.



zur Beachtung: Beim Erntetermin fehlt der Wert für den Horizont 60-90 cm, da eine Beprobung dieses Horizonts zu diesem Termin nicht möglich war.

Abb. 55: Bodennitratgehalte am Standort Elsenheim in Abhängigkeit von Pflanzenart, Bodenhorizont und Beprobungstermin

Eine genauere Betrachtung zeigt, dass die Erbse in den Horizonten 0-30 cm und 60-90 cm immer höhere Nitratwerte aufwies als die Lupinen oder Ackerbohnen während im Horizont 30-60 cm die Nitratgehalte von Erbsen und Ackerbohnen ähnlich und über denen der Lupinen lagen.

In Sausheim ist ein Vergleich der Bodengehalte zwischen Erbsen und Lupinen schwierig, da sich die Nacherntebehandlung der beiden Versuche stark unterschied:

- nach Lupinen: nur schwache Bodenbearbeitung und Aussaat einer Gründüngung zwei Wochen nach der Ernte des Versuchs
- nach Erbsen: mehrere Arbeitsgänge zur Stoppelbearbeitung und Saatbettbereitung für die Aussaat von Wintergetreide im November, d.h. mehrere Monate ohne Bodenbedeckung.

Einfluss der Form (Winter- bzw. Sommerform)?

Dieser Einfluss ist schwierig zu bewerten, da nur wenige Daten brauchbar sind.

Bei den Lupinen waren die Entwicklung der Wintersorten und deren Ertrag zu gering, als dass Vergleich mit den Sommersorten möglich wäre.

Bei den Ackerbohnen wurden die Sommersorten in Sausheim durch Läuse vernichtet und in Elsenheim war bei diesen Sorten eine Bodenbeprobung unterhalb von 30 cm Tiefe wegen des Kies und Steingehalts nicht möglich.

Bei den Erbsen waren die Sommersorten in Sausheim wesentlich stärker von Läusen beeinträchtigt als die Wintersorten. In Elsenheim war der Schaden durch Läuse deutlich geringer, aber wegen der ungünstigen Witterungsbedingungen im Juli konnten sowohl die Winter- als auch die Sommererbsen erst Ende Juli gedroschen werden, fast einen Monat nach der Reife der Wintererbsen.

Man kann lediglich feststellen, dass zum Zeitpunkt der Ernte in Elsenheim die Bodennitratgehalte der Sommererbsen etwas niedriger zu sein scheinen als die der Wintererbsen. Zu Winterbeginn dreht sich die Rangfolge jedoch um, wegen der höheren Nitratwerte nach Sommererbsen im Horizont 30-60 cm als nach Wintererbsen (Abb. 56). Diese Beobachtung bedarf jedoch einer Bestätigung durch andere Messungen.

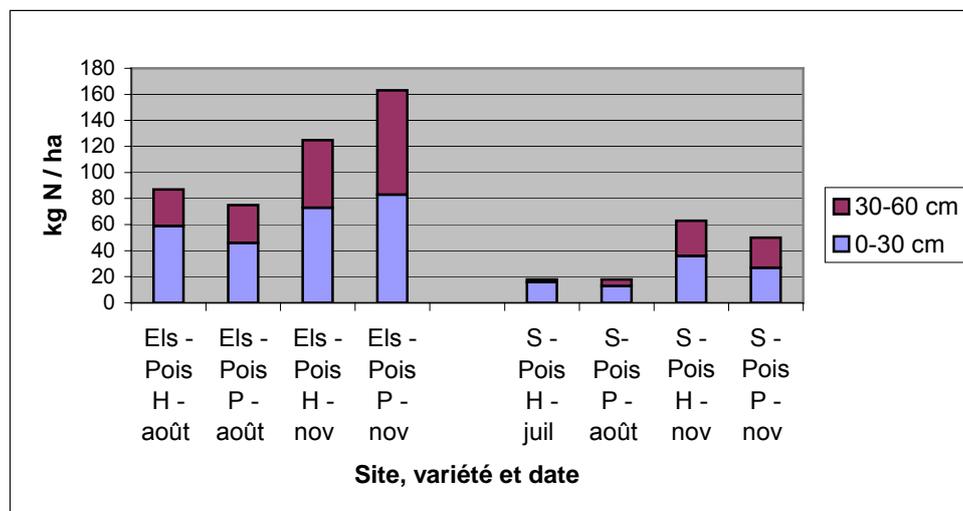


Abb. 56: Bodennitratgehalte nach Erbsen in Abhängigkeit von Sorte, Standort und Beprobungstermin

Stickstoffverluste über Winter

Der Standort (d.h. größtenteils der Bodentyp) scheint auch der wichtigste Einflussfaktor für die Höhe der Stickstoffverluste über Winter zu sein. Diese sind auf den Versuchspartzellen von Sausheim niedriger als auf denen von Eisenheim (s. Abb. 57).

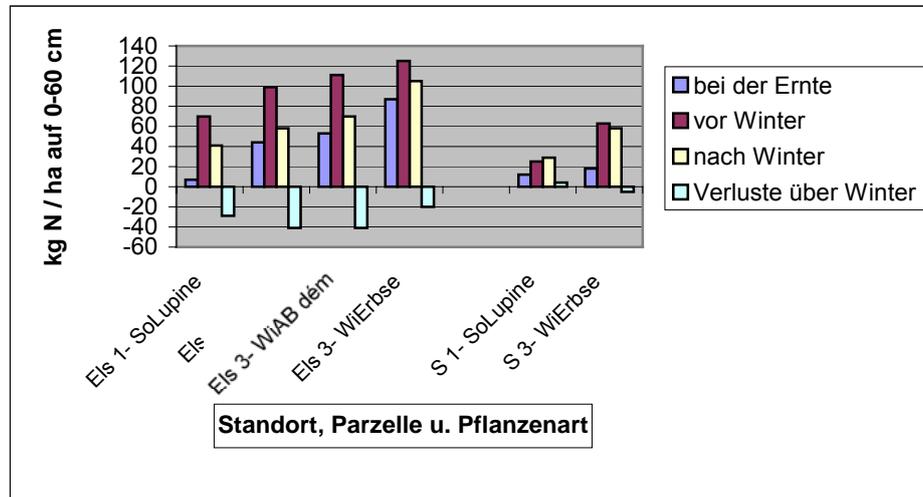


Abb. 57: Bodennitratgehalte nach der Ernte, zu Beginn und Ende des Winters sowie Stickstoffverluste über Winter in Abhängigkeit von Standort und Pflanzenart.

In Eisenheim entspricht der Anteil des über Winter vermutlich ausgewaschenen Bodennitrats (ca. 40%) bei Lupinen und Ackerbohnen in etwa demjenigen, wie ihn das Burns-Modell (Kap. 7.7.2.2) für diese Standortverhältnisse (s. Tab. 48) ohne Zwischenfrucht angibt

Bei Erbsen sind die offensichtlichen Verluste über Winter (von Ende November bis Ende März) geringer als die nach diesem Modell ermittelten. Sie scheinen niedriger zu sein als bei Lupinen und Ackerbohnen, obwohl die Bodennitratgehalte bei Winterbeginn nach Erbsen am höchsten waren. Im Oktober regnete es jedoch viel: mit 171 mm fielen 63% der Niederschläge des Winters 2004/2005 (s. Abb. 58).

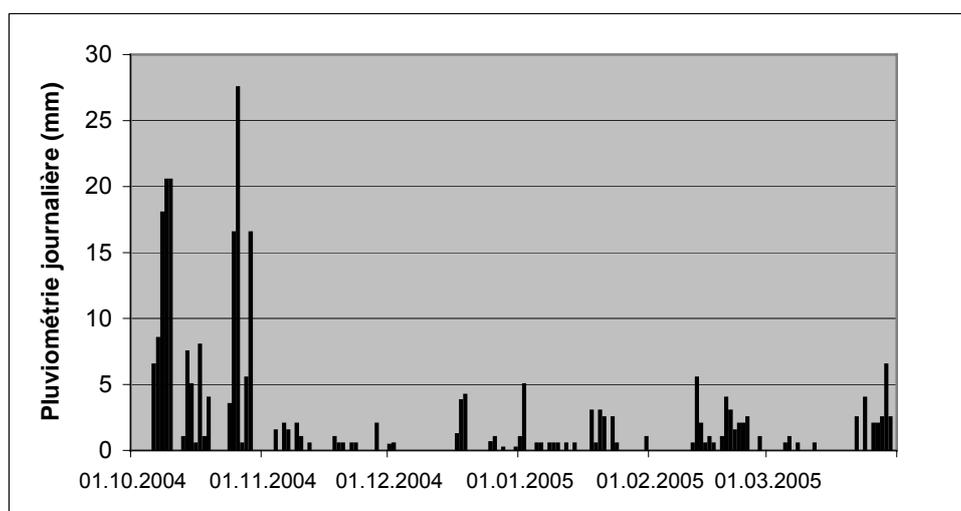


Abb. 58: Verteilung der Winterniederschläge (vom 01.10.04 bis 31.03.05) in Marckolsheim

Da die Erbsenernte früh (Ende Juli) erfolgt, ist bis Oktober wohl schon ein großer Teil der Ernterückstände von Erbsen mineralisiert. Infolge der Wassersättigung des Bodenprofils sind

diese Nitratrückstände in die Tiefe verlagert worden und bereits im Herbst, vor der Beprobung zu Winterbeginn Ende November teilweise ausgewaschen worden. Die durch Bildung der Differenz zwischen zu Ende und zu Anfang gemessenem Nitratgehalt des Bodens geschätzte Auswaschungsmenge unterschätzt deshalb wahrscheinlich die tatsächliche Auswaschung über Winter nach Erbsen.

Auch in Sausheim dürfte die Auswaschung wegen der hohen Oktoberniederschläge von 231 mm unterschätzt werden, nachdem die Beprobung zu Winterbeginn im November erfolgte.

Die nachstehende Abbildung zeigt im Übrigen, dass die Nitratverluste nach Erbsen zwischen Dezember und März in erster Linie den Horizont 60-90 cm betreffen, während sie bei Lupinen und Ackerbohnen alle Horizonte betreffen.

Nach den Lupinen von Sausheim, wo im September eine Gründung eingesät wurde, welche vor dem Winterende wieder umgebrochen wurde, scheint es keine Nitratverluste gegeben zu haben, sondern eher einen leichten Gewinn (s. Abb. 57).

Stickstoffverfügbarkeit für die Folgefrucht

Der Bodennitratgehalt, der zu Ende des Winters der Folgefrucht zur Verfügung steht, ist sehr unterschiedlich und scheint nicht überwiegend vom Standort oder der Vorfrucht beeinflusst zu werden. Er ist das Ergebnis vieler Einflüsse, insbesondere des Bodennitratgehalts zu Beginn des Winters sowie der Verluste während des Winters.

Infolgedessen findet man zu Winterende zwischen 29 und 105 kg N/ha, das sind 14 bis 40 kg N/ha mehr wie bei der Ernte, je nach Standort und Vorfrucht (s. Abb. 59). An beiden Standorten ist der Nitratgehalt zum Winterende nach Erbsen am höchsten. Die Zunahme im Vergleich zum Gehalt bei der Ernte ist jedoch am höchsten nach Erbsen in Sausheim und nach Lupinen in Eisenheim.

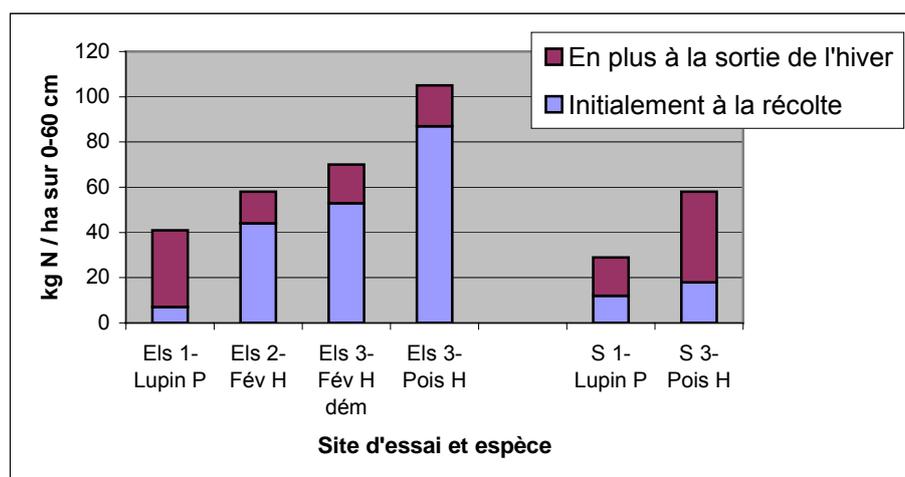


Abb. 59: Zunahme des Bodennitratgehalts zwischen Ernte und Ende des Winters in Abhängigkeit von Standort und Pflanzenart

4.7.3 Diskussion der N-Dynamik nach Körnerleguminosen

Es zeigte sich, dass viele im Boden stattfindende Prozesse großen Einfluss auf die Boden-gehalte an mineralischem Stickstoff haben. Als wichtigste Prozesse während Herbst und Winter erscheinen hierbei neben der Auswaschung:

- gasförmige Verluste durch Denitrifikation (N_2 , N_2O) unter anaeroben Bedingungen
- vorübergehende N-Festlegung (Zwischenfrucht, Mikroorganismen)
- anhaltende N-Mineralisation durch Abbau von Pflanzenrückständen (sowohl Hauptfrucht als auch Zwischenfrucht) oder Mikroorganismen

Diese Prozesse sind stark von Boden und Klima abhängig und aufgrund ihrer unterschiedlichen Wirkungsrichtungen anhand einer N_{\min} -Bilanz nicht quantifizierbar. Die am Oberrhein häufig vorliegenden pH-Werte zwischen 6 und 8 fördern die Denitrifikation. Hohe pH-Werte und Temperaturen verringern den Anteil des Treibhausgases N_2O an den gasförmigen Denitrifikationsverlusten zugunsten von N_2 (Scheffer, 1998).

Gefördert wird durch hohe pH-Werte auch die Entgasung von Ammoniak (NH_3) aus dem Boden, wobei Ammonium (NH_4^+) nur einen geringen Anteil am Gesamt- N_{\min} hat. Der Nitrattammonifikation (Umwandlung von NO_3^- zu NH_4^+) wird in der Literatur keine besondere Bedeutung beigemessen.

Beim Abbau von 30 dt/ha Getreidestroh können ca. 20 kg N_{\min} /ha durch Mikroorganismen immobilisiert werden (Baeumer, 1992). Hinsichtlich der gemessenen C:N-Verhältnisse von 42 und mehr im Leguminosenstroh ist hier eine ähnliche Größenordnung denkbar.

Eine sichere Abschätzung der N-Verluste durch Nitratauswaschung erscheint nur mittels direkter Analyse von Sickerwasser möglich, was jedoch einen erhöhten technischen Aufwand bedeutet. Nichtsdestotrotz können die vorgenommenen Kalkulationen einen Anhaltspunkt für die Größenordnung und eventuelle Kulturunterschiede liefern.

Gefährdungspotenzial

Eine N-Auswaschung von 20 kg N/ha bei einer Sickerwassermenge von 300 mm entspricht einer Nitrat-Konzentration im Sickerwasser von ca. 30 mg/l. Nach den vorliegenden Untersuchungen führt die Sojabohne somit nicht zu kritischen Werten. Höhere Werte wurden nach Weißer Lupine und nochmals höhere nach Erbse und Ackerbohne errechnet, wobei die absoluten Zahlen mit Vorsicht zu genießen sind. Ein Unterschied in der Gefährdung durch Sommer- oder Winterformen von Körnerleguminosen konnte nicht festgestellt werden.

Da in Böden auch unabhängig von der Bebauung eine starke N-Dynamik vorliegt (besonders bei hohen Humusgehalten), muss den Bodeneigenschaften hinsichtlich des Grundwasserschutzes mindestens soviel Bedeutung beigemessen werden, wie der angebauten Kultur. Auf flachgründigen Kiesböden können höhere Sickerwassermengen auftreten und vor allem auch den N-reichen Oberboden mit auswaschen, was auf den in Deutschland untersuchten tiefgründigen und schluffreichen Böden nicht vorkam.

Somit erscheint eine Zwischenbegrünung auf flachgründigen Böden angebracht. Von einer im Vergleich zu Nicht-Leguminosen erhöhten Gefährdung durch Nitrat-Auswaschung kann nach dem Anbau von Sojabohnen nicht ausgegangen werden. Nach anderen Körnerleguminosen (besonders Erbsen und Ackerbohnen) kann eine mäßig erhöhte Gefährdung vorliegen, sollte jedoch durch möglichst baldigen Zwischenfruchtanbau zu bewältigen sein.

4.8 Gesamtdiskussion

gegenwärtige Situation und künftige Entwicklung

Auf für den Sojaanbau geeigneten Bio-Standorten ist aufgrund der wirtschaftlichen Vorzüglichkeit (Tofu) kaum mit einer Ausdehnung des Anbaus anderer Körnerleguminosen zu rechnen. Mögliche Gründe können dennoch sein, dass man aus Fruchtfolgegründen nicht mehr als 25% Soja anbauen, für die Summe von Körnerleguminosen jedoch höhere Anteile riskieren möchte. Dies ist auch interessant vor dem Hintergrund, dass mit der Sojabohne ein großer Teil des fixierten Stickstoffs abgefahren und für die Tofuproduktion exportiert wird. Andere Körnerleguminosen hinterlassen bereits mehr Stickstoff auf der Fläche und ermöglichen zudem über Futternutzung und Wirtschaftsdünger (eigene oder Betriebskooperation) eine höhere Netto-N-Zufuhr zum Betriebskreislauf.

Auf für den Sojaanbau nicht geeigneten Standorten erscheint für viehlos wirtschaftende Betriebe vor allem eine gute Entwicklung des Biofuttermarktes (oder des Marktes für Lupinen in der Humanernährung) erforderlich, um den Anbau von Körnerleguminosen auszudehnen.

Kulturen

- Die Standorteignung der Sojabohne für die warmen Lagen am Oberrhein ist sehr gut. Bei ausreichender Anbauwürdigkeit wird diese Kultur daher meist die erste Wahl unter den Körnerleguminosen sein, da eben auch der Absatz sehr gut ist.
- Auf Wassermangelstandorten (flachgründig, unberegnert) scheint die Wintererbse am besten angepasst, sofern die übrigen Bodeneigenschaften günstig für Erbsen sind.
- Auch die Winterackerbohne hat sich als geeignet für den Oberrhein erwiesen. Allerdings hat sie aufgrund des höheren Wasserbedarfs weniger Vorteile gegenüber der Sojabohne (vor allem hohe Unkrautkonkurrenzkraft und Anbau in kühleren Lagen).
- Sommerformen von Erbse und Ackerbohne können bei ausreichender Beregnung ebenfalls hohe Erträge erzielen, sind jedoch unter den Bedingungen des Oberrheins stärker durch Blattläuse und Unkraut gefährdet als Winterformen.
- Vergleichsweise stabile Erträge mit Lupinen konnten in der Schweiz erzielt werden. Hinsichtlich des Eiweißertrags sind diese Kulturen dort sehr interessant.
- Die schmalblättrige Lupine ist ähnlich früh reif wie Sommererbsen, weist jedoch einen viel höheren Proteingehalt auf. Vor diesem Hintergrund sollte ihre Anbaueignung auch für deutsche und französische Standorte weiter untersucht werden.
- Die Weiße Lupine hat ein hohes Rohproteinertragspotenzial und hohe Futterwertigkeit. Sofern der Qualität angemessene Preise auf dem Biofuttermarkt erzielt werden können, erscheint ihr Anbau als interessant. Dies setzt Fortschritte bei der Anthraknosevorbeugung und günstige Standorte voraus.
- Die Gelbe Lupine hat unter den heimischen Körnerleguminosen die höchste Futterqualität, aber ein geringes Ertragspotenzial. Anthraknoseresistente und ertragsstarke Sorten könnten zukünftig einen hohen Beitrag zum Ersatz von Import-Soja leisten.
- Kichererbsen scheinen an Wassermangelstandorten am Oberrhein anbauwürdig und wegen der möglichen Vermarktung als Biospeiseware auch ökonomisch interessant. Weitere Versuche werden hierfür empfohlen.
- Der Gemengeanbau, beispielsweise von Winterfuttererbsen und Wintertriticale im Elsass, ist aus anbautechnischer Sicht interessant (Pflanzenschutz, Ressourcennutzung),

aus Sicht der Fruchtfolge hingegen kritisch zu betrachten (zusätzliches Leguminosen-glied bei suboptimaler N-Zufuhr). Zudem ist eine Vermarktung aufgrund wechselnder Anteile im Erntegut schwierig. Gemenge scheinen daher vor allem auf Standorten, die nicht schon 25% oder mehr Soja in der Fruchtfolge haben, sowie bei eigener Verfütterung empfehlenswert.

Anbautechnik

Es zeigte sich in einer Vielzahl der Versuche, dass Erträge und vegetative Entwicklung oder Bestandesdichte korrelierten. Das bedeutet, dass Körnerleguminosen einen gewissen Massenwuchs benötigen, um auch für das Korn genug assimilieren zu können. Dieses Ziel ver-trägt sich auch mit der im Ökolandbau wichtigen Konkurrenzskraft. Es kann daher nur immer wieder betont werden, dass möglichst gute Aussaat- und Wachstumsbedingungen bereits wesentlich zu einem hohen und sicheren Ertrag beitragen. Dies kann vor allem durch Wahl von Standort und Saatzeit sowie durch fachgerechte Bodenbearbeitung und rechtzeitige Be-regnung begünstigt werden.

Bei der Unkrautregulierung muss im Wesentlichen zwischen zwei Strategien unterschieden werden:

- direkt: Reihen so weit wie möglich, später Bestandesschluss → intensiv Bearbeiten, wenig der Kultur überlassen
- vorbeugend: enge Reihe (gerade noch hackbar oder Getreideabstand und nur striegeln) → nur kurze Zeit bearbeiten und dann auf die Konkurrenzkraft der Kultur hoffen

Die Strategie der Wahl hängt zum einen von der potenziellen Konkurrenzkraft der Kultur ab (z.B. Ackerbohne > Sojabohne > Lupine), zum anderen vom Produktionsziel (Auf-wand/Nutzen-Optimierung, möglichst hohe Qualität, etc.) Grundsätzlich hat sich der Hack-striegel für den frühen Einsatz zur reihenunabhängigen Bekämpfung kleinsamiger wärmelie-bender Unkräuter als sehr günstig erwiesen. Die Hacke sollte bei weiten Reihen nicht fehlen. Andere Geräte können eher optional/ergänzend eingesetzt werden, um die Unkrautbekämp-fung in der Reihe zu optimieren (Kress Fingerhacke) oder eine zusätzliche Bearbeitung zwi-schen Blindstriegeln und Bestandesstriegeln zu ermöglichen (thermische Bekämpfung).

Eiweißversorgung in der ökologischen Tierernährung

Die Eiweißversorgung ist nicht nur ein quantitatives, sondern vor allem auch qualitatives Problem.

- Alle Körnerleguminosen weisen Einschränkungen bei der Futterqualität auf (v.a. geringe Methioningehalte, antinutritive Inhaltsstoffe).
- Die Sojabohne hat eine vergleichsweise hohe Futterqualität (nach Toasten), wird jedoch am Oberrhein praktisch nur für die Tofuproduktion angebaut. Dies wird auch bei einer Ausweitung der Fall sein, da große Nachfrage besteht.
- Unter den übrigen Körnerleguminosen weisen Lupinen noch die beste Futterqualität auf, aber eine geringe Ertragssicherheit, während andererseits keine höheren Preise gezahlt werden.
- Der Futterwert von Körnerleguminosen kann durch Sortenwahl und Nacherntebehand-lung verbessert werden. Kombination mit anderen Futtermitteln erhöht die Proteinwer-tigkeit. Eine ausreichende Eiweißernährung im Hochleistungsbereich erscheint jedoch

ohne hocheiweißkonzentrierte Futtermittel wie Sojaextraktionsschrot derzeit kaum möglich.

Als mögliche und kombinierbare Strategien zur Sicherung der Eiweißversorgung in der ökologischen Tierernährung sind zu nennen:

- ⇒ große züchterische Fortschritte bei der Futterqualität heimischer Körnerleguminosen
- ⇒ Fortschritte bei Ertragssicherheit und -niveau von Lupinenarten
- ⇒ qualitätsbezogene Preise auf dem Biofuttermittelmarkt
- ⇒ langfristige Akzeptanz von Bio-Importsoja bei Sicherung der GVO-Freiheit
- ⇒ Ausstieg aus dem Hochleistungsbereich, da mittlere Leistungen mit heute verfügbaren Biofuttermitteln bedient werden können

Fruchtfolge und Umweltschutz

Bei der Problematik der N-Rückstände nach Anbau von Körnerleguminosen muss ein Kompromiss gefunden werden. Einerseits ist die N-Zufuhr zum Betriebskreislauf erwünscht und notwendig, und der Stickstoff soll auch der Folgefrucht rechtzeitig zur Verfügung stehen, andererseits soll möglichst wenig Nitrat ausgewaschen werden, wobei jedoch die Versickerung zur Grundwasserneubildung durchaus erwünscht sein kann.

Grundsätzlich hängt die Lage des Kompromisses vor allem vom Boden und dem Auswaschungsrisiko ab. Zudem spielt die Fruchtfolge (Art der Körnerleguminose, N-Rückstände, Erntezeitpunkt, Folgefrucht) eine wesentliche Rolle. Ein Zwischenfruchtanbau ist in den meisten Fällen sinnvoll, auch aus Sicht der Bodenstruktur. Zur Wahl des optimalen Bearbeitungszeitpunktes und der passenden Zwischenfrucht gibt es zahlreiche Arbeiten.

Ein verstärkter Anbau von Winterungen hätte am Oberrhein mehrere Vorteile. Zum einen kann eine im Herbst gesäte Nachfrucht direkt zum Grundwasserschutz beitragen. Zum anderen wird die einseitige Förderung von Sommerunkräutern reduziert und die Wassernutzungseffizienz verbessert.

Ausblick

Es besteht weiterhin großes züchterisches Potenzial, insbesondere:

- Weiße Lupine: Anthraknoseresistenz, Wintersorten mit höherer Frosttoleranz und zügigerem Wachstum
- Schmalblättrige Lupine: höhere Eiweißgehalte
- Gelbe Lupine: höheres Ertragspotenzial
- Erbse und Ackerbohne: Verbesserungen im Futterwert.

Weitere Strategien zum verbesserten Unkrautmanagement sind denkbar:

- Lupine: früh hacken+striegeln, spät hacken+häufeln
- Sojabohne: Mulchsaat (Eigeninitiative in der Praxis vorhanden), mögliche Optimierung durch angepasste Säverfahren
- allgemein: Kombination aus Reihenfrässaat in Bodendecker und Bearbeitung mit Reihenmulchgerät für Körnerleguminosen.

5 Schlussfolgerungen

Empfehlungen für den ökologischen Anbau von Körnerleguminosen am Oberrhein

- Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist der Anbau von Sojabohnen für die Tofuproduktion im Rahmen von Standort- und Fruchtfolgeeinschränkungen zu empfehlen. Einschränkungen für den Sojaanbau bestehen in kühleren Lagen, an trockenen Standorten ohne Beregnungsmöglichkeit sowie durch einen begrenzten Anteil in der Fruchtfolge.
 - Die praxisübliche Unkrautbekämpfung in Soja mit Hacke und Striegel ist effektiv, wird jedoch oft mit erheblichem Aufwand durchgeführt. Eine verzögerte Aussaat ermöglicht intensivere Unkrautbekämpfung vor der Saat sowie schnellere Jugendentwicklung der Sojabohnen. Je nach Standort kann die Aussaat ohne Ertragsminderungen oder Reifeverzögerungen etwa bis Mitte Mai verzögert werden.
 - Reduzierte Reihenweiten können durch schnelleren Bestandesschluss die erforderliche Anzahl von Arbeitsgängen vermindern. Da hierbei dem rechtzeitigen und erfolgreichen Striegeleinsatz zunehmende Bedeutung zukommt, ist diese Strategie vor allem für leichtere Böden geeignet.
 - Eine optimierte Unkrautbekämpfung in Soja bei weiter Reihe ist durch die Kombination von Gänsefußhacke und Kress Fingerhacke möglich. Eine thermische Unkrautbekämpfung kann als ergänzende Maßnahme zwischen Blindstriegeln und Bestandesstriegeln dienen.
- Wenn Standortbedingungen oder Fruchtfolge den Sojaanbau einschränken, bieten sich als Körnerleguminosen in den tieferen Lagen des Oberrheingebietes Wintersorten von Erbse und Ackerbohne an, da die Kulturen ausreichend winterhart sind, und bessere und vor allem sicherere Erträge liefern als Sommerformen.
 - Vorteile: Entwicklungsvorsprung vor Sommerunkräutern, bessere Ausnutzung der Winterfeuchtigkeit im Boden, frühere Blüte, geringere Anfälligkeit gegen Blattläuse
 - für den Oberrhein zu empfehlende Sorten:
Wintererbsen CHEYENNE und LUCY, Winterackerbohnen DIVA
 - günstiger Saattermin: Mitte bis Ende Oktober
 - Unkrautbekämpfung mit dem Striegel bei Getreidereihenabstand
 - Saattiefe: kann bei Winterackerbohnen wegen basaler Verzweigung auf ca. 40 cm reduziert werden. Wintererbsen benötigen die gleiche Saattiefe wie Sommererbsen, haben aber eine kleinere TKM, weshalb auch sie Saatgutkosten sparen.
 - Beregnung ist auch bei Wintersorten, vor allem Winterackerbohnen ertragswirksam.
 - ⇒ Wintererbsen erreichen durch sehr frühe Blühphase und Abreife eine optimale Ausnutzung der Frühjahrsniederschläge.
 - ⇒ Winterackerbohnen zeichnen sich durch hohe Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern aus.
- In Sortenversuchen mit Sommererbsen im Elsass zeigten sich die Sorten NITOCHE und HARDY als geeignet für den Ökolandbau. Bei ausreichender Wasserversorgung bzw. Beregnung konnten sie Erträge deutlich über 40 dt/ha erzielen. Aufgrund der höheren Risiken durch Blattläuse und Sommerunkräuter ist jedoch von einer geringeren Ertragsicherheit als bei Wintererbsen auszugehen.

-
- Lupinenarten besitzen ein hohes Potenzial hinsichtlich Eiweißertrag und -qualität. Konkurrenzfähige und stabile Erträge konnten im Projekt an Schweizer Standorten erzielt werden. Die Kulturen unterliegen jedoch verschiedenen Einschränkungen, die bei der Anbauentscheidung berücksichtigt werden müssen.
 - Bodeneigenschaften: Lupinen zeigen eine hohe Standortvariabilität bei der Entwicklung. Wuchsstörungen und Chlorosen werden nach derzeitigem Kenntnisstand vor allem durch hohe Kalkgehalte im Boden sowie mangelnde Bodendurchlüftung verursacht. Besonders die Schmalblättrige Lupine reagiert hierauf empfindlich.
 - Anthraknose: Weiße und Gelbe Lupine sind anfällig gegen die samenbürtige Krankheit, die auch bei sehr geringem Ausgangsbefall große Schäden verursachen kann. Absolut zuverlässige Bekämpfungsmöglichkeiten sind bisher nicht bekannt. Bei der toleranteren Schmalblättrigen Lupine wurden keine größeren Ausfälle beobachtet.
 - Unkraut: Lupinen weisen eine langsame Jugendentwicklung und geringe Konkurrenzskraft auf, was im Ökolandbau häufig zu Problemen mit starker Verunkrautung führt.
 - Wildfraß: an Standorten mit wenig Alternativnahrung können Hasen und Rehe über die gesamte Vegetationsdauer große Schäden an den Beständen anrichten.
 - ⇒ Die Schmalblättrige Lupine wird aus Sicht von Ertragsniveau und -sicherheit für den ökologischen Anbau empfohlen, bietet allerdings bei der Futterqualität unter den Lupinenarten die geringsten Vorteile. Die Sorten BORLU und BOLIVIO haben sich als ertragsstark und -sicher mit Eiweißerträgen um 8 dt/ha gezeigt. Die unverzweigte Sorte SONET reift noch früher ab und war ebenfalls recht erfolgreich.
 - ⇒ Die Weiße Lupine besitzt ein hohes Ertragspotenzial. Die Sorte AMIGA erzielte in der Schweiz mittlere Rohproteinerträge von über 10 dt/ha. Vorbehaltlich der Anthraknose-Problematik ist ihr Anbau interessant. Wintersorten der Weißen Lupine lieferten vereinzelt hohe Erträge, zeigten sich jedoch in den meisten Fällen als unsicher für den Anbau am Oberrhein.
 - ⇒ Die Gelbe Lupine besitzt den höchsten Futterwert und das geringste Ertragspotenzial unter den Lupinenarten. Hier sind weitere Versuche zur Ertragssteigerung und ggf. Anthraknosebekämpfung erforderlich.
 - Um das Grundwasser vor Nitrateinträgen und den Betriebskreislauf vor Stickstoffverlusten zu schützen, müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, wobei dem Zeitpunkt der Bodenbearbeitung sowie der Nachfrucht bzw. Zwischenfrucht besondere Bedeutung zukommt. Das Gefährdungspotenzial wird vor allem durch die Bodeneigenschaften bestimmt. Erhöhte Stickstoffgehalte sind nach dem Anbau von Erbse und Ackerbohne zu erwarten, nicht jedoch nach dem Anbau von Sojabohnen. Lupinen nehmen vermutlich eine Mittelstellung ein.

Empfehlungen für weitere Projekt- und Forschungsarbeit

- Um die Eiweißversorgung in der ökologischen Tierfütterung sicherzustellen und den Anteil heimischer Körnerleguminosen zu erhöhen, sind neben den pflanzenbaulichen Voraussetzungen auch Verbesserungen auf dem Biofuttermittelmarkt anzustreben. Besondere Bedeutung kommt dabei der qualitätsbezogenen Preisgestaltung zu (Proteingehalt und -wertigkeit, Verdaulichkeit), von der vor allem die hochwertigen Lupinen, aber auch verbesserte Züchtungen profitieren könnten.
- Für mittlere Lagen in der Schweiz (zu kühl für den Sojaanbau, aber mild und relativ niederschlagsreich) erscheinen auch Winterackerbohnen interessant. Hier wären Anbauwürdigkeit und Proteinerträge im Vergleich zu Sommerlupinen zu untersuchen.
- Kichererbse und Gelbe Lupine haben sich als für den Oberrhein möglicherweise interessante Kulturen gezeigt. Weitere Versuche wären sinnvoll, um das Ertragspotenzial unter optimalen Bedingungen abzuklären.
- Die Ergebnisse zu den Standortansprüchen der Schmalblättrigen Lupine (kein Kalk, gute Bodendurchlüftung) müssen bestätigt, und das Ertragsniveau unter günstigen Anbaubedingungen in Deutschland und Frankreich überprüft werden.
- Wichtige Aufgaben für die Züchtung von Körnerleguminosen:
 - Erhöhung des Futterwertes (weniger antinutritive Inhaltsstoffe, bessere Aminosäurezusammensetzung)
 - Anthraknoseresistenz von Weißer und Gelber Lupine
 - höhere Frosttoleranz und zügigere Entwicklung von Weißer Winterlupine.

6 Zusammenfassung

Das Projekt wurde von 2002 - 2005 mit Partnern aus Deutschland, Frankreich und der Schweiz durchgeführt. Ziel war eine höhere Ertragssicherheit verschiedener Eiweißpflanzen, um die Versorgung mit Eiweißfuttermitteln und die Artenvielfalt der Fruchtfolgen in der ökologischen Landwirtschaft am Oberrhein zu verbessern.

Optimierung der Unkrautregulierung im ökologischen Anbau von Sojabohnen

- Die Sojabohne ist durch die günstige Vermarktung als Tofu-Rohware, aber auch hinsichtlich Futterqualität, Rohproteinertrag und Standorteignung in der Projektregion sehr attraktiv. Einschränkungen bestehen in kühleren Lagen, an trockenen Standorten ohne Beregnungsmöglichkeit sowie durch einen begrenzten Anteil in der Fruchtfolge.
- Die praxisübliche Unkrautbekämpfung mit Hacke und Striegel ist effektiv, wird jedoch oft mit erheblichem Aufwand durchgeführt. Eine Verzögerung der Aussaat bis Mitte Mai sowie eine Verringerung der Reihenabstände können die Konkurrenzkraft der Sojabohnenbestände gegenüber Unkräutern erhöhen und die Anzahl der erforderlichen Arbeitsgänge reduzieren. Dabei muss gewährleistet sein, dass die Sojabohnen noch reif werden und der Striegel eingesetzt wird, solange die Unkräuter noch klein sind.
- Die beste Reduktion von Unkräutern wurde durch Kombination von Hackscharen zwischen den Reihen mit speziellen Fingerhacksternen zur Unkrautbekämpfung innerhalb der Sojabohnenreihen erzielt.

Alternative: Wintererbse und Winterackerbohne

- Wintersorten von Erbse und Ackerbohne werden am Oberrhein bereits in der zweiten Oktoberhälfte gesät und überwintern. Im ökologischen Anbau sind sie aufgrund ihres Entwicklungsvorsprungs vor den wärmeliebenden Problemunkräutern sowie der geringeren Gefährdung durch Sommertrockenheit und Blattlausbefall sicherer im Ertrag als Sommersorten.
- Wintererbsen erreichen durch sehr frühe Blühphase und Abreife eine optimale Ausnutzung der Frühjahrsniederschläge. Winterackerbohnen zeichnen sich durch hohe Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern aus.

Möglichkeiten und Grenzen des Lupinenanbaus am Oberrhein

- Lupinen können hohe Eiweißerträge erreichen, sollten jedoch nur auf Standorten ohne Wildfraß, mit geringem Unkrautdruck und auf gut durchlüfteten Böden ohne hohe Kalkgehalte angebaut werden.
- Konkurrenzfähige und stabile Erträge wurden an Schweizer Standorten erzielt. Die Weiße Lupine ist anfällig gegen die wichtige Krankheit Anthraknose, die mit nicht-chemischen Mitteln nur unzuverlässig bekämpft werden konnte. Daher wird für den ökologischen Anbau die anthraknosetolerante Schmalblättrige Lupine empfohlen.
- Wintersorten der Weißen Lupine lieferten vereinzelt hohe Erträge, zeigten sich jedoch in den meisten Fällen als unsicher für den Anbau am Oberrhein.

Sonstige Körnerleguminosen

- Erste Anbauversuche zeigten, dass ein Anbau von Kichererbsen an trockenen Standorten im Oberrheintal sowie von Gelben Lupinen in der Nord-West-Schweiz möglich ist, wobei jedoch noch keine befriedigenden Erträge erzielt werden konnten.

Stickstoffrückstände nach dem Anbau von Körnerleguminosen

- Aufgrund der im Vergleich zu Soja und Lupine höheren Stickstoffrückstände ist nach Anbau von Erbse und Ackerbohne an auswaschungsgefährdeten Standorten eine Zwischenbegrünung zu empfehlen.

7 Anhang

7.1 Wetterdaten

7.1.1 Deutschland

Abb. 60 zeigt die an der Wetterstation des IfuL Müllheim gemessenen Wetterdaten über die Gesamtdauer des Projektes. Die Entfernung der Messstation zu den Versuchsfeldern beträgt 5-8 km. Aufgrund der häufig kleinräumigen Unterschiede in der Region können daher Abweichungen aufgetreten sein.

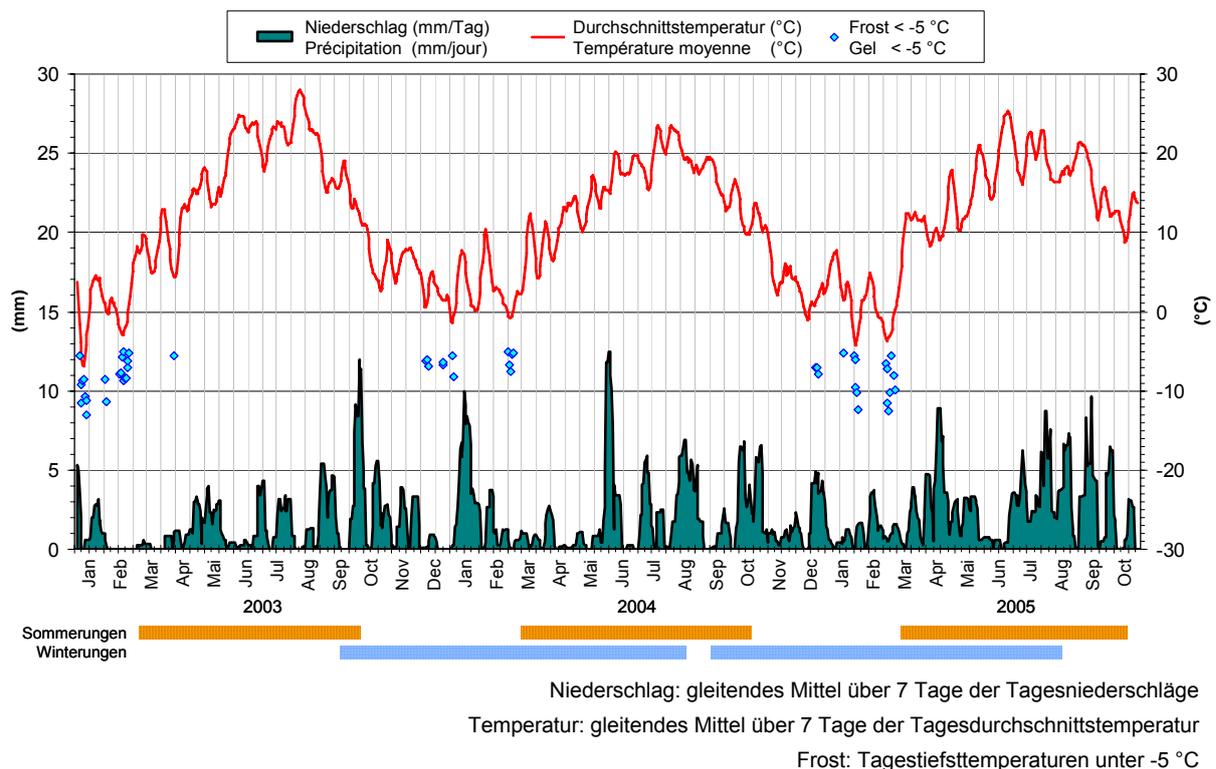


Abb. 60: Allgemeine Wetterdaten 2003-2005 im deutschen Projektgebiet

Dargestellt sind die gleitenden Mittelwerte über 7 Tage von Tagesmitteltemperatur und Niederschlag, d.h. an jedem Tag ist der Mittelwert über 7 Tage (je 3 Tage vor und nach dem Referenzpunkt) eingetragen. Somit ändern sich Temperatursummen und Gesamtniederschläge nicht, die Kurven sind geglättet, und insbesondere erscheinen die Niederschläge als Fläche, die der Wassermenge entspricht, und nicht als Aneinanderreihung feiner Linien. Spitzenwerte der Tagesmitteltemperatur sowie einzelne Niederschlagsereignisse sind bei dieser Darstellung nicht erkennbar. Die zusätzlich eingetragenen Fröste hingegen stellen taggenau das Auftreten von Tagestiefsttemperaturen < -5°C dar.

In Tab. 96 sind Angaben zu Niederschlägen und Hitzetagen, Wärmesummen im Herbst (bedeutsam für die Vorwinterentwicklung von Winterformen) sowie Frösten in der Winterperiode aufgeführt, die einen Vergleich zwischen den Jahren ermöglichen. Die je nach Kultur durch Berechnung zusätzlich verfügbaren Wassermengen können den Angaben zu den jeweiligen Versuchen in Kap. 3 und 7 entnommen werden.

Tab. 96: Für den Vergleich der Versuchsjahre bedeutsame Wetterdaten im deutschen Projektgebiet

	<u>2003</u>	<u>2004</u>	<u>2005</u>
Anzahl Tage mit $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$	71	17	23
Niedersch. April (mm)	42	21	120
Niedersch. Mai - Juli (mm)	141	196	213
Niedersch. August (mm)	49	125	131
Niedersch. April - August (mm)	232	342	464
Jahresniederschlag (mm)	553	760	-
Wärmesumme ¹ 15.10.-14.11. ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$)	161	279	-
Wärmesumme ¹ 15.11.-15.12. ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$)	179	95	-
<i>(Winterperiode)</i>	<u>2003/04</u>	<u>2004/05</u>	
Anzahl Tage mit $T_{\min} < - 5^{\circ}\text{C}$	12	17	
Anzahl Tage mit $T(\emptyset) < 0^{\circ}\text{C}$	24	41	
tiefste gemessene Temperatur	- 8,2 $^{\circ}\text{C}$	- 12,6 $^{\circ}\text{C}$	

T_{\max} = Tageshöchsttemperatur T_{\min} = Tagestiefsttemperatur $T(\emptyset)$ = Tagesmitteltemperatur ¹ auf Basis 0 $^{\circ}\text{C}$, je 31 Tage

7.1.2 Schweiz

Tab. 97: Monatliche Durchschnittstemperatur und Niederschlagsmenge an den Versuchsstandorten der Sommer-Lupinen in der Schweiz

Jahr	Standort	Meteostation	m.ü.M.	März		April		Mai		Juni		Juli		August		September	
				°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
2002	Möhlin	Basel-Binningen	316	8.2	25	8.9	45	12.6	168	19.5	79	18.8	94	18.5	110	13.8	100
2002	Thun	Interlaken	580	6.4	99	8.7	75	12.3	147	18.4	151	17.6	179	17	143	12.6	176
2002	Wil	Schaffhausen	437	7	79	9.2	60	13.3	142	19.3	40	18.4	83	17.9	71	13.2	96
2002	Changins	Genf	420	7.8	57	10.5	23	13.4	149	20.5	64	19.8	118	18.6	90	15.1	29
2002	FAL	Zürich-Kloten	436	6.8	63	9	62	13	16.3	19.1	54	18.4	57	17.7	136	13	123
2003	Möhlin	Basel-Binningen	316	8.7	16	10.6	54	15.3	80	23.3	21	21.3	68	23.8	59	15.5	46
2003	Katzenrüti	Zürich-Kloten	436	7	21	9.4	44	14.6	87	22.5	52	20.1	111	22.3	86	14.3	53
2004	Möhlin	Basel-Binningen	316	8.7	16	10.6	19	13.2	51	17.7	70	19.4	71	19.8	80	16.4	35
2004	Wil	Schaffhausen	437	7.2	16	10.1	33	12.5	91	16.7	75	18.4	93	18.9	84	15.4	49
2004	Adlikon	Zürich-Kloten	436	4.3	55	9.7	29	12.1	115	16.5	134	18.1	123	18.8	74	15.2	68

Tab. 98: Monatliche Durchschnittstemperatur und Niederschlagsmenge während der Vegetationsperiode der Winterlupinen in der Schweiz

Jahr	Standort	Metostation	m.ü.M.	Jan.		Feb.		März		April		Mai		Juni		Juli		Aug.		Sept.		Okt.		Nov.		Dez.	
				°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
02	Möhlin	Basel-Binningen	316																13.8	100	10.8	155	7.9	177	5.1	47	
03				1.2	53	0.2	30	8.7	16																		
03	Reckenholz	Zürich-Kloten	436																14.3	53	6.4	164	4.8	67	0.8	42	
04				1.1	171	1.9	35	4.3	55	9.7	29	12.1	115	16.5	134	18.1	123	18.8	74	15.2	68						

7.1.3 Frankreich

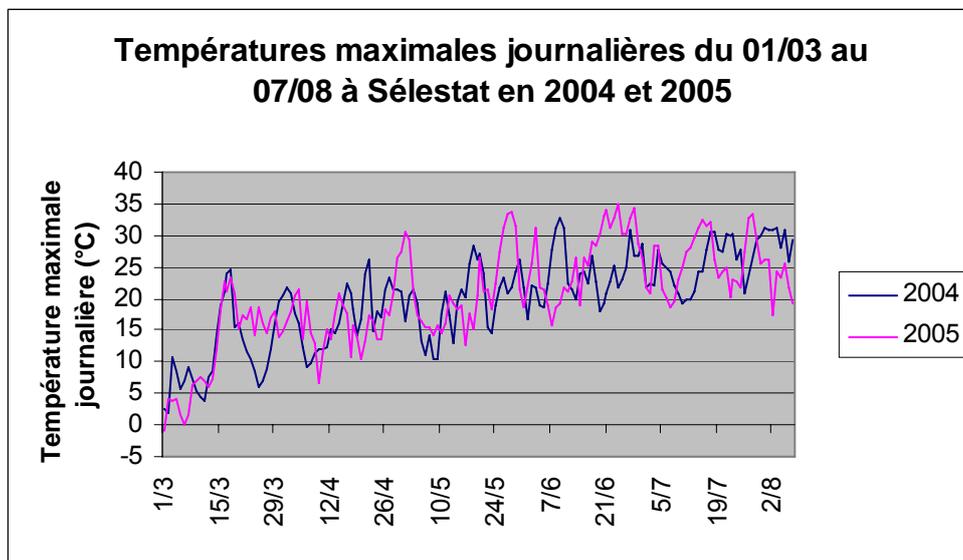


Abb. 61: Höchsttemperaturen in der Vegetationsperiode, Elsass 2004/2005

7.2 Befragungen und Erhebungen bei Praktikerbetrieben

7.2.1 Erhebungsbogen Lupinenanbau in der Schweiz 2001/2002

ANHANG C

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau
 Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture
 Stazione federale di ricerche in agroecologia e agricoltura
 Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture

FRAGEBOGEN
LUPINEN-ANBAU IN DER PRAXIS

Name: _____

Adresse: _____

Telefonnummer: _____

Produktion gemäss Richtlinien : ÖLN BIO

Beschreibung der Parzelle:

Fläche (a): _____

Höhe: _____ m.ü.M.

Neigung: eben leicht geneigt stark geneigt

Ausrichtung nach: Süden Westen Norden Osten

Bodenbeschaffenheit: leicht schwer nass

Wasserhaushalt: neigt zu Trockenheit ausgeglichen neigt zu Vernässung

Für die folgenden Angaben benutzen Sie bitte die Bodenanalysen der Parzelle (sofern vorhanden):

pH: _____

Bodenart (z.B. schwach humoser, sandiger Lehm): _____

Versorgung Nährstoffe (Klassen): A=arm, B=mässig, C=genügend, D= Vorrat, E=angereichert

Nährstoffe	P:	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> E
	K:	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> E
	Mg:	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> E

Fruchtfolge

Vorkultur: _____

Zwischenkultur : _____

→ Bitte wenden 1/3

Sonstige Beobachtungen:

Lagerung: nein

ja, erstmals am: _____

stark schwach (zum Zeitpunkt der Ernte)

ca. ____ % der Parzelle

Wiederaustrieb: nein ja

stark schwach

besondere meteorologische Vorkommnisse (inkl. Zeitpunkt): _____

Krankheiten / Schädlinge

keine

Anthraknose (Brennfleckenkrankheit): orange-braune Flecken an Stängel oder Hülsen, Triebverdrehungen, Absterben der Nebentriebe während der Blüte

erste Beobachtung am : _____ Prozent der befallenen Pflanzen : _____ %

Stärke des Befalls: sehr stark mittel schwach (wenig ertragsrelevant)

andere: Symptome: _____

erste Beobachtung am : _____ Prozent der befallenen Pflanzen : _____ %

Stärke des Befalls: sehr stark mittel schwach

Ernte

Geerntet am: _____

Bedingungen bei Ernte: trocken feucht nass

Zeitaufwand Ernte: hoch, Ernte schwierig, weil _____

tief, Ernte problemlos

Feuchtigkeit der Körner bei Ernte: _____ %

Ertrag: _____ dt /ha

Verwertung

Verkauf an: _____

Einsatz auf Hof für Fütterung von (Tierart): _____

andere: _____

Zukunft

können Sie sich grundsätzlich vorstellen, nächstes Jahr wieder Lupinen anzubauen?

ja

nein, weil _____

Vielen herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit

7.2.2 Erhebungsbogen zu Betriebsdaten und Sojaanbau 2003



Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland

Fragebogen

Ökologischer Körnerleguminosenanbau in der Praxis

Name/Betrieb: _____

Anschrift: _____

Telefon: _____ Fax: _____

e-mail: _____

Produktion gemäß: Verbandsrichtlinien: _____

EU-Ökoverordnung

Gesamtbetriebliche Daten

Betriebsfläche gesamt: _____ ha

davon: _____ ha Acker

_____ ha Dauergrünland

_____ ha Wald

_____ ha Dauerkultur

_____ ha Einjährige Sonderkulturen

Viehbestand: _____

Anbau von:

Soja auf _____ ha Ackerbohnen auf _____ ha

Erbsen auf _____ ha Lupinen auf _____ ha

Erbsen in Gemenge mit _____ auf _____ ha

Anwan Mittag:
Marie Schloer
Benjamin Wolpert
45073317

Erwinthstr. 7
70599 Stuttgart

Fax: 0711 459-4344
e-mail: b.wolpert@web.de

für Rückfragen:
Tel.: 0711 457242 oder 0711

1/2

Standort-Beschreibung

Höhe: von _____ bis _____ m ü. NN.

Klima:

Durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge: _____ mm

Niederschlagsverteilung: _____

Temperaturjahresmittel: _____ °C

Temperaturverlauf über das Jahr (z.B. wann wird's warm im Frühjahr): _____

Hauptstandorttypen: _____

Bodenwertzahlen: _____

Bodentypen: _____

Region: Nord 1 Süd

Anwan Mittag:
Marie Schloer
Benjamin Wolpert
45073317

Erwinthstr. 7
70599 Stuttgart

Fax: 0711 459-4344
e-mail: b.wolpert@web.de

für Rückfragen:
Tel.: 0711 457242 oder 0711

2/2

Kulturspezifischer Teil – Soja

Standort-Beschreibung

Boden

Bodenwertzahlen: _____

Bodentypen: _____

Bodenart (z.B. schwach humoser, sandiger Lehm): _____

Wasserhaushalt: neigt zu Trockenheit ausgeglichen neigt zu Vernässung

pH: _____

Nährstoff-Versorgung (Klassen): A=sehr niedrig, B=niedrig, C=optimal, D=hoch, E=sehr hoch

Nährstoffe P: A B C D E

K: A B C D E

Mg: A B C D E

Produktionsziel

die üblicherweise angebaute Sojamenge teilt sich auf in:

Futter: _____ ha

Saatgut: _____ ha

Konsumware: _____ ha

Sonstige: _____ ha (genauer: _____)

Diese Kultur wird seit _____ Jahren angebaut.

Fruchtfolge und Düngung					
Jahr		Jan. - März	April - Juni	Juli - Sept.	Oktober - Dez.
1	Frucht				
	Düngung				
2	Frucht				
	Düngung				
3	Frucht				
	Düngung				
4	Frucht				
	Düngung				
5	Frucht				
	Düngung				
6	Frucht				
	Düngung				
7	Frucht				
	Düngung				
8	Frucht				
	Düngung				

Arbeitsblätter
Hans-Joachim
Schnitzler-Wagner

Erweitern Sie
18000 Sojafragen

1 bis 4112 22P-AR-02
1 bis 12 1202-02/02/02

46 2202/02
011 4112 2202 oder 4112 2202/02/02

2/6

Bodenbearbeitung / SaatStoppelbearbeitung:

Zeitraum: _____ Gerät: _____

Zeitraum: _____ Gerät: _____

Zeitraum: _____ Gerät: _____

Grundbodenbearbeitung:

Zeitraum: _____ Gerät: _____

Saatbettbereitung:

Zeitraum: _____ Gerät: _____

Aussaat

Angestrebter Aussaattermin: _____

 Häufig Schwierigkeiten mit Aussaattermin, weil _____Saatechnik: Drillsaat Einzelkornsaat (ggf. Abstand in der Reihe _____)angestrebte Saatedichte: _____ keimfähige Körner / m² Saatmenge: _____ kg / ha

Saattiefe: _____ cm Reihenabstand: _____ cm

Sonstige Arbeitsgänge:

Zeitpunkt: _____ Methode: _____ Erfolg _____

Zeitpunkt: _____ Methode: _____ Erfolg _____

SaatgutSorten: _____ Reifegruppe: 000 000/00 00Verwendetes Saatgut: Z Basis (Aus Nachbau)

Saatgutbehandlung (z.B. biol. Beizverfahren): _____

Wirkung: _____

Impfstoff-Zugabe (Knöllchenbakterien) ja

Produkt: _____

 Bodenbehandlung Saatgutbehandlung

Probleme: _____

 nein,

Begründung: _____

Antwort bitte an:
Mare Schloen
Benjamina Wolpert
Erwärtstr. 7
70599 Stuttgart
Fax: 0711 459-4344
e-Mail: bwolpert@wsl.defür Rückfragen:
Tel.: 0711 457242 oder 0711 458073317

3/6

Beobachtungen in der Kultur

Es treten üblicherweise Probleme auf mit:

 Feldaufgang: _____ Bestandesschluß: _____ Lager: _____**Bewässerung**

Bewässerungssystem: _____

Zeitraum: _____

Bewässerungsgabe: _____

Was ist die Bemessungsgrundlage? _____

Unkraut

Wichtigste Unkrautart(en): _____

Einschätzung des allgemeinen Unkrautdrucks: _____

Verunkrautung bei Ernte: hoch mittel geringBekämpfung: mechanisch:

Zeitpunkt: _____ Gerät: _____ Erfolg _____

 sonstige:

Zeitpunkt: _____ Methode: _____ Erfolg _____

Antwort bitte an:
Mare Schloen
Benjamina Wolpert
Erwärtstr. 7
70599 Stuttgart
Fax: 0711 459-4344
e-Mail: bwolpert@wsl.defür Rückfragen:
Tel.: 0711 457242 oder 0711 458073317

4/6

Krankheiten / Schädlinge

- Sclerotinia - Stengelfäule
Häufigkeit des Auftretens: _____
Üblicher Zeitpunkt des Auftretens: _____
Stärke des Befalls: stark mittel schwach (wenig ertragsrelevant)
- sonstige: _____
Symptome: _____
Häufigkeit des Auftretens: _____
Üblicher Zeitpunkt des Auftretens: _____
Stärke des Befalls: stark mittel schwach (wenig ertragsrelevant)
- sonstige: _____
Symptome: _____
Häufigkeit des Auftretens: _____
Üblicher Zeitpunkt des Auftretens: _____
Stärke des Befalls: stark mittel schwach (wenig ertragsrelevant)
- sonstige: _____
Symptome: _____
Häufigkeit des Auftretens: _____
Üblicher Zeitpunkt des Auftretens: _____
Stärke des Befalls: stark mittel schwach (wenig ertragsrelevant)

Bekämpfung / Vorbeugung

Ernte

Zeitraum: _____
Ertrag: _____ dt/ha (bei Erntefeuchte)
Erntetechnik: _____
Zeitaufwand: normal hoch
Ursache: _____
Verluste: hoch mittel gering
Ursache: _____
Verschmutzung: hoch mittel gering
Ursache: _____
Abreife: gleichmäßig ungleichmäßig
Ursache: _____
Sonstige Ernteprobleme: _____

Einschätzung

Wo sehen sie die Hauptprobleme beim Sojaanbau in der Region und im Betrieb?

Wo sehen Sie die Hauptchancen? _____

Zukunft

Wollen Sie im nächsten Jahr wieder Soja anbauen?

- ja, auf _____ ha.
- nein, weil _____

7.3 Feldversuche zur Ökologischen Unkrautregulierung

7.3.1 Sojabohne

7.3.1.1 Mechanische Unkrautregulierung und Sortenwahl (D-Buggingen, 2003)

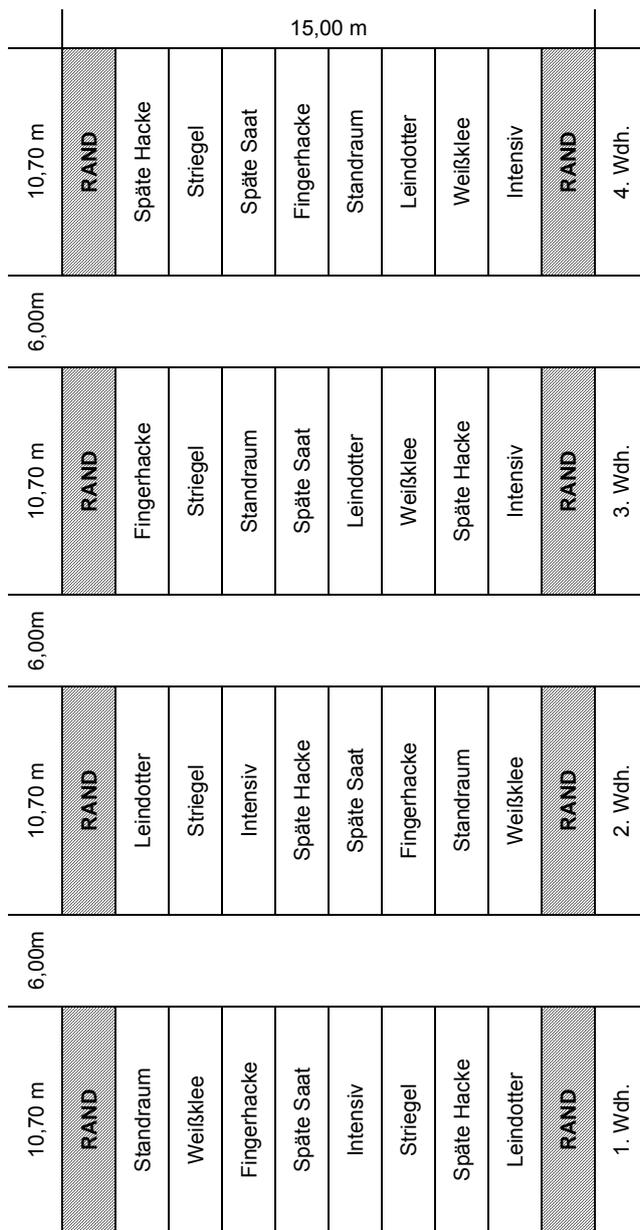
	3,00 m	13,50 m				3,00 m	
6,70 m		Dolly	Quito	Dolly	Quito		1. Wdh.
	Rand	Striegel	Praxis	Kontrolle	Hacke	Rand	
6,70 m		Quito	Dolly	Quito	Dolly		2. Wdh.
	Rand	Praxis	Striegel	Hacke	Kontrolle	Rand	
6,00 m							
6,70 m		Quito	Dolly	Dolly	Quito		2. Wdh.
	Rand	Praxis	Striegel	Hacke	Kontrolle	Rand	
6,70 m		Dolly	Quito	Quito	Dolly		

Abb. 62: Parzellenplan Unkrautregulierung in Soja, D-2003

Tab. 99: Terminübersicht der Feldarbeiten zur Unkrautregulierung in Soja, D-2003

Datum	Maßnahmen	Anmerkungen
28.04.03	Aussaat	danach Anwalzen bzw. Variante "Praxis" mit Andrückrollen
02.05.03	Blindstriegeln	
23.05.03	Hacke + Striegel	Variante "Praxis"
28.05.03	Striegel	Variante "Striegel"
30.05.03	Hacke	Variante "Hacke"
31.05.03	Hacke + Striegel	Variante "Praxis"
13.06.03	Hacke + Striegel	Variante "Praxis"
04.09.03	Mähdrusch	Kornausfall bei Sorte Dolly

7.3.1.2 Mechanische Unkrautregulierung und Anbauverfahren (D-Heitersheim, 2004 / D-Buggingen, 2005)



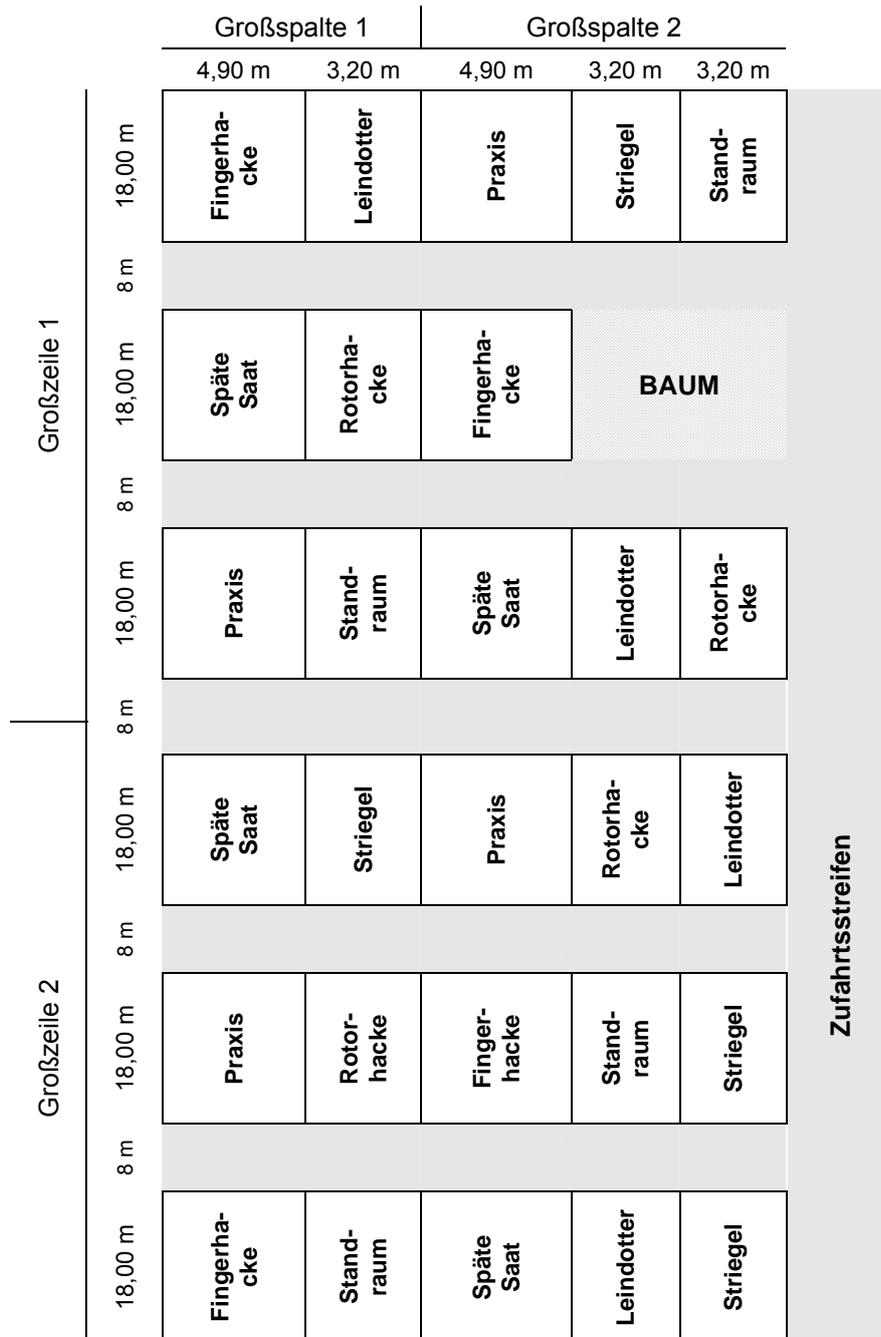
Randparzellen wie Variante „Standraum“
Zwischenräume mit Hafer begrünt

Abb. 63: Parzellenplan Unkrautregulierung Soja, D-Heitersheim 2004

Tab. 100: Terminübersicht der Feldarbeiten zur Unkrautregulierung in Soja, D-2004

Datum	Maßnahmen	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	Anmerkungen
27.04.04	Aussaat	x	x	x	x		x	x	x	Parzellensämaschine, Drillsaat
30.04.04	Blindstriegeln	x	x	x	x	x	x	x	x	In V5 als Maßnahme vor der Saat
18.05.04	Aussaat					x				erneute Saatbettbereitung, Drillsaat
	Leindottersaat								x	Einarbeitung mit Striegelgang
	Hacken	x	x					x		
	Striegeln		x				x		x	
	Arbin									Vergällungsmittel gegen Hasenfraß

21.05.04	Blindstriegeln					x						
	Hacken			x	x							V4 mit Gänsefuß- und Fingerhacke
25.05.04	Hacken		x									
	Striegeln		x					x				
04.06.04	Arbin											Vergällungsmittel gegen Hasenfraß
07.06.04	Hacken	x	x			x			x			
	Striegeln		x					x				
08.06.04	Hacken			x	x							V4 mit Gänsefuß- und Fingerhacke
19.06.04	Hacken			x	x							V4 mit Gänsefuß- und Fingerhacke
	Weißkleesaat									x		Einarbeitung mit Hackdurchgang
21.06.04	Hacken	x	x			x			x			
	Striegeln		x									
05.07.04	Hacken			x		x						
29.09.04	Ernte	x	x	x	x			x	x	x		
12.10.04						x						nur Probeschnitt, für Drusch zu feucht



Parzellenlänge nicht maßstabsgetreu

Zwischenräume und Zufahrtsstreifen mit Klee gras begrünt

Abb. 64: Parzellenplan Unkrautregulierung Soja, D-Buggingen 2005

Randomisationsstruktur 2005

Aufgrund der geringen Schlagbreite, des Baumes im Feld sowie der Maßgabe, Varianten gleicher Arbeitsbreite hintereinander anzuordnen, um die technische Durchführung nicht zu erschweren, wurde keine Blockanlage sondern ein Zeilen/Spalten-Plan nach folgender Struktur angelegt:

- Die Spalten unterschiedlicher Breite wurden innerhalb der Großspalten randomisiert.
- In jedem Quartal aus Großspalte x Großzeile bestand für die Varianten Praxis, Späte Saat und Fingerhacke (Breite 4,90 m) ein vollständiger Block, der randomisiert wurde.

7.3.1.3 Mechanische und thermische Unkrautregulierung (F-Holtzwihr, 2003/04)

Anhang: Plan des Unkrautbekämpfungsversuchs in Soja - Holtzwihr 2003

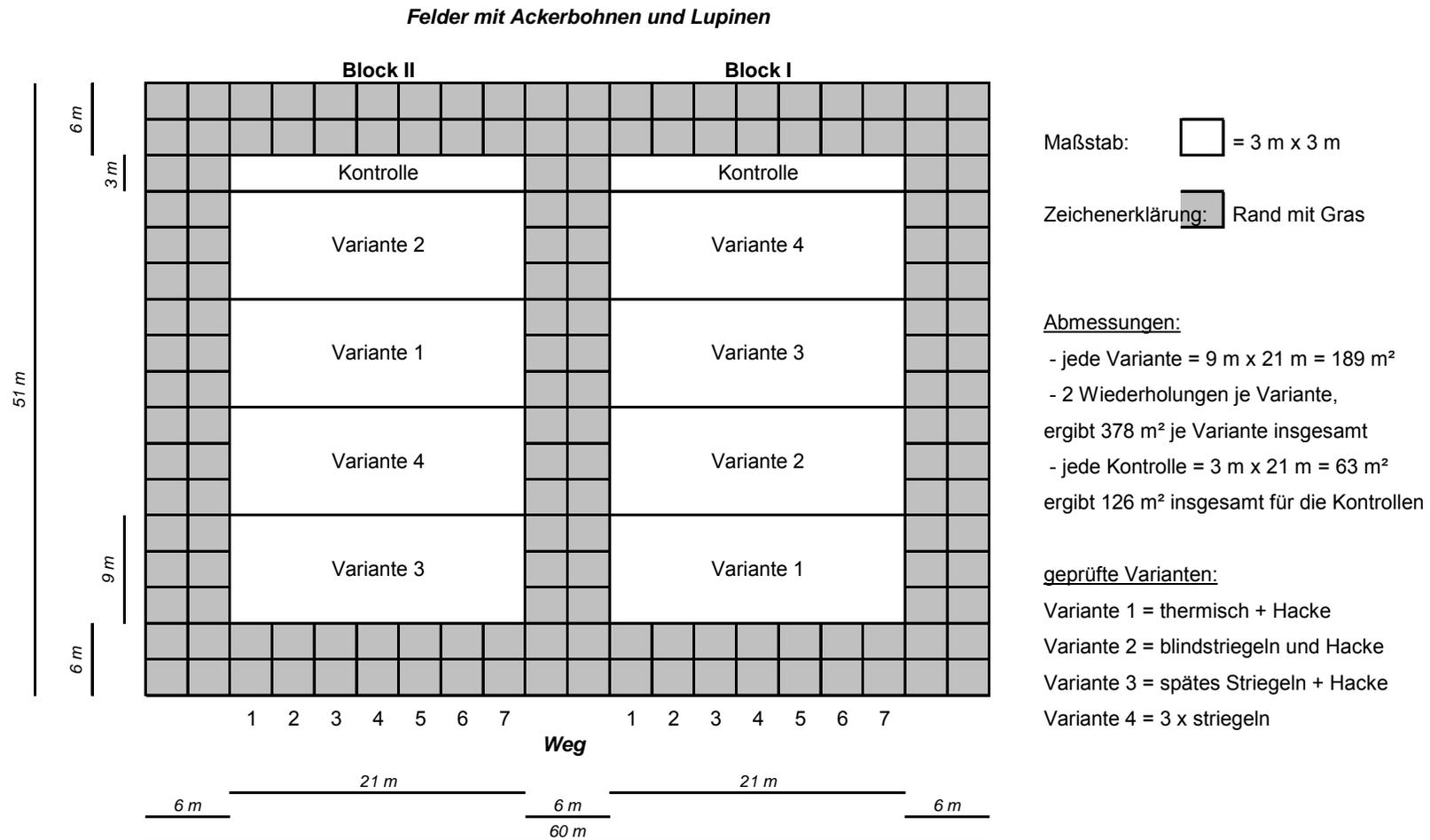
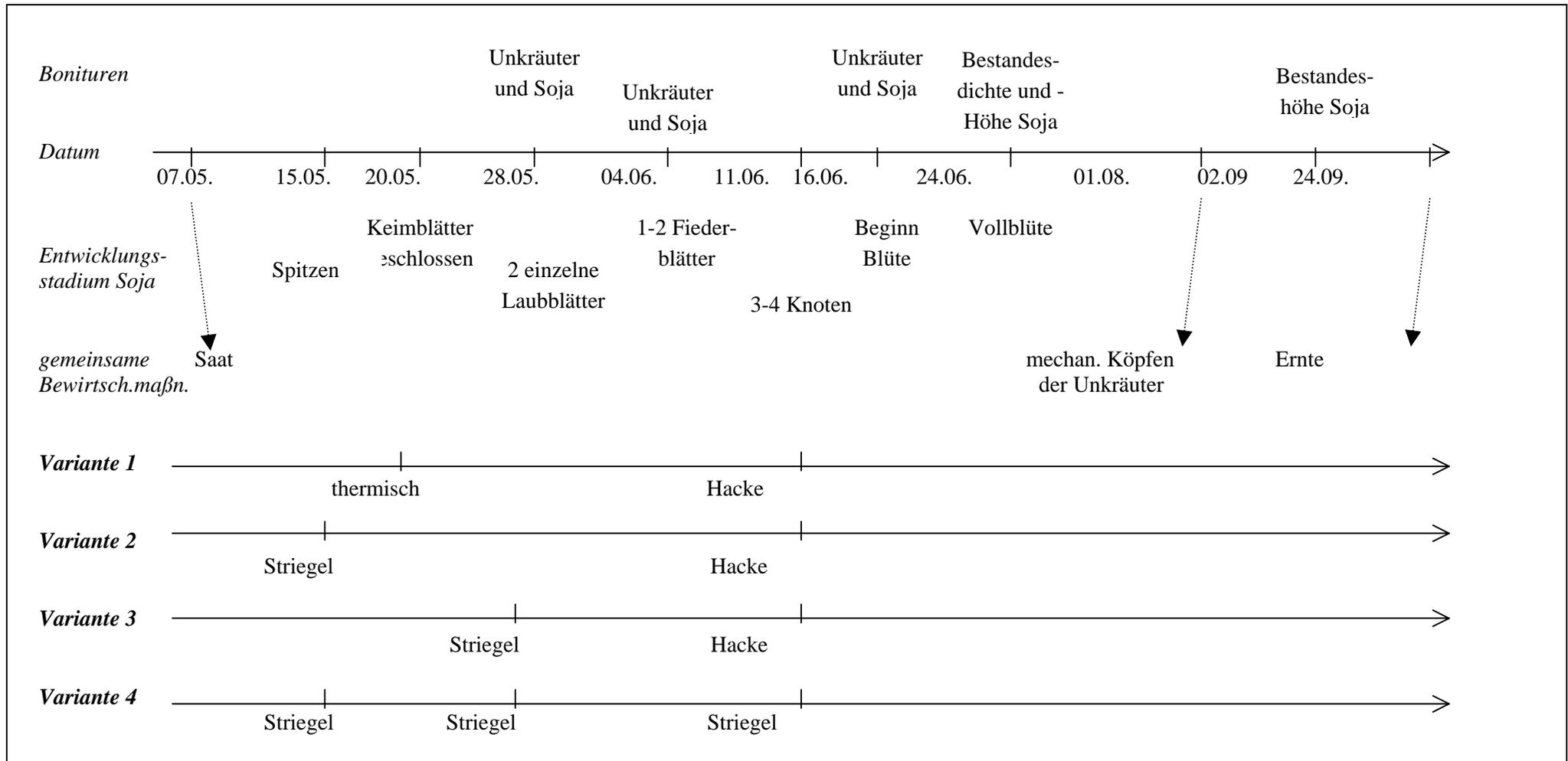


Abb. 65: Parzellenplan Unkrautregulierung in Soja, F-Holtzwihr 2003

Tab. 102: Kalendarische Übersicht der Bewirtschaftungsmaßnahmen und Bonituren im Versuch Unkrautregulierung in Soja, F-Holtzwihr 2003



7.3.1.4 Einfluss des Saattermins (F-Appenwihr, 2004)

keine weiteren Angaben

7.3.2 Weiße und Schmalblättrige Lupine

7.3.2.1 Mechanische Unkrautregulierung und Sortenwahl bei Schmalblättriger Lupine (D-Buggingen, 2003)

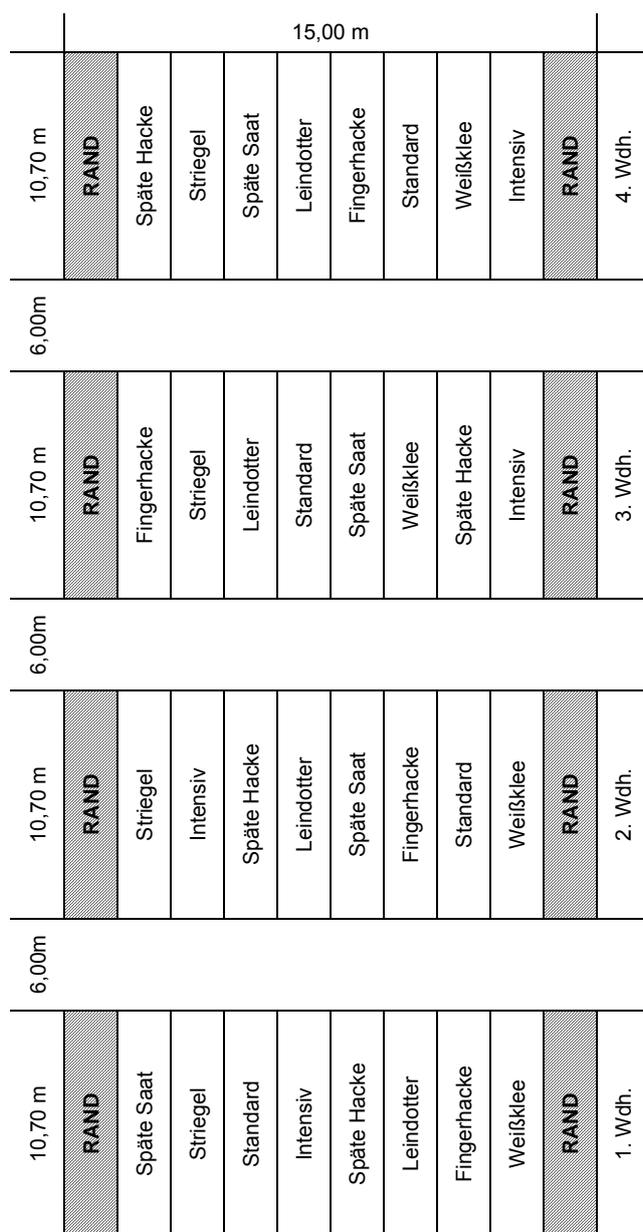
	3,00 m	12,00 m				3,00 m	
6,70 m		Borlu	Boruta	Boruta	Borlu		1. Wdh.
	Rand	Kontrolle	Hacke	Praxis	Striegel	Rand	
6,70 m		Boruta	Borlu	Borlu	Boruta		
6,00 m							
6,70 m		Borlu	Borlu	Borlu	Boruta		2. Wdh.
	Rand	Hacke	Praxis	Striegel	Kontrolle	Rand	
6,70 m		Boruta	Boruta	Boruta	Borlu		

Abb. 66: Parzellenplan Unkrautregulierung in Schmalblättriger Lupine, D-2003

Tab. 103: Terminübersicht der Feldarbeiten zur Unkrautregulierung in Schmalblättriger Lupine, D-2003

Datum	Maßnahmen	Anmerkungen
27.03.03	Aussaat	
01.04.03	Blindstriegeln	
22.04.03	Striegel	alle Varianten (ungeplant)
28.05.03	Striegel	Varianten "Striegel" und "Intensiv"
30.05.03	Hacke	Varianten "Hacke" und "Intensiv"
17.07.03	Mähdrusch	keine repräsentativen Ergebnisse wegen kümmerwuchs

7.3.2.2 Mechanische Unkrautregulierung und Anbauverfahren bei Weißer Lupine (D-Heitersheim, 2004 / 2005)



Randparzellen wie Variante „Standard“
Zwischenräume mit Hafer begrünt

Abb. 67: Parzellenplan Unkrautregulierung Weiße Lupine, D-Heitersheim 2004

Tab. 104: Terminübersicht der Feldarbeiten zur Unkrautregulierung in Weißer Lupine, D-2004

Datum	Maßnahmen	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	Anmerkungen
04.03.04	Aussaat	x	x	x	x		x	x	x	
20.03.04	Blindstriegeln	x	x	x	x		x	x	x	
01.04.04	Aussaat					x				erneute Saatbettbereitung
10.04.04	Blindstriegeln					x				
16.04.04	Leindottersaat								x	Einarbeitung mit Striegelgang
	Hacken	x	x	x	x			x		V4 mit Gänsefuß- und Fingerhacke
27.04.04	Striegeln		x				x		x	
	Hacken		x			x				
04.05.04	Striegeln		x				x			
	Hacken			x	x					V4 mit Gänsefuß- und Fingerhacke
10.05.04	Weißklee Saat							x		Einarbeitung mit Hackdurchgang
	Hacken	x	x			x		x		
	Striegeln		x				x			
15.05.04	Hacken			x	x					V4 mit Gänsefuß- und Fingerhacke
18.05.04	Arbin									Vergällungsmittel gegen Hasenfraß
25.05.04	Hacken	x	x			x				
04.06.04	Arbin									Vergällungsmittel gegen Hasenfraß
07.06.04	Hacken					x				
15.06.04	Jäten									Ackerkratzdistel in 3./4. Wdh.
19.06.04	Hacken			x	x					nur mit Gänsefußhacke
02.08.04	Ernte	x	x	x	x		x	x	x	
17.08.04						x				

		20,00 m
		Rand
79,60 m	4. Wdh.	3 m Standard
		3 m Frühe Saat
		3,4 m Weißklee
		3 m Intensiv
		3 m Häufeln
		3 m Striegel
	3. Wdh.	3 m Frühe Saat
		3 m Intensiv
		3 m Striegel
		3 m Standard
		3,4 m Weißklee
		3 m Häufeln
	2. Wdh.	3 m Striegel
		3 m Häufeln
		3 m Standard
		3 m Frühe Saat
		3 m Intensiv
		3,4 m Weißklee
	1. Wdh.	3,4 m Weißklee
		3 m Striegel
3 m Intensiv		
3 m Häufeln		
3 m Frühe Saat		
3 m Standard		
		Rand

Randparzellen wie Variante „Standard“

Rangierflächen mit Hafer begrünt; Umgebungsfrucht: Schmalblättrige Lupine

Abb. 68: Parzellenplan Unkrautregulierung Weiße Lupine, D-Heitersheim 2005

Tab. 105: Terminübersicht der Feldarbeiten zur Unkrautregulierung in Weißer Lupine, D-2005

Datum	Maßnahmen	V1	V2	V3	V4	V5	V6	Anmerkungen
17.03.05	Aussaat		x					
	Weißkleesaat						x	Anwalzen
04.04.05	Aussaat	x		x	x	x	x	erneute Saatbettbereitung außer V6
10.05.05	Hacken	x	x	x		x		
	Striegeln			x	x			
20.05.05	Hacken		x					
26.05.05	Fingerhacke						x	ohne Gänsefußschare
03.06.05	Hacken	x	x	x				
07.06.05	Mulchen						x	Zwischenräume von Hand (nur 1./2. Wdh.)
14.06.05	Häufeln					x		mit Häufelkörpern
12.08.05	Ernte	x	x	x	x	x	x	

7.4 Sortenversuche

7.4.1 Körnererbse

7.4.1.1 F-Appenwih, 2002 / F-Appenwih und F-Sausheim, 2003

Power	Power	Jackpot	Jackpot	Xsara	Xsara	Sponsor	Sponsor	Metaxa	Metaxa	Alliance	Alliance	Nitouche	Nitouche	Hardy	Hardy
Hardy	Hardy	Nitouche	Nitouche	Power	Power	Jackpot	Jackpot	Xsara	Xsara	Sponsor	Sponsor	Metaxa	Metaxa	Alliance	Alliance
Alliance	Alliance	Metaxa	Metaxa	Sponsor	Sponsor	Xsara	Xsara	Jackpot	Jackpot	Power	Power	Nitouche	Nitouche	Hardy	Hardy
Hardy	Hardy	Nitouche	Nitouche	Alliance	Alliance	Metaxa	Metaxa	Sponsor	Sponsor	Xsara	Xsara	Jackpot	Jackpot	Power	Power

Abb. 69: Parzellenplan Sortenversuch Erbse, F-Appenwih 2002

Tab. 106: Ergebnisse im Sortenversuch Erbse, F-Appenwih 2002

Sorte	Auflauf (Pfl./m ²)		Jugendentwickl.*		Bodenbedeckg.*		Unkräuter*		Höhe max. (cm)	
	23.04.02	08.05.02	05.06.02	05.06.02	05.06.02	28.06.02				
<i>P(sorte)</i>	0,00026	0,00203	0,00757	0,52030	0,00222					
<i>P(block)</i>	0,03571	0,08097	0,83962	0,53312	0,01150					
Alliance	31,5	<i>b</i>	1,88	<i>b</i>	2,06	<i>b</i>	1,60	37,1	<i>c</i>	
Hardy	51,6	<i>a</i>	3,70	<i>a</i>	3,80	<i>ab</i>	1,10	45,4	<i>abc</i>	
Jackpot	54,0	<i>a</i>	2,90	<i>a</i>	3,80	<i>a</i>	1,10	45,9	<i>ab</i>	
Metaxa	54,7	<i>a</i>	2,80	<i>a</i>	3,60	<i>ab</i>	1,50	50,2	<i>ab</i>	
Nitouche	50,5	<i>a</i>	3,00	<i>a</i>	3,80	<i>ab</i>	1,30	45,6	<i>ab</i>	
Power	57,2	<i>a</i>	4,60	<i>a</i>	4,40	<i>a</i>	1,00	54,4	<i>a</i>	
Sponsor	47,1	<i>a</i>	3,40	<i>a</i>	4,00	<i>a</i>	1,30	50,2	<i>ab</i>	
Xsara	49,8	<i>a</i>	2,30	<i>a</i>	3,30	<i>a</i>	1,00	33,2	<i>bc</i>	
Moyenne	49,5		3,07		3,60		1,24	45,2		
Badminton	48,6		2,50		3,00		1,00	43,4		

Legende: * Noten von 1 bis 5: 1 = schwach/gering, 5 = sehr stark/viel

7.4.2 Weiße und Schmalblättrige Lupine

7.4.2.1 Schweizer Sortenvergleiche 2002 - 2004

keine weiteren Angaben

7.4.2.2 D-Buggingen, 2003

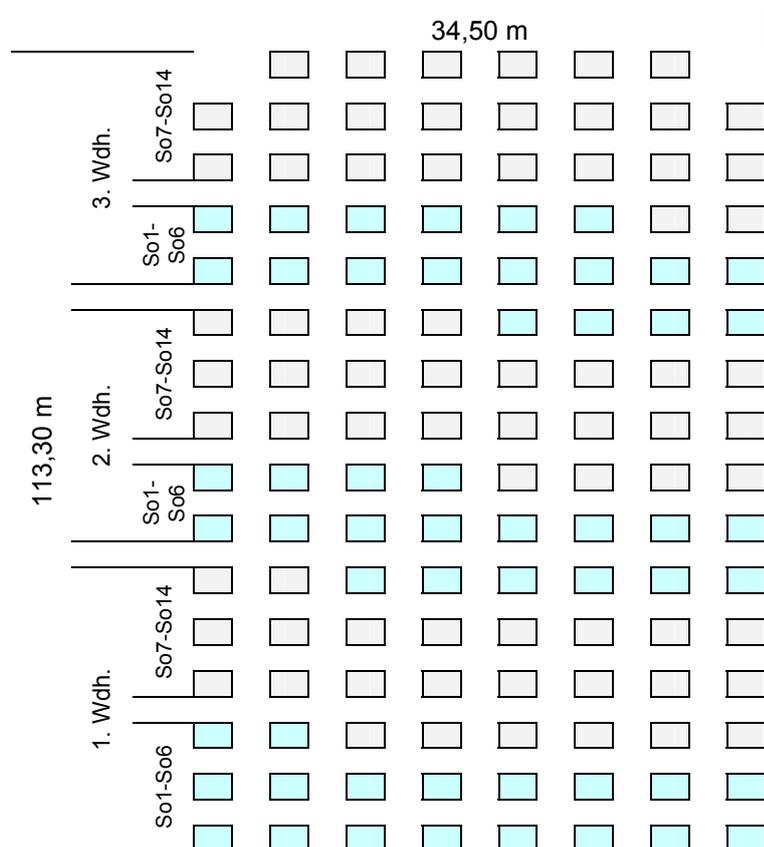


Abb. 70: Schematischer Parzellenplan Lupine-Sorten/Anthraknose-Versuch (D-Buggingen, 2003)

7.4.2.3 F-Sausheim und F-Herbsheim, 2003

keine weiteren Angaben

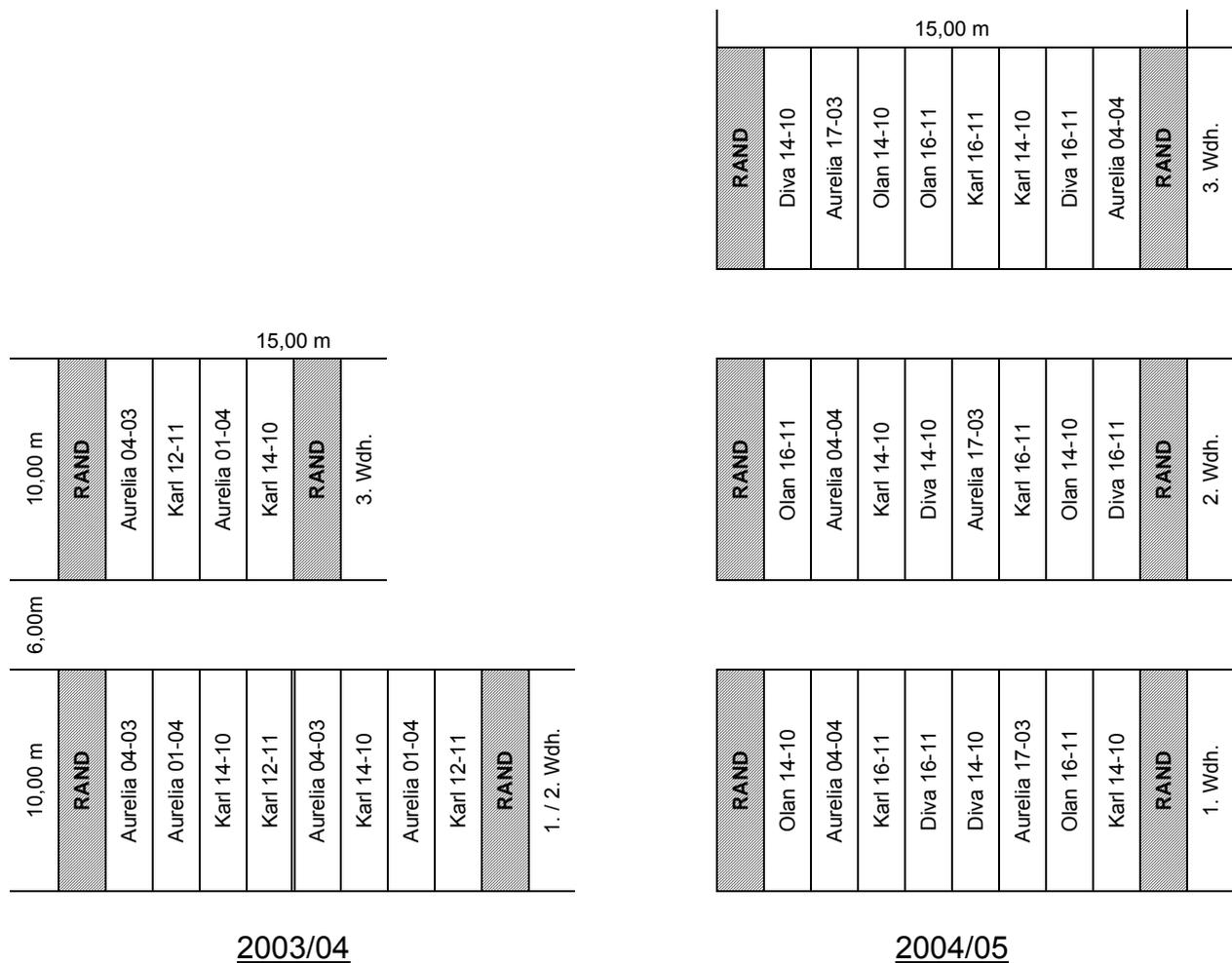
7.4.3 Tastversuche

keine weiteren Angaben

7.5 Feldversuche mit Sommer- und Winterformen von Körnerleguminosen

7.5.1 Winterackerbohne

7.5.1.1 Sortenwahl und Saattermin (D-Heitersheim, 2004/05)



Rand = Wintersorte, 1. Saattermin
Zwischenräume mit Hafer begrünt

Abb. 71: Parzellenpläne Winterackerbohnen D-2003/04 und 2004/05

Tab. 107: Terminübersicht der Feldarbeiten in Winterackerbohnen, D-2003/04 und 2004/05

Datum	Maßnahmen	Anmerkungen
14.10.03	Aussaat	Frühe Winterung
12.11.03	Aussaat	Späte Winterung
21.02.04	Striegeln	Winterungen
04.03.04	Aussaat	Frühe Sommerung (rel. feuchte Saatbedingungen)
20.03.04	Blindstriegeln	
01.04.04	Aussaat	Späte Sommerung
10.04.04	Blindstriegeln	

16.04.04	Hacken	Winterungen
27.04.04	Striegeln	Sommerungen
04.05.04	Hacken	Winterungen + Sommerungen
21.05.04	Hacken	Winterungen
08.06.04	Hacken	Sommerungen
10.08.04	Ernte	alle Varianten
<hr/>		
14.10.04	Aussaat	Frühe Winterung (rel. feuchte Saatbedingungen)
14.10.04	Düngung	50 kg P ₂ O ₅ /ha (Gafsa 27)
25.10.04		60 kg K ₂ O/ha (Patentkali)
16.11.04	Aussaat	Späte Winterung
17.03.05	Aussaat	Frühe Sommerung
04.04.05	Aussaat	Späte Sommerung
10.05.05	Hacken	Späte Sommerung zusätzlich gestriegelt
03.06.05	Hacken	frühe Winterungen nicht mehr (zu groß)
16.07.05	Beregnen	20 mm
27.07.05	Ernte	Winterungen
12.08.05		Sommerungen

7.5.1.2 Sortenwahl (F-Sausheim und F-Elsenheim, 2004/05)

Plan des essais pois et féverole 2004-05 à Elsenheim :

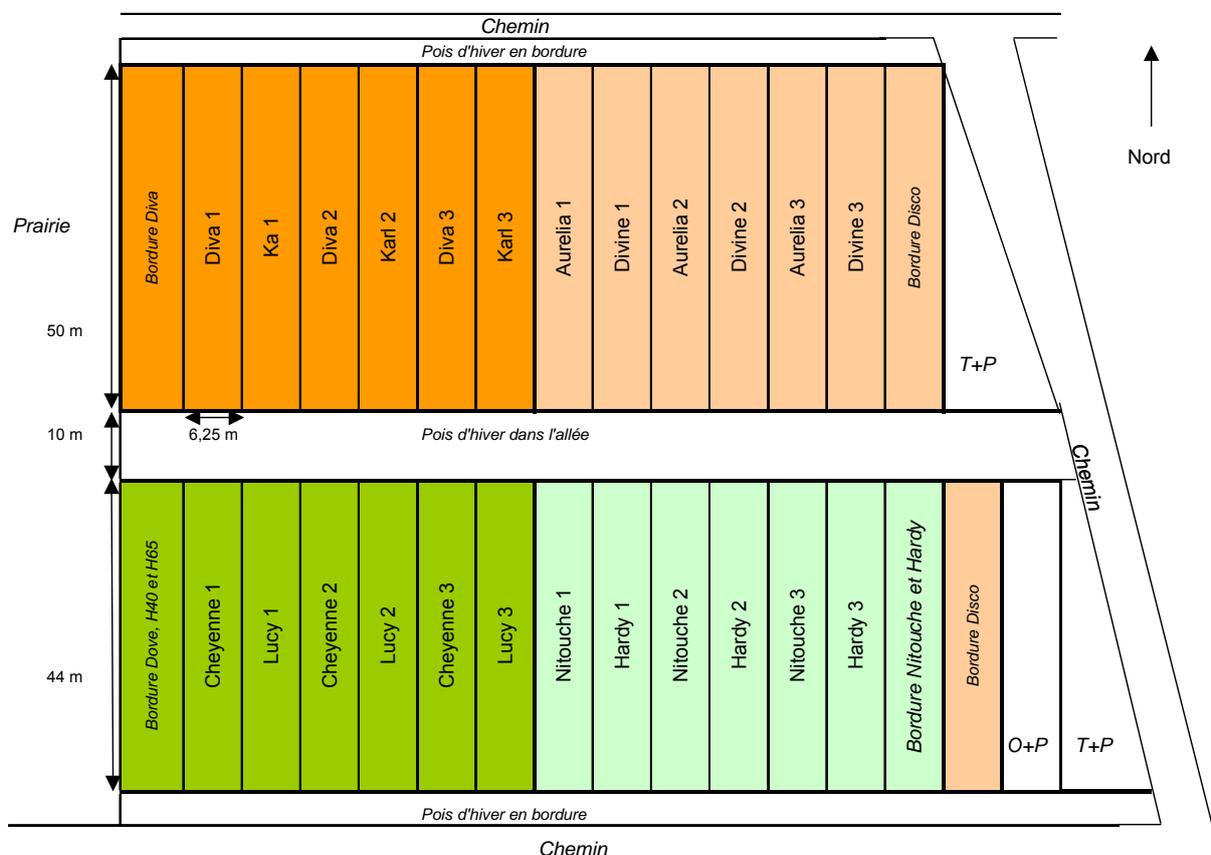


Abb. 72: Parzellenplan der Versuche Winterackerbohne und Wintererbse, F-Elsenheim 2005

Tab. 108: Entwicklungsstadien der Ackerbohnen, F-Eisenheim 2005

Ort	Typ	Saat	Auflaufen	Blühbeginn	Blühende	Reife	Ernte
Eisenheim	Winter	13.11.04	15.12.04 bis 03.03.05	02.05.05	Anfang Juli	Ende Juli	05.08.05
	Sommer	18.03.05	06.04.05	22.05.05	Mitte Juli	Ende Juli	05.08.05
	<i>Unterschied</i>			<i>20 Tage</i>	<i>5-15 Tage</i>	<i>0 Tage</i>	<i>0 Tage</i>

Tab. 109: Ergebnisse von Sommer- und Winterackerbohnen, F-Eisenheim 2005

Ort	Typ	Variété	Saatstärke (ca.) (K./m ²)	Bestandesdichte Frühjahr (Pfl./m ²)	Verluste gesamt (%)	Höhe bei Blühbeginn (cm)	Höhe bei Blühende (cm)	Ertrag (86% TM) (dt/ha)	Besatz (%)	Ernte- feuchte (%)	TKM (86% TM) (g)	Befall mit Kornkäfern (%)
Eisenheim		<i>Psorte</i>		0.00437		0	0.00374	0.40375	0.23497	0.03047	0.02166	0.01483
		<i>Pblock</i>		0.33163		0.01104	0.4309	0.75356	0.41488	0.81693	0.36924	0.15173
	W	DIVA	37	31 c	16	42 c	99 b	37	3	16 b	530 ab	22 a
	W	KARL	42	29 c	31	37 d	111 a	39	4	17 ab	546 ab	18 a
	S	AURELIA	67	40 b	41	92 b	118 a	43	3	16 b	503 b	9 b
	S	DIVINE	57	50 a	14	97 a	114 a	44	2	17 a	585 a	19 a

Legende:

Typ: W = Winter, S = Sommer

Psorte = Irrtumswahrscheinlichkeit bezüglich eines Sorteneffekts nach Varianzanalyse der Daten von den 4 Sorten

a, b, c... = Ergebnisse des Newmann-Keuls-Tests, sofern eine Sorteneinfluss besteht

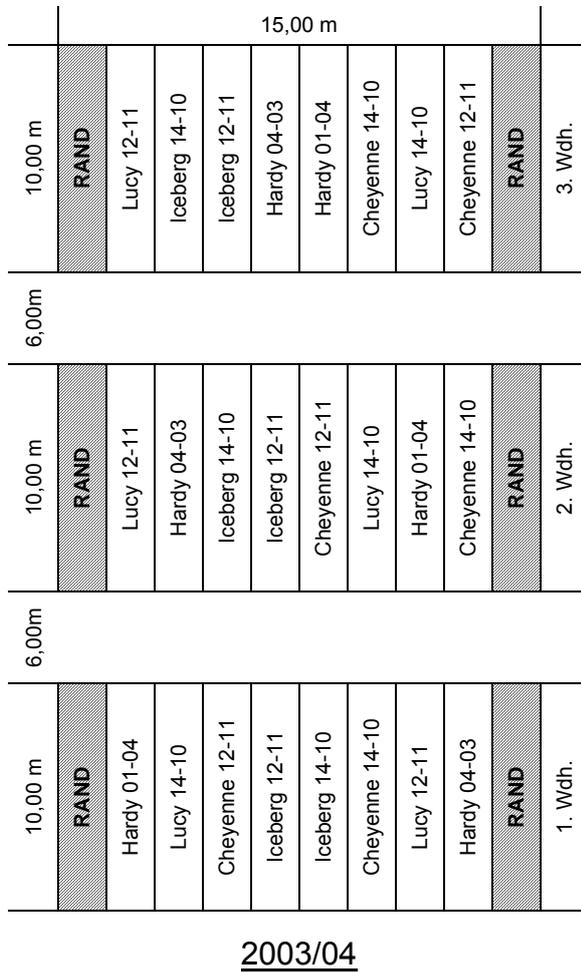
Tab. 110: Vergleich der Ertragskomponenten von Ackerbohnen nach Standort und Versuchsjahr

Typ	Sorte	Bestandesdichte Frühjahr (Pfl./m ²)			Körner pro Pflanze			TKM (g)			Ertrag bei 86% TM (dt/ha)		
		Saush 04	Els 04	Els 05	Saush 04	Els 04	Els 05	Saush 04	Els 04	Els 05	Saush 04	Els 04	Els 05
W	DIVA	25	23	31	20.3	40.5	22.3	377	394	530	19.1	36.7	36.7
W	KARL	33	35	29	18.1	20.0	24.8	353	382	546	21.1	26.8	39.3
S	AURELIA	37	44	40		14.5	21.2		387	503		24.7	42.6
S	DIVINE	57	54	50		14.1	14.9		377	585		28.7	43.6
	Mittel	38	39	38	19.2	22.3	20.8	365	385	541	20.1	29.2	40.6
S	DISCO A			52			13.7			602			42.8
	DISCO B	(ohne Beregnung)		57			8.2			564			26.4

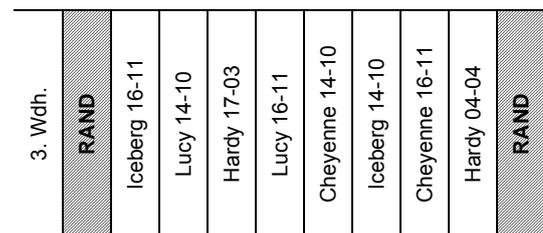
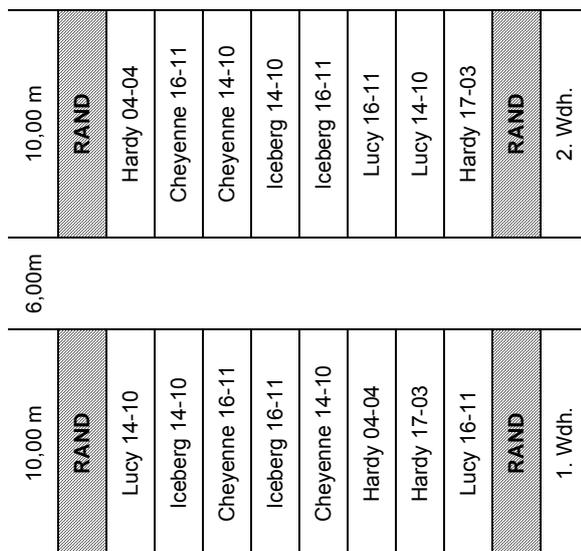
Legende: Saush. = Sausheim, Els. = Elsenheim.

7.5.2 Wintererbse

7.5.2.1 Sortenwahl und Saattermin (D-Heitersheim, 2004/05)



2004/05



Rand = Wintersorte, 1. Saattermin
Zwischenräume mit Hafer begrünt

Abb. 73: Parzellenpläne Wintererbsen D-2003/04 und 2004/05

Tab. 111: Terminübersicht der Feldarbeiten in Wintererbsen, D-2003/04 und 2004/05

Datum	Maßnahmen	Anmerkungen
14.10.03	Aussaat	Frühe Winterung
12.11.03	Aussaat	Späte Winterung
21.02.04	Striegeln	Winterungen
04.03.04	Aussaat	Frühe Sommerung (rel. feuchte Saatbedingungen)
20.03.04	Blindstriegeln	
01.04.04	Aussaat	Späte Sommerung
10.04.04	Blindstriegeln	
15.04.04	Hacken	Winterungen
27.04.04	Striegeln	Sommerungen
10.05.04	Hacken	
18.05.04	Hacken	Späte Sommerung
10.06.04	Spritzen	Herba Vetyl gegen Blattläuse (935 ml Pyrethrum / ha)
06.07.04	Ernte	
14.10.04	Aussaat	Frühe Winterung (rel. feuchte Saatbedingungen)
14.10.04	Düngung	50 kg P ₂ O ₅ /ha (Gafsa 27)
25.10.04		60 kg K ₂ O/ha (Patentkali)
16.11.04	Aussaat	Späte Winterung
17.03.05	Aussaat	Frühe Sommerung
04.04.05	Aussaat	Späte Sommerung
04.04.05	Hacken	Winterungen
28.04.05	Disteln jäten	1./2. Wdh.
10.05.05	Hacken + Striegeln	Späte Sommerung
20.05.05	Scheiteln + Hacken	Frühe Sommerung (erst nach Scheiteln möglich)
29.06.05	Ernte	

7.5.2.2 Sortenwahl (F-Sausheim und F-Elsenheim, 2004/05)

Parzellenplan s. Kap. 7.5.1.2

Tab. 112: Entwicklungsstadien der Erbsen, F-Elsenheim 2005

Ort	Typ	Saat	Auflauf	Blühbeginn	Blühende	Reife	Ernte
Elsenheim	Winter	16.11.04	15.12.04 bis 03.03.05	10.05.05	20.06.05	27.06.05	05.07.04
	Sommer	18.03.05	05.04.05	27.05.05	27.06.05	05.07.04	13.07.04
	Differenz			17 Tage	7 Tage	8 Tage	8 Tage

Legende: * = Termine von Blühbeginn und Reife der frühesten Sorte, wobei

- die Wintersorte CHEYENNE früher ist als die andere Sorte LUCY,

- die Sommersorte HARDY früher ist als die andere Sorte Nirouche

Tab. 113: Ergebnisse von Sommer- und Wintererbsen, F-Elsenheim 2005

Typ	Sorten	ungefähre Saatstärke (K./m ²)	Bestandesdichte im Frühjahr (Pfl./m ²)	Gesamtverlust-rate (%)	Höhe bei Blühbeginn (cm)	Höhe bei Blühende (cm)	Höhe vor der Ernte (cm)	Anteil Lager bei der Ernte (%)	Ertrag bei 86% TS) (dt/ha)	Besatz (%)	Erntefeuchte (%)	TKM (b. 86% TM) (g)
	<i>Psorte</i>		0.03648		0.00002	0.07185			0.00964	0.31153	0.03325	0.00001
	<i>Pblock</i>		0.18369		0.27721	0.40085			0.04709	0.99	0.22652	0.20119
H	Cheyenne	129	69 <i>b</i>	47	47 <i>b</i>	54	25	50	42 <i>b</i>	7	18 <i>a</i>	212 <i>d</i>
H	Lucy	140	79 <i>ab</i>	44	44 <i>b</i>	44	25	68	41 <i>b</i>	7	18 <i>a</i>	180 <i>c</i>
P	Hardy	100	96 <i>a</i>	4	80 <i>a</i>	61	43	73	53 <i>a</i>	4	16 <i>b</i>	236 <i>b</i>
P	Nitouche	102	80 <i>ab</i>	22	79 <i>a</i>	64	58	0	44 <i>b</i>	5	17 <i>ab</i>	281 <i>a</i>
H	Apache	127	73	43	46	45		45				
H	Cherokee	132	106	20	45	51		5				
H	Dove	120	49	59	46	43		75				

Legende:

Typ: W = Winter, S = Sommer

Psorte = Irrtumswahrscheinlichkeit bezüglich eines Sorteneffekts nach Varianzanalyse der Daten von den 4 Sorten

a, b, c... = Ergebnisse des Newman-Keuls-Tests, sofern eine Sorteneinfluss besteht

Tab. 114: Vergleich der Ertragskomponenten von Erbsen nach Standort und Versuchsjahr

Typ	Sorte	Bestandesdichte Frühjahr (Pfl./m ²)			Körner/Pflanze			TKM (g)			Nettoertrag (86% Feuchte) (dt/ha)		
		Saush 04	Els 04	Els 05	Saush 04	Els 04	Els 05	Saush 04	Els 04	Els 05	Saush 04	Els 04	Els 05
W	CHEYENNE	78	77	69	23.1	21.8	29.2	186	187	212	33	32	42
W	LUCY	58	60	79	35.7	33.9	29.0	156	157	180	32	32	41
S	HARDY	81	85	96	7.1	10.4	23.3	241	238	236	14	21	53
S	NITOUCHE	60	78	80	4.7	11.5	19.7	245	250	281	7	22	44
	Mittel	69	75	81	17.7	19.4	25.3	207	208	227	22	27	45

Legende: Saush. = Sausheim, Els. = Elsenheim.

7.5.3 Winterlupine

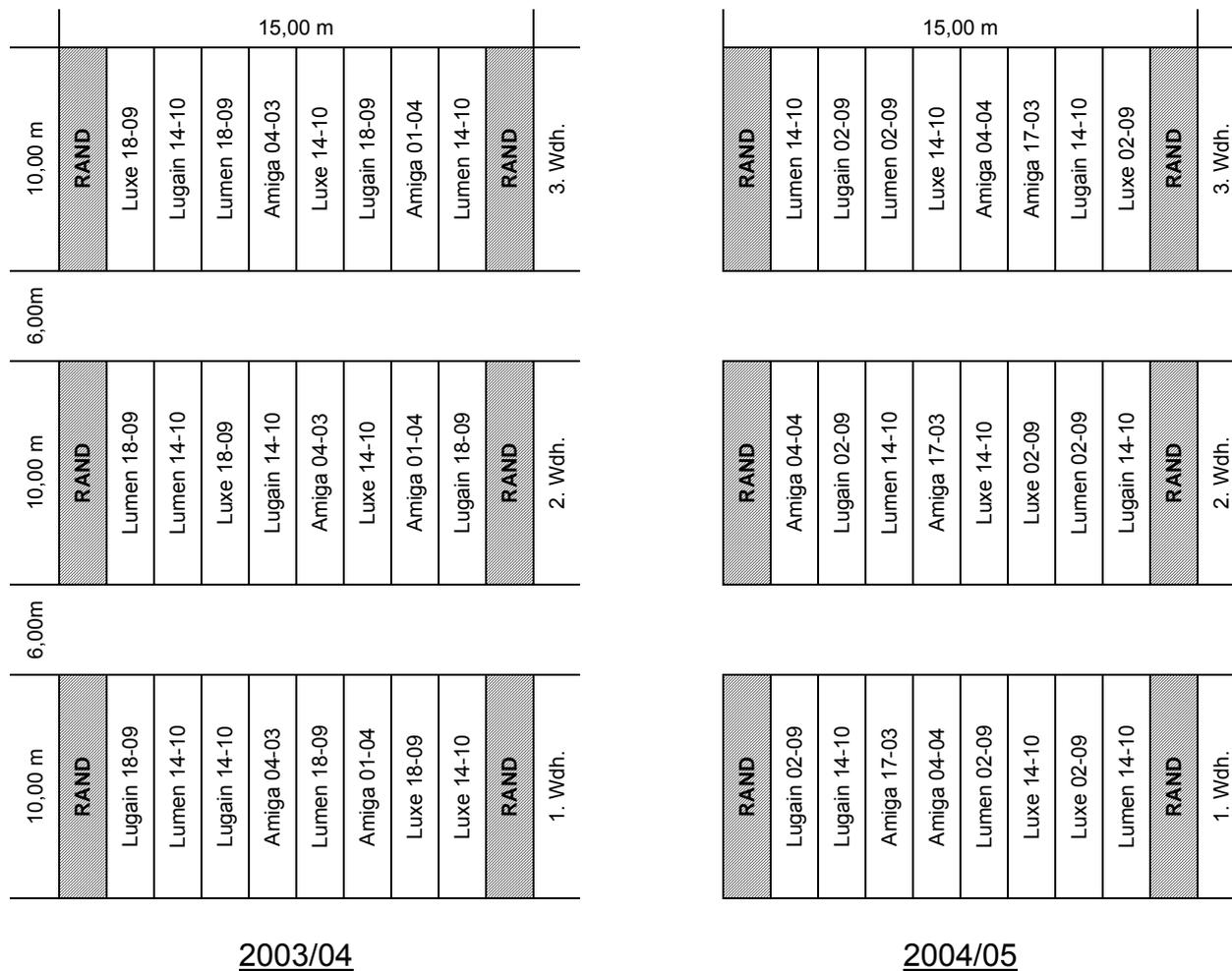
7.5.3.1 Tastversuch (CH-Möhlin, 2003)

keine weiteren Angaben

7.5.3.2 Sortenwahl, Saatkichte und Saattiefe (CH-Reckenholz, 2004)

keine weiteren Angaben

7.5.3.3 Sortenwahl und Saattermin (D-Heitersheim, 2004/05)



Rand = Wintersorte, 1. Saattermin
Zwischenräume mit Hafer begrünt

Abb. 74: Parzellenpläne Winterlupinen D-2003/04 und 2004/05

Tab. 115: Terminübersicht der Feldarbeiten in Winterlupinen, D-2003/04 und 2004/05

Datum	Maßnahmen	Anmerkungen
18.09.03	Aussaat	Frühe Winterung (Saatbett trocken, grobschollig, verhärtet)
20.09.03	Walzen	Cambridge-Walze, um Kluten zu zerkleinern und Bodenschluss zu verbessern
14.10.03	Aussaat	Späte Winterung
21.02.04	Striegeln	Winterungen
04.03.04	Aussaat	Frühe Sommerung (rel. feuchte Saatbedingungen)
20.03.04	Blindstriegeln	
01.04.04	Aussaat	Späte Sommerung
10.04.04	Blindstriegeln	
16.04.04	Hacken	Winterungen
27.04.04	Striegeln	Sommerungen
04.05.04	Hacken	Winterungen
11.05.04	Jäten von Hand	vorwiegend Herbstkeimer, große Einzelpflanzen

10.05.04		
18.05.04	Hacken	Sommerungen
25.05.04		
07.06.04		
18.05.04	Vergällungsmittel gegen Hasenfraß	mit Arbin getränkte Lappen an Holzstecken
04.06.04		
05.08.04	Ernte	alle Varianten
02.09.04	Aussaat	Frühe Winterung (Boden trocken und verhärtet)
03.09.04	Walzen	leichte Walze, um Bodenschluss zu verbessern
14.10.04	Aussaat	Späte Winterung
14.10.04	Düngung	50 kg P ₂ O ₅ /ha (Gafsa 27)
25.10.04		60 kg K ₂ O/ha (Patentkali)
25.10.04	Jäten	Ackerkratzdistel
17.03.05	Aussaat	Frühe Sommerung
04.04.05	Aussaat	Späte Sommerung
04.04.05	Hacken	Winterungen
28.04.05	Jäten	Ackerkratzdistel
10.05.05	Hacken	alle Varianten bis auf Lumen und Lugain bei früher Saat (Reihen bereits geschlossen)
03.06.05	Hacken	Sommerungen
16.07.05	Beregnen	20 mm
27.07.05	Ernte	Lumen + Lugain
12.08.05		Luxe + Amiga

7.5.3.4 Sortenwahl (F-Sausheim/Elsenheim 2004 und F-Ensisheim/Elsenheim, 2005)

keine weiteren Angaben

7.6 Versuche zur Bekämpfung der Lupinen-Anthraknose

7.6.1 Fungizidversuch in der Schweiz 2002

keine weiteren Angaben

7.6.2 Feldversuche zu Saatgut- und Blattbehandlung

7.6.2.1 Saatgut- und Blattbehandlungen, CH-Reckenholz, 2002 - 2004

keine weiteren Angaben

7.6.2.2 Sortenwahl und Saatgutbehandlung (D-Buggingen, 2003)

Parzellenplan s. Kap. 7.4.2.2 (Sorten und Saatgutbehandlung innerhalb eines Teilblockes jeweils vollständig randomisiert)

7.7 Stickstoffdynamik nach der Ernte von Körnerleguminosen

7.7.1 N-Rückstände im Stroh nach verschiedenen Kulturen

keine weiteren Angaben

7.7.2 N_{\min} -Dynamik im Boden

7.7.2.1 Vergleich zwischen Kulturen sowie Winter- und Sommerformen (D-Buggingen, 2003/05, D-Heitersheim, 2004-05)

keine weiteren Angaben

7.7.2.2 Vergleich zwischen Kulturen sowie Winter- und Sommerformen (F-Sausheim und F-Eisenheim, 2004)

BURNS-Modell (ARAA, 1999 & 2004)

Im Jahr 1975 präsentierte BURNS ein Modell zur Berechnung eines Index der Auswaschungsgefahr über Winter (F). Das Modell soll den Nitrataustrag aus dem Boden mit dem Sickerwasser beschreiben. Das Modell verlangt quantitative Angaben zu folgenden Größen:

- Wasservolumen bei Feldkapazität (V_m); gibt die maximale Wasserhaltekapazität des Bodens nach Abtrocknung der Oberfläche an.
- Abschätzung der Dränwasserzone (d); wird berechnet aus der Wasserbilanz unter Berücksichtigung von Niederschlägen (P), Evapotranspiration (ETM) und dem Stand der Bodenwasservorräte (RU).

Die an die Verhältnisse im Elsass angepasste BURNS-Gleichung lautet wie folgt:

$$F (\%) = (d / (d + V_m/10))^{h/2} \times 100 = ((P-ETM-RFU)/(P-ETM-RFU + V_m/10))^{h/2} \times 100$$

Dabei ist:

F = Anteil des ausgewaschenen Nitratstickstoffs in %).

$P-ETM-RFU = P-ETM- 2/3RFU$ = Abschätzung der Dränwasserzunge (d), ausgedrückt in mm und berechnet zwischen dem 1. Oktober und dem 31. März. Sie hängt über den Vorrat an pflanzenverfügbarem Wasser vom Bodentyp ab, vom Witterungsverlauf und der Bodennutzung über den Ausdruck $P-ETM$.

V_m = Wasservolumen bei Feldkapazität (d.h. das Feuchtgewicht bei Feldkapazität multipliziert mit der Rohdichte des Bodens), bezogen auf die Bodenschicht h , in %. Sie hängt vom Bodentyp ab.

h = Bodentiefe (in cm), von der angenommen wird, dass sie von Kulturpflanzen durchwurzelbar ist und unterhalb derer kein Nitrat mehr von einer Kultur aufgenommen werden kann.

Daten der Bodenbeprobung zur Ermittlung der Nitratgehalte

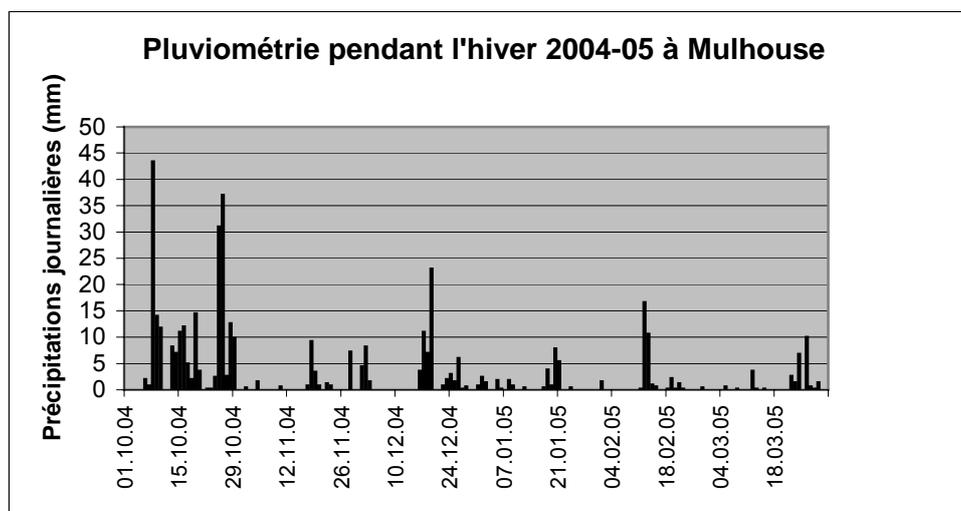
Elsenheim	S-Ackerbohne	Divine 1	07.09.2004	29.11.2004	
Elsenheim	Winter-Erbse	Lucy 1	02.08.2004	01.12.2004	23.03.2005
Elsenheim	Sommer-Erbse	Hardy 1	02.08.2004	01.12.2004	
Elsenheim	Demonstration W-Ackerbohne	Ackerbohne A (Karl)	07.09.2004	01.12.2004	23.03.2005
Sausheim	Lupine	Amiga 2	08.09.2004	08.12.2004	22.03.2005
Sausheim	W-Ackerbohne	Karl 2	02.08.2004	08.12.2004	
Sausheim	Winter-Erbse	Lucy 2	19.07.2004	08.12.2004	22.03.2005
Sausheim	Sommer-Erbse	Hardy 1	02.08.2004	08.12.2004	

Legende: W = Winter, S = Sommer

Gemessene Nitratgehalte in Abhängigkeit von Standort, Termin und Bodenhorizont:

Ort	vorausgehender Versuch Art	Exakte Parzelle (Sorte und Block)	Horizonte (cm)	NO ₃ (kg N /ha)		
				Nach der Ernte	Beginn des Winters	Ende des Winters
Elsenheim	Lupine	Amiga 2	0-30	5	41	25
			30-60	2	29	16
			60-85		18	7
Elsenheim	W-Ackerbohne	Diva 1	0-30	13	52	35
			30-60	31	47	23
			60-90			17
Elsenheim	S-Ackerbohne	Divine 1	0-30	13	70	
Elsenheim	Winter-Erbse	Lucy 1	0-30	59	73	62
			30-60	28	52	43
			60-85		45	19
Elsenheim	Sommer-Erbse	Hardy 1	0-30	46	83	
			30-60	29	80	
			60-85		70	
Elsenheim	Demonstration von Winter-Ackerbohne	Ackerbohne A (Karl)	0-30	28	55	42
			30-60	25	56	28
			60-90		34	13
Sausheim	Lupine	Amiga 2	0-30	8	12	17
			30-60	4	13	12
						11
Sausheim	Winter-Ackerbohne	Karl 2	0-30	11	25	
			30-50	6	24	
Sausheim	Winter-Erbse	Lucy 2	0-30	16	36	36
			30-60	2	27	22
						24
Sausheim	Sommer-Erbse	Hardy 1	0-30	13	27	
			30-60	5	23	

Niederschläge im Winter 2004/05 in Mühlhausen



(nahe bei Sausheim, wo die Nitratgehalte nach Erbsen und Lupinen gemessen wurden)

7.8 Literatur

ABD-ALLA, M.H., 1999. *Nodulation and nitrogen fixation of Lupinus species with Bradyrhizobium (lupin) strains in iron-deficient soil*. Biology and Fertility of Soils 28, S. 407-415.

AEP (2005) – EUROPEAN ASSOCIATION FOR GRAIN LEGUME RESEARCH
www.grainlegumes.com (22.08.2005)

Angaben nach: Union Nationale Interprofessionnelle des Plantes riches en Protéines, France

ALTER AGRI (2003), *Intérêts des associations céréales-protéagineux*, n°58 (mars-avril), p 10-11.

ARAA (1999) : *Guide des sols d'Alsace - Petite région naturelle Plaine Sud-Alsace, un guide pour l'identification des sols et leur valorisation agronomique*, 183 p.

ARAA (2004) : *Guide des sols d'Alsace – Petite région naturelle n°8 Plaine Centre-Alsace, un guide pour l'identification des sols et leur valorisation agronomique*, 216 p.

ARVALIS (2004) : *Variétés de protéagineux 2004*.

BORDENAVE (2002), *Contribution au développement des cultures protéagineuses en agriculture biologique*, ITAB, 25 p.

BRAND, J.D., TANG, C. UND A.J. RARTHJEN, 1999. *Adaptation of Lupinus angustifolius L. and L. pilosus Murr. to calcareous soils*. Australian Journal of Agricultural Research 50, S. 1027-1033.

BÜTTNER, C., GOSSMANN M. UND U. FEILER, 2000. *Entwicklung einer Schnellmethode zur Bestimmung des Erregers der Anthraknose und von Strategien zu deren Bekämpfung bei Lupinen*. Teilprojekt: Humboldt- Universität zu Berlin, ÖE 109/99 HS, Abschlussbericht unveröffentlicht.

CLEMENTS, J.C., WHITE, P.F. UND B.J. BUIRCHELL, 1993. *The root morphology of Lupinus angustifolius in relation to other Lupinus species*. Australian Journal of Agricultural Research 44, S. 1367-1375.

CORNEC (2003) : *Nourrir les porcs et les volailles avec les protéagineux*, ARVALIS – Institut du Végétal, 6 p.

COWLING, W.A. UND J.C. CLEMENTS, 1993. *Association between collection site soil-ph and chlorosis in Lupinus angustifolius induced by a fine-textured, alkaline soil*. Australian Journal of Agricultural Research 44, S. 1821-1836.

CROWLEY, J.G., 2001: *Field Performance of Winter Lupins*. Crops Research Centre, Oak Park, Carlow. ISBN 1 84170241 2.

DIERAUER, H.-U.; STÖPPLER-ZIMMER, H. (1994): *Unkrautregulierung ohne Chemie*. Stuttgart, Ulmer.

DITTMANN, B., 1998. *Anthraknosebekämpfung bei Lupinen, erste Versuchsergebnisse*. Raps 16 (4), S. 152-154.

FEILER, U.; NIRENBERG, H. I. (2004): *Anthraknose an Lupine - Teil 1: Colletotrichum-Befallsbilder bei den drei landwirtschaftlich wichtigen Lupinearten Lupinus albus, L. angustifolius und L. luteus*. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 56 (1), S. 1-8.

- FEILER, U., 2002. *Description of Colletotrichum lupini comb. nov. in modern terms*. Mycologia 94 (2), S. 307 – 320.
- FIBL (FORSCHUNGSINSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU), 2003. *Die Amerikanische Sternhacke (Rotorhacke) eine Alternative für die mech. Unkrautregulierung auf dem Bio-Betrieb?* FiBL-Beratungsprojekt, 26.11.2003, Frick (Schweiz).
- FRICK, C. UND T. HEBEISEN, 2002. *Schlussbericht „Anbau- und Verwertungsstrategien für Süßlupinen im ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung des N-Haushalts“ (Schweizerischer Projektbeitrag)*, Interreg-Projekt No. 2/63/ITADA 2.2.
- FRICK, C., HEBEISEN T. UND R. CHARLES. 2005. *Liste der empfohlenen Sorten für schmalblättrige und weisse Lupinen für die Ernte 2005*. Agrarforschung 12(1) Beilage.
- GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER LUPINE, 2003. *Lupinen - Verwertung und Anbau*.
- GISI, U., SCHENKER, R., SCHULIN, R., STADELMANN, F.X. UND H. STICHER, 1997. *Bodenökologie*. Stuttgart New York, Georg Thieme Verlag.
- HAGSTROM, J., JAMES, W.M. UND K.R. SKENE, 2001. *A comparison of structure, development and function in cluster roots of Lupinus albus L. under phosphate and iron stress*. Plant and Soil 232, S. 81-90.
- HERRMANN, G.; PLAKOLM, G., 1991: *Ökologischer Landbau - Grundwissen für die Praxis*. Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- HOFFMANN, G. (1991). *Die Untersuchung von Böden*. Methodenbuch, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 4. neubearbeitete Auflage.
- ITAB (2003), *Les associations à base de triticales-pois fourrager en agriculture biologique*, Fiche TECHN'ITAB, 4 p.
- ITADA (1999) : *Dynamique et gestion de l'azote dans les rotations culturales d'exploitations biologiques sans ou pauvres en élevage*, 109 p.
- KERLEY, S.J. UND C. HUYGHE, 2001. *Comparison of acid and alkaline soil and liquid culture growth systems for studies of shoot and root characteristics of white Lupin (Lupinus albus L.) genotypes*. Plant and Soil 236, S. 275-286.
- KERLEY, S.J. UND C. HUYGHE, 2002. *Stress-induced changes in the root architecture of white Lupin (Lupinus albus) in response to pH, bicarbonate and calcium in liquid culture*. Annals of Applied Biology 141, S. 171-181.
- KERLEY, S.J., 2000. *The effect of soil liming on shoot development, root growth, and cluster root activity of white Lupin*. Biology and Fertility of Soils 32, S. 94-101.
- KERLEY, S.J., NORGAARD, C., LEACH, J.E., CHRISTIANSEN, J.L., HUYGHE, C. UND P. RÖMER, 2002. *The development of potential screens based on shoot calcium and ion concentrations for the evaluation of tolerance in Egyptian genotypes of white Lupin (Lupinus albus L.) to limed soils*. Annals of Botany 89, S. 341-349.
- KERLEY, S.J., SHIELD, I.F. UND C. HUYGHE, 2001. *Specific and genotypic variation in the nutrient content of Lupin species in soils of neutral and alkaline pH*. Australian Journal of Agricultural Research 52, S. 93-102.

- LAURENT ET AL (1998) : *Le pois dans la rotation – Comment maîtriser le risque nitrates ?* Perspectives agricoles n°240 (novembre), p 50-56.
- LIU, A. UND C. TANG, 1999a. *Comparative performance of Lupinus albus genotypes in response to soil alkalinity*. Australian Journal of Agricultural Research 50, S. 1435-1442.
- LIU, A. UND C. TANG, 1999b. *Responses of two genotypes of Lupinus albus L. to zinc application on an alkaline soil*. Journal of Plant Nutrition 22, S. 467-477.
- MLR (2001) – MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LÄNDLICHEN RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG (HRSG.). *Landwirtschaftliche Betriebsverhältnisse und Buchführungsergebnisse – Wirtschaftsjahr 2000/01*.
- PARSCHE, F., 1940. *Über die Kalkchlorose der Lupine II*. Bodenkunde und Pflanzenernährung 64, S. 55-80.
- PEITER, E., YAN, F. UND S. SCHUBERT, 2000. *Are mineral nutrients a critical factor for lime intolerance of Lupins?* Journal of Plant Nutrition 23, S. 617-635.
- PEITER, E., YAN, F. UND S. SCHUBERT, 2001a. *Proteoid root formation of Lupinus albus L. is triggered by high pH of the root medium*. Journal of Applied Botany 75, S. 50-52.
- PEITER, E., YAN, F. UND S. SCHUBERT, 2001b. *Lime-induced growth depression in Lupinus species: are soil pH and bicarbonate involved?* Journal of Plant Nutrition and Soil Science 164, S. 165-172.
- RAZA, S., JORNSGARD, B., ABOU-TALEB, H. UND J.L. CHRISTIANSEN, 2001. *Tolerance of Bradyrhizobium sp. (Lupini) strains to salinity, pH, CaCO₃ and antibiotics*. Letters in Applied Microbiology 32, S. 379-383.
- RÖMER, P., 1998. *Anthracoze 1997: Bestandsaufnahme und Lösungsansätze*. In: Wink M. (Hrsg.). *Lupinen in Forschung und Praxis*. 99-115. Verlag M. Rheinheimer. Ludwigshafen.
- RÖMER, P., 2000. *Bekämpfung der Anthracnose bei Lupinen*. ufop-Praxisinformation. Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen, Bonn.
- SCHAUB, *Fiche associations céréales-protéagineux*, Guide de désherbage en Grandes Cultures Bio., SUAD 67, p 72-74.
- SHIELD, I.F., SCHOTT T., STEVENSON H.J. LEACH J.E. AND A.D. TODD, 2000. *The causes of over-winter plant losses of autumn-sown white lupins (Lupinus albus) in different regions of the UK over three seasons*. Journal of Agricultural Science, 135, S. 173-183. Cambridge.
- TANG, C. UND A.D. ROBSON, 1995. *Nodulation failure is important in the poor growth of 2 Lupin species on an alkaline Soil*. Australian Journal of Experimental Agriculture 35, S. 87-91.
- TANG, C. UND A.D. ROBSON, 1998. *Correlation between soil pH of collection site and the tolerance of wild genotypes of Lupinus angustifolius L. to neutral pH*. Australian Journal of Experimental Agriculture 38, S. 355-362.
- TANG, C., ADAMS, H., LONGNECKER, N.E. UND A.D. ROBSON, 1996. *A method to identify Lupin species tolerant of alkaline Soils*. Australian Journal of Experimental Agriculture 36, S. 595-601.
- TANG, C., BUIRCHELL, B.J., LONGNECKER, N.E. UND A.D. ROBSON, 1993c. *Variation in the growth of Lupin species and genotypes on alkaline soil*. Plant and Soil 156, S. 513-516.

-
- TANG, C., COBLEY, B.T., MOKHTARA, S., WILSON, C.E. UND H. GREENWAY, 1993a. *High pH in the nutrient solution impairs water-uptake in Lupinus angustifolius L.* Plant and Soil 156, S. 517-519.
- TANG, C., ROBSON, A.D. UND H. ADAMS, 1995. *High Ca is not the primary factor in poor growth of Lupinus angustifolius L in high pH soil.* Australian Journal of Agricultural Research 46, S. 1051-1062.
- TANG, C., ROBSON, A.D., LONGNECKER, N.E. UND H. GREENWAY, 1993b. *Physiological responses of Lupin roots to high pH.* Plant and Soil 156, S. 509-512.
- TANG, C.X. UND A.D. ROBSON, 1993a. *pH above 6.0 reduces nodulation in Lupinus species.* Plant and Soil 152, S. 269-276.
- TANG, C.X. UND A.D. ROBSON, 1993b. *Lupinus species differ in their requirements for iron.* Plant and Soil 157, S. 11-18.
- TANG, C.X., LONGNECKER, N.E., THOMSON, C.J., GREENWAY, H. UND A.D. ROBSON, 1992. *Lupin (Lupinus angustifolius L) and Pea (Pisum sativum L) roots differ in their sensitivity to pH above 6.0.* Journal of Plant Physiology 140, S. 715-719.
- TIEDEMANN V., A., AMELUNG D. UND K. OLLENDORF, 2001. *Entwicklung von Strategien zur Anthraknose-Bekämpfung bei der Lupine.* Verbundprojekt Untersuchungen zur Anthraknose der Lupine, Teilprojekt Universität Rostock ÖE 108/99HS, Abschlussbericht unveröffentlicht.
- WATT, M. UND J.R. EVANS, 1999. *Proteoid roots - physiology and development.* Plant Physiology 121, S. 317-323.