



„Tierwohl – durch innovatives Fütterungskonzept beim Schwein“

Anbau und Verwertung von heimischen Körnerleguminosen und Faserfüttermitteln mit Praxistest in der Schweinefütterung

Abschlussbericht

für die Europäische Innovationspartnerschaft Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit (EIP Agri)

> Herausgeber / Technische Hochschule Bingen | Berlinstraße 109, 55411 Bingen | www.th-bingen.de

> Autor / Dr. Anne Winkler, Prof. Dr. Georg Dusel

02.09.2020

Ein Projekt gefördert durch den Europäischen Landwirtschaftsfond für die Entwicklung des ländlichen Raumes (ELER): Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete, im Rahmen des Entwicklungsprogrammes „Umweltmaßnahmen, Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft, Ernährung“ (EULLE), mitfinanziert durch Bund und Land im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“, Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau, Rheinland-Pfalz.



Dieses Angebot wird im Rahmen des Entwicklungsprogramms EULLE unter Beteiligung der Europäischen Union und des Landes Rheinland-Pfalz, vertreten durch das Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau

EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete.



Impressum

Hauptverantwortlicher der OG

Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz
Lead-Partner
Ansprechpartner: Abteilungsleiter Wilhelm Zimmerlin
Burgenlandstraße 7
55543 Bad Kreuznach
Tel.: 0671-793 1130
E-Mail: wilhelm.zimmerlin@lwk-rlp.de
Internet: www.lwk-rlp.de

Abschlussbericht

Technische Hochschule Bingen
Ansprechpartner: Prof. Georg Dusel
Berlinstr. 109
55411 Bingen am Rhein
Tel.: 06721-409 180
E-Mail: g.dusel@th-bingen.de

Für die Förderung zuständiges Ministerium

Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau
Referate 8607 und 8608
Stiftstraße 9
55116 Mainz
E-Mail: eulle@mwwlvw.rlp.de
Internet: www.eler-eulle.rlp.de

Abstract

Die derzeitige monogastrische Nutztierfütterung und deren Fütterungsstrategien, besonders im Hinblick auf die Verwendung geeigneter Proteinträger und eine adäquate Rohfaserversorgung, sollten überprüft und ein möglichst regionaler und ressourcensparender Anbau von Eiweißpflanzen für die Schweinefütterung untersucht werden.

Daher wurden in den Versuchsjahren 2017 und 2018 verschiedene Sorten von Körnerleguminosen (Ackerbohnen, Erbsen, Blaue und Weiße Lupine) in Kleinparzellenfeldversuchen mit und ohne Zusatzbewässerung am Standort Bingen geprüft. Es zeigte sich trotz des sehr warmen Sommers 2018, dass die Ackerbohnen ein hohes Ertragspotential besitzen, obwohl diese als hitzeempfindlich gelten. Auch die Körnererbsen waren in beiden Versuchsjahren recht trocken tolerant. Der Ertragsabstand zu der bewässerten Variante war im Vergleich zu den anderen Arten deutlich geringer. Im Jahr 2018 zeigte sich Ähnliches bei der Weißen Lupine (in Jahr 2017 war die Prüfung der Weißen Lupine technisch nicht optimal). Auch hier war der Ertragsverlust in Relation zur bewässerten Varianten im Vergleich zu den Ackerbohnen und Blauen Lupine deutlich geringer. Aufgrund des hohen Rohprotein-, des Rohfaser- und des Rohfettanteils könnten die Weißen Lupinen eine interessante Alternative zu den Erbsen an trocken-warmen Standorten darstellen. Um Körnerleguminosen als alternative Proteinquelle bei Schweinen einsetzen zu können, erfolgte die Bestimmung der futterrelevanten Inhaltsstoffe, welche ein hohes Potenzial aufwiesen. Anschließend wurden die Ernteproben im Vergleich zu GMO-Sojaprodukten in Verdaulichkeitsstudien auf ihre Verdaulichkeit hin getestet, wobei die Rohnährstoffe ähnlich gut verdaut wurden und somit diese eine gute alternative Proteinquelle im Austausch gegen GMO-Soja darstellt. Um zu prüfen, ob der Einsatz von heimisch angebauten Leguminosen zu gleichen Masterergebnissen bei Schweinen in der Endmast und zu ähnlichen Wurfgewichten, Wurfzunahmen und Futteraufnahmen bei der Sau führt, wurden zum einen ein Leistungsversuch beim Schwein und ein Fütterungsversuch bei Sauen durchgeführt. Durch Einsatz von sowohl heimischen Körnerleguminosen als auch non-food-Futtermitteln verglichen mit konventionellem GMO-Sojaextraktionsschrot in der Futtermittelfütterung von Mastschweinen konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Leistungsparameter und Schlachtparameter bei Mittel-Endmastschweinen verifiziert werden. Auch durch die Verfütterung von GMO-freien Leguminosen an Sauen verglichen mit GMO-Sojaprodukten wurden keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Wurfgewichte, Wurfzunahmen und Futteraufnahmen der Sauen ermittelt, was auf eine gute Alternative Proteinquelle hinweist.

Die Versorgung und die Fütterung von Nutztieren stellen auch hohe Anforderungen an die Qualität und die Eigenschaften der verschiedenen Futtermittel, welche bisher nur über den Rohfasergehalt bestimmt wurde. Um jedoch die jeweiligen Eigenschaften der Futtermittel in der Praxis besser differenzieren und beurteilen zu können, wurden in Laborversuchen 28 rohfaserreiche Futtermittel in Bezug auf Extraktviskosität, Wasserbindekapazität und Quellvermögen untersucht. Eine anschließende Verdaulichkeitsstudie mit geeigneten Faserträgern, welche basierend auf den zuvor ermittelten Laborergebnissen bezüglich ihrer physikalischen Eigenschaften (Quellfähigkeit, Viskosität, Wasserbindekapazität, Rohnährstoffgehalte) ausgewählt wurden, konnte eine verbesserte Faserverdaulichkeit im Vergleich zur Kontrollvariante nachweisen. Zudem konnten in Fütterungsversuchen mit besser geeigneten quellfähigen Faserträgern bei der Sau keine negativen Effekte auf Kotkonsistenz, Trächtigkeit und den Geburtsverlauf festgestellt werden. Des Weiteren konnten durch Fütterung unterschiedlicher Faserfuttermittel, welche sich bezüglich ihrer physikalischen Eigenschaften (Quellfähigkeit, Viskosität, Wasserbindekapazität, Rohnährstoffgehalte) unterschieden, im Rahmen einer Studie zum Verhalten von Sauen, die Anzahl an „Interaktionen“ und „Kämpfe“ der Sauen während der Fresszeit von 3 h numerisch reduziert werden.

Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	3
1. Arbeitspakete Leguminosen	10
1.1 Arbeitspaket Legu1: Vorbereitung/Vor-Versuche (Methodik).....	10
1.2 Arbeitspaket Legu2a): Anbauversuch 2017 (Pflanze) – Sortenscreening	10
1.2 Arbeitspaket Legu2a): Einleitung	10
1.2.1 Arbeitspaket Legu2a): Anbaujahr 2017 - Material und Methodik	10
1.2.2 Arbeitspaket Legu2a): Anbaujahr 2017 - Ergebnisse	14
1.2.3 Arbeitspaket Legu2a): Anbaujahr 2017 - Zusammenfassung	23
1.3 Arbeitspaket Legu2b): Anbauversuch 2018 (Pflanze) - Sortenscreening	24
1.3.1 Arbeitspaket Legu2b): Anbaujahr 2018 – Material und Methodik	24
1.3.2 Arbeitspaket 2b): Anbaujahr 2018 – Ergebnisse.....	27
1.3.3 Arbeitspaket Legu2b): Anbaujahr 2017 & 2018.....	40
1.4 Arbeitspaket Legu3: Analyse futterrelevanter Inhaltsstoffe – Sortenscreening.....	41
1.4.1 Arbeitspaket Legu3: Material und Methodik.....	41
1.4.2 Arbeitspaket Legu3: Ergebnisse und Zusammenfassung.....	41
1.5 Arbeitspaket Legu4: tierexperimentelle Studie – Verdaulichkeit (Nährstoffe).....	42
1.5.1 Arbeitspaket Legu4: Einleitung.....	42
1.5.2 Arbeitspaket Legu4: Material und Methodik.....	43
1.5.3 Arbeitspaket Legu4: Ergebnisse und Diskussion.....	44
1.5.4 Arbeitspaket Legu4: Fazit.....	45
1.6 Arbeitspaket Legu5: tierexperimentelle Studie – Fütterungsversuch Mastschwein (Leguminosen vs. Soja)	45
1.6.1 Arbeitspaket Legu5: Material und Methodik.....	45
1.6.2 Arbeitspaket Legu5: Ergebnisse und Diskussion.....	47
1.6.3 Arbeitspaket Legu5: Fazit.....	48
1.7 Arbeitspaket Legu6: Praxisversuch Sauen (Sauenfütterung basierend auf Leguminosen und ausgewählten Faserfraktionen – ohne Sojaextraktionsschrot)	48
1.7.1 Arbeitspaket Legu6: Material und Methoden.....	48
1.7.2 Arbeitspaket Legu6: Ergebnisse und Fazit	50
2. Arbeitspakete Faserfraktionen.....	52
2.1 Arbeitspaket Faser1: Vorbereitung/ Vor-Versuche (Methodik).....	52
2.2 Arbeitspaket Faser2a): Rohstoffanalysen für Faserfraktionen	52
2.2.1 Arbeitspaket Faser2a): Material und Methodik	52
2.2.2 Arbeitspaket Faser2a): Ergebnisse und Diskussion	53
2.3 Arbeitspaket Faser2b): Methodenentwicklung	55
2.3.1 Arbeitspaket Faser2b): Material und Methodik	55

Inhaltsverzeichnis

2.4	Arbeitspaket Faser3: Untersuchung zur Transitzeit bei unterschiedlichen Faserfraktionen.....	57
2.4.1	Arbeitspaket Faser3: Material und Methodik	57
2.4.2	Arbeitspaket Faser3: Ergebnisse und Diskussion.....	60
2.5	Arbeitspaket Faser4: Untersuchung von Faserfuttermitteln in der Sauenfütterung - Wartestall.....	60
2.5.1	Arbeitspaket Faser4: Material und Methodik	61
2.5.2	Arbeitspaket Faser4: Ergebnisse und Diskussion.....	61
2.6	Arbeitspaket Faser5: Untersuchung von Faserfuttermitteln in der Sauenfütterung – Abferkelstall	63
2.7	Arbeitspaket Faser6: Untersuchung von Faserfuttermitteln in der Ferkel-/ Mastschweinefütterung	63
2.7.1	Arbeitspaket Faser6: Material und Methodik.....	64
2.7.2	Arbeitspaket Faser6: Ergebnisse und Diskussion.....	65
	Anhang 1: Publikation 1: “Fibre supply for breeding sows and its effects on social behaviour in groupoused sows and performance during lactation”	67
	Anhang 2: Publikation 2 “Influence of Dietary Fiber on the Development of the Gastrointestinal Tract and the Performance of Gilts”	68

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Sorten und Saatstärken der großen Körnerleguminosen im Kleinparzellenversuch am Standort Bingen im Jahr 2017 (Saatstärke in Körnern/m ²).....	11
Tabelle 2: Durchschnittliche Parameterhöhe bei verschiedenen Körnerleguminosen in der Variante mit Bewässerung und relative Höhe in Bezug zum Sortenmittel je Art ohne Bewässerung (= 10 0%) am Standort Bingen 2017	23
Tabelle 3: Sorten und Saatstärken der großen Körnerleguminosen im Kleinparzellenversuch am Standort Bingen im Jahr 2018 (Saatstärke in Körnern/m ²).....	25
Tabelle 4: Zeitpunkte und Mengen der Bewässerung in den Ackerbohnen (links) und in Erbsen und Lupinen (rechts) am Standort Bingen 2018.....	26
Tabelle 5: Inhaltsstoffe der Körnerleguminosen je Sorte und Bewässerung vom Standort Bingen 2018.....	38
Tabelle 6: Durchschnittliche Parameterhöhe bei verschiedenen Körnerleguminosen in der Variante mit Bewässerung und relative Höhe in Bezug zum Sortenmittel je Art ohne Bewässerung (= 100%) am Standort Bingen 2018	39
Tabelle 7: ausgewählte Rohrnährstoffgehalte und Faserfraktionen.....	42
Tabelle 8: Futterzusammensetzung der eingesetzten Varianten	43
Tabelle 9: Zusammensetzung der kalkulierten Bestandteile der einzelnen Futtermischungen ..	44
Tabelle 10: tägliche Aufnahme und Ausscheidung an N, Rohrnährstoffen, Bruttoenergie, N-Retention.....	44
Tabelle 11: Verdaulichkeitskoeffizienten der Rohrnährstoffe und der Bruttoenergie	45
Tabelle 12: Futterzusammensetzung der eingesetzten Varianten	46
Tabelle 13: Zusammensetzung der kalkulierten Bestandteile der einzelnen Futtermischungen	46
Tabelle 14: Leistungsparameter	47
Tabelle 15: Schlachtparameter.....	48
Tabelle 16: Zusammensetzung der Futtermischungen	49
Tabelle 17: Zusammensetzung der Ergänzungen	49
Tabelle 18: Inhaltsstoffe der Ergänzungen beider Varianten	49
Tabelle 19: Varianten	56
Tabelle 20: Analyseergebnisse der physikalischen Eigenschaften unterschiedlicher Faserträger.....	57
Tabelle 21: Futterzusammensetzung mit kalkulierten Inhaltsstoffen	59
Tabelle 22: Eingesetzter Sauenergänzer mit analysierter Rohrnährstoffzusammensetzung ..	59
Tabelle 23: Analysierte Inhaltsstoffe der eingesetzten gesamten Futtermischung beider Varianten	60
Tabelle 24: Verdauungskoeffizienten (in %) der Kontroll- und Versuchsvariante	60
Tabelle 25: Effekte unterschiedlich eingesetzter Faserträger auf die Anzahl an Interaktionen während der aktiven Fresszeit bei der Sau.....	62
Tabelle 26: Effekte unterschiedlich eingesetzter Faserträger auf die Kotkonsistenz (gemessen mit Penetrometer PNR6, in mm).....	62
Tabelle 27: Effekte unterschiedlich eingesetzter Faserträger auf die Kotkonsistenz (gemessen durch Sensorik Test, Score 1 [flüssig] - 5 [fest]).....	63
Tabelle 28: Effekte unterschiedlich eingesetzter Faserträger auf ausgewählte Geburtsparameter	63
Tabelle 29: Futterzusammensetzung.....	64
Tabelle 30: Verdauungskoeffizienten der Kontroll- und Versuchsvariante	65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ackerbohnen (bewässert vs. unbewässert), Erbsen (unbewässert vs. bewässert), blaue und weiße Lupine (von links nach rechts)	10
Abbildung 2: Lageplan Ackerbohnen (blau=bewässert).....	11
Abbildung 3: Lagepläne der Erbsen und Lupinen am Standort Bingen 2017 (blau = bewässert, x Randparzellen, W-Feodora, B-Zeus)	12
Abbildung 4: Durchschnittliche Monatstemperatur am Standort Bingen 2017 im Vergleich zum langjährigen Mittel	13
Abbildung 5: Monatliche Niederschlagssumme am Standort Bingen im Jahr 2017 im Vergleich zum langjährigen Mittel.....	13
Abbildung 6: Klimatische Wasserbilanz je Monat am Standort Bingen im Jahr 2017	13
Abbildung 7: Kornertrag von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017.....	14
Abbildung 8: Tausendkornmasse von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017	14
Abbildung 9: Pflanzendichte von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017	15
Abbildung 10: Hülsenzahl je Pflanze von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017	15
Abbildung 11: Durchschnittliche Samenzahl je Hülse von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017	16
Abbildung 12: Sprosshöhe von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017.....	16
Abbildung 13: Rohproteingehalt in den Körnern von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017	17
Abbildung 14: Kornertrag von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017.....	17
Abbildung 15: Tausendkornmasse von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017	18
Abbildung 16: Durchschnittliche Samenanzahl je Hülse von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017.....	18
Abbildung 17: Durchschnittliche Sprosshöhe von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017	19
Abbildung 18: Kornrohproteingehalt von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017	19
Abbildung 19: Kornertrag von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017	20
Abbildung 20: Pflanzenzahl von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017.....	20
Abbildung 21: Durchschnittliche Hülsenzahl je Pflanze von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017	21
Abbildung 22: Durchschnittliche Samenzahl je Hülse von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017	21
Abbildung 23: Durchschnittliche Sprosshöhe von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017	22
Abbildung 24: Tausendkornmasse von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017 (aus technischen Gründen wurde die Variante Feodora bewässert unreif geerntet).....	22
Abbildung 25: Kornrohproteingehalt von Lupinen in Abhängigkeit von der Wasserversorgung, Bingen 2017.....	23
Abbildung 26: Lageplan Ackerbohnen (blau = bewässert).....	25

Abbildung 27: Lagepläne von Lupinen (links) und Erbsen am Standort Bingen 2018 (blau = bewässert, x Randparzellen)	25
Abbildung 28: Durchschnittliche Monatstemperatur am Standort Bingen 2018 im Vergleich zum langjährigen Mittel	26
Abbildung 29: Monatliche Niederschlagssumme am Standort Bingen im Jahr 2018 im Vergleich zum langjährigen Mittel	27
Abbildung 30: Klimatische Wasserbilanz je Monat am Standort Bingen im Jahr 2018	27
Abbildung 31: Kornertrag von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	28
Abbildung 32: Tausendkornmasse von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	28
Abbildung 33: Pflanzendichte von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	29
Abbildung 34: Hülsenzahl je Pflanze von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	29
Abbildung 35: Durchschnittliche Samenzahl je Hülse von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	30
Abbildung 36: Sprosshöhe von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	30
Abbildung 37: Rohproteingehalt in den Körnern von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	31
Abbildung 38: Kornertrag von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	31
Abbildung 39: Pflanzenanzahl von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	32
Abbildung 40: Tausendkornmasse von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	32
Abbildung 41: Durchschnittliche Samenanzahl je Hülse von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	33
Abbildung 42: Durchschnittliche Sprosshöhe von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	33
Abbildung 43: Kornrohproteingehalt von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	34
Abbildung 44: Kornertrag von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	34
Abbildung 45: Pflanzenzahl von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	35
Abbildung 46: Durchschnittliche Hülsenzahl je Pflanze von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	35
Abbildung 47: Durchschnittliche Samenzahl je Hülse von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	36
Abbildung 48: Durchschnittliche Sprosshöhe von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	36
Abbildung 49: Tausendkornmasse von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018	36
Abbildung 50: Kornrohproteingehalt von Lupinen in Abhängigkeit von der Wasserversorgung, Bingen 2018	37
Abbildung 51: Ertrag von Körnerleguminosen mit und ohne Bewässerung am Standort Bingen in den Jahren 2017 und 2018, jeder Punkt stellt den Mittelwert einer Sorte je Jahr dar; die Farben stehen für die jeweiligen Arten; die vertikalen Linien zeigen den Sortenmittelwert je Art ohne Bewässerung und die horizontalen Linien den mittleren Ertrag mit Bewässerung aller Sorten je Art (Farben: rot – Ackerbohnen, blau – Erbsen, schwarz – Lupinen)	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 52: metabolische Energie- UE (Schwein, <i>nach GfE 2006</i>)	42
Abbildung 53: wöchentliche Wurfgewichte nach Wurfausgleich.....	50
Abbildung 54: wöchentliche Zunahmen der Würfe.....	50
Abbildung 55: wöchentliche Futteraufnahme der Sauen.....	50
Abbildung 56: Mittelwert der Extraktviskosität (Verhältnis 1:5) von geringer bis hohe Viskosität	53
Abbildung 57: Mittelwert der Extraktviskosität (Verhältnis 1:3) von geringer bis hohe Viskosität	53
Abbildung 58: Mittelwert der Wasserbindekapazität von geringer bis hoher WBC	54
Abbildung 59: Mittelwerte des Quellvermögens	55
Abbildung 60: Kurve der Gasproduktion während der <i>in-vitro</i> Fermentation der mittels Pepsin und Pankreatin hydrolisierten Proben mit und ohne Zugabe von NSP-spaltenden Enzymen.....	56
Abbildung 61: Mastschweine in Verdauungsbuchten (Beutelmethode).....	57

1. Arbeitspakete Leguminosen

1.1 Arbeitspaket Legu1: Vorbereitung/Vor-Versuche (Methodik)

Nach umfangreicher Literaturrecherche wurden 3 Leguminosen (Ackerbohne, Erbse, Lupine) mit jeweils unterschiedlichen Sorten für ein anschließendes Sortenscreening ausgewählt.

1.2 Arbeitspaket Legu2a): Anbauversuch 2017 (Pflanze) – Sortenscreening

1.2 *Arbeitspaket Legu2a): Einleitung*

Heimische Körnerleguminosen für die Schweinefütterung einzusetzen erlaubt die Substitution von GVO-Sojabohnen. Jedoch müssen die Körnerleguminosen nicht nur hinsichtlich ihrer Möglichkeiten und Grenzen unter verschiedenen Standortbedingungen geprüft werden, es ist zudem auch von Bedeutung wie gut sich die Pflanzen für die Fütterung eignen. Dies gilt im Vergleich verschiedener Arten und Sorten sowie unterschiedlicher Standortbedingungen. Dabei sind nicht nur die Erträge und wichtigen wertgebenden Inhaltsstoffe relevant, sondern ggf. auch die die Verdaulichkeit hemmenden sekundären Pflanzeninhaltsstoffe. In diesem Teilprojekt werden unterschiedliche Körnerleguminosen und –sorten am Standort Bingen in Kleinparzellenversuchen unter natürlichen Niederschlagverhältnissen und unter Bewässerung vergleichend angebaut. Es werden die Ertragsstrukturparameter, die Erträge und die wertgebenden Inhaltsstoffe bestimmt. Die Versuche dienen auch zur Bereitstellung von Material für weitere Teilprojekte im Rahmen dieses Vorhabens (Inhaltsstoffanalysen und Verdaulichkeitsexperimente beim Schwein). Dieses Teilprojekt wurde in den Vegetationsperiode 2017 und 2018 durchgeführt.

1.2.1 *Arbeitspaket Legu2a): Anbaujahr 2017 - Material und Methodik*

Im Anbaubaujahr 2017 wurden im Rahmen eines Feldversuchs von Prof. Dr. Jan Petersen, Prof. im Bereich Pflanzenbau der TH Bingen, unterschiedliche Körnerleguminosen angebaut, wobei 6 wichtige Ackerbohnen- (Tiffany, Fanfare, Taifun, Fuego, Mallory, Victus), 5 Erbsen- (Salamanca, Astronaut, Navarro, Campus, Alvesta) und 2 Lupinensorten (blaue Lupine, weiße Lupine) ausgesät und jeweils mit und ohne Bewässerung kultiviert wurden (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Ackerbohnen (bewässert vs. unbewässert), Erbsen (unbewässert vs. bewässert), blaue und weiße Lupine (von links nach rechts)

Eine Sorten- und Saatstärkenübersicht ist Tabelle 1 zu entnehmen.

1. Arbeitspakete Leguminosen

Tabelle 1: Sorten und Saatstärken der großen Körnerleguminosen im Kleinparzellenversuch am Standort Bingen im Jahr 2017 (Saatstärke in Körnern/m²)

VG	Kultur	Sorte	Saatstärke	Tausendkornmasse (TKM), g
1	Ackerbohne	Tiffany	40	473
2	Ackerbohne	Fanfare	40	563
3	Ackerbohne	Taifun	40	430
4	Ackerbohne	Fuego	40	697
5	Ackerbohne	Mallory	40	532
6	Ackerbohne	Victus	40	533
1	Körnererbse	Salamanca	85	260
2	Körnererbse	Astronaute	85	255
3	Körnererbse	Navarro	85	273
4	Körnererbse	Campus	85	308
5	Körnererbse	Alvesta	85	240
W	Weißer Lupine	Feodora	70	241
B	Blaue Lupine	Zeus	70	152

Standort: Bingen-Büdesheim, Boden: lehmiger Sand, pH-Wert: 6,5, org. C: ~1,5 %

Versuchsanlage:

zweifaktorielle Spaltanlagen je Art (siehe Abb. 2 und 3)

Großteilstücke: Bewässerung

Kleinteilstücke: Sorten

Anzahl Wiederholungen: 4

Parzellengröße 2,5 x 8 m

Erntefläche 1,5 x 8 m

Bewässerung: Tropfschläuche Netafilm 3 l/m² * h

4	5	6	2	1	6	x	2	4	3	1	5	6	x
3	6	4	5	2	1	x	2	1	6	4	5	3	x
2	1	5	6	3	4	x	5	2	1	3	6	4	x
1	5	3	2	4	x	x	6	3	4	2	1	5	3

Abbildung 2: Lageplan Ackerbohnen (blau=bewässert)

1. Arbeitspakete Leguminosen

3	5	1	4	2	x	4	3	x	1	2	5	B	W	B	W
5	3	2	1	4	x	1	2	x	5	3	4	W	B	W	B
4	3	5	2	1	x	5	1	x	4	2	3	B	W	B	W
1	2	3	4	5	x	2	3	x	5	4	1	W	B	W	B

Abbildung 3: Lagepläne der Erbsen und Lupinen am Standort Bingen 2017 (blau = bewässert, x Randparzellen, W-Feodora, B-Zeus)

Vorfrucht Winterweizen, keine Leguminosen auf der Fläche >10 Jahre
 Grundbodenbearbeitung Schwergrubber Herbst
 Saatbettbereitung Kreiselegge jeweils vor Saattermin
 Düngung: keine
 Saatechnik: Drillsaat mit 15 cm Reihenabstand

Saattermine:

16.2.2017 Ackerbohnen
 15.3.2017 Erbsen und Lupinen (Lupinen am Tag der Saat mit HiStick geimpft)

Unkrautregulierung:

3.3.2017 Ackerbohnen und Erbsen: 3 l/ha Bandur + 2 l/ha Stomp Aqua
 15.3.2017 Lupinen – 3,0 l/ha Gardo Gold – 2,0 l/ha Stomp Aqua
 11.4.2017 nur in Erbsen alle Parzellen 0,5 l/ha Pulsar40 + 1,0 l/ha Dash (gegen ABUTH)
 9.5./ 8.6.2017 manuelle Unkrautkontrolle in Lupinen

Schaderregerkontrolle:

3.4.2017 300 ml Bulldock am (alle AB und Erbsenparzellen, starker Blattrandkäferbefall)
 9.5.2017 300 ml Bulldock (Blattläuse) + 1,0 l/ha Ortiva in allen Parzellen
 22.5.2017 300 g/ha Pirimor (Blattläuse) + 1,0 l/ha Folicur alle Parzellen

Erntetermine:

8.7.2017 Ernte Erbsen
 18.7.2017 Ernte Ackerbohnen
 31.7.2017 Ernte Lupinen

Die Ernte erfolgte mit einem Parzellenmähdrescher. Eine repräsentative Probe des Erntegutes wurde bei 105°C zur Bestimmung des Feuchtegehaltes bei der Ernte gezogen. Die getrocknete Probe wurde zur Besatzanalyse genutzt. Parallel wurde eine größere Teilprobe je Sorte bei 60°C getrocknet, um das Erntegut für Qualitätsanalyse zu nutzen.

Aufgrund des sehr trockenen und warmen Frühjahrs und auch Frühsommers (Abb. 4 bis 6) wurden die entsprechenden Varianten durch die auf der Bodenoberfläche installierte Tröpfchenbewässerung zu unterschiedlichen Terminen zwischen dem 19.4. und dem 16.6. mit insgesamt 210 l/m² bewässert.

1. Arbeitspakete Leguminosen

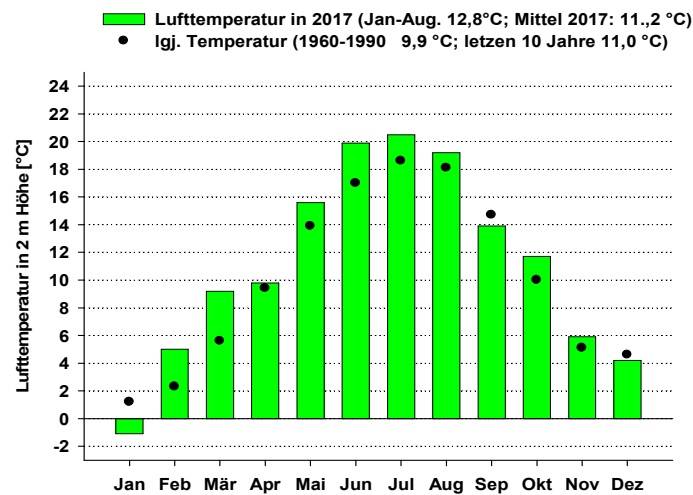


Abbildung 4: Durchschnittliche Monatstemperatur am Standort Bingen 2017 im Vergleich zum langjährigen Mittel

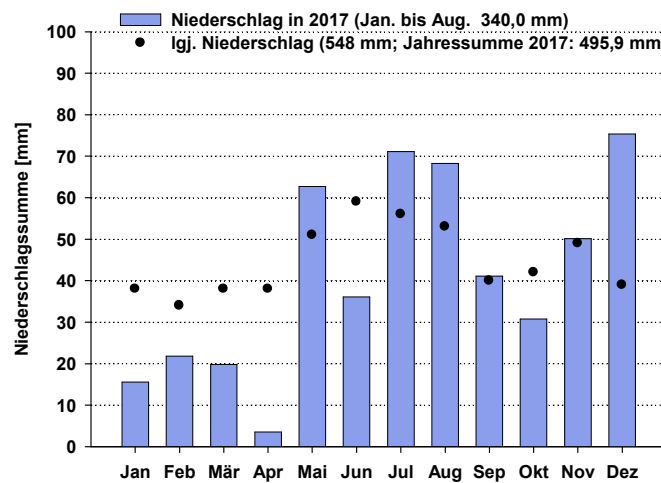


Abbildung 5: Monatliche Niederschlagssumme am Standort Bingen im Jahr 2017 im Vergleich zum langjährigen Mittel

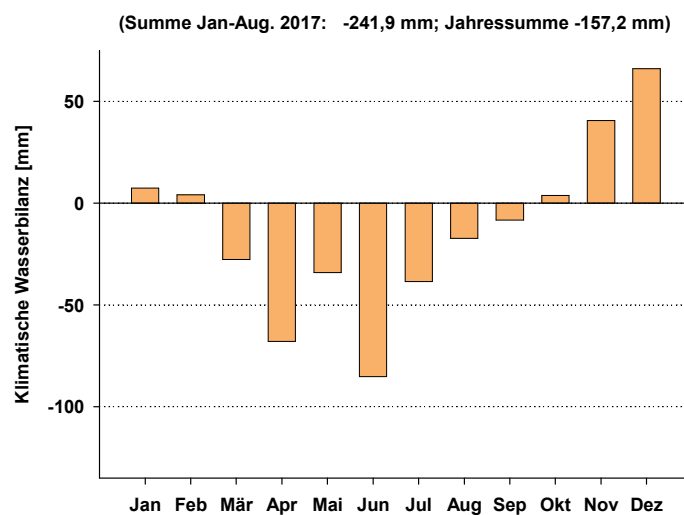


Abbildung 6: Klimatische Wasserbilanz je Monat am Standort Bingen im Jahr 2017

1.2.2 Arbeitspaket Legu2a): Anbaujahr 2017 - Ergebnisse

Der Ackerbohnenenertrag wurde durch die Sorte kaum beeinflusst. Die Erträge lagen in der bewässerten Variante bei 56 dt/ha (Abb. 7). Die Sorte Fuego fiel etwas ab. Die Erträge der nichtbewässerten Variante lagen nur etwa bei der Hälfte im Vergleich zur bewässerten Variante. Lediglich die Sorte Victus zeigte mit 35 dt/ha einen geringeren Ertragsrückgang bei Trockenheit. Allerdings lag die Standardabweichung in dieser Variante recht hoch.

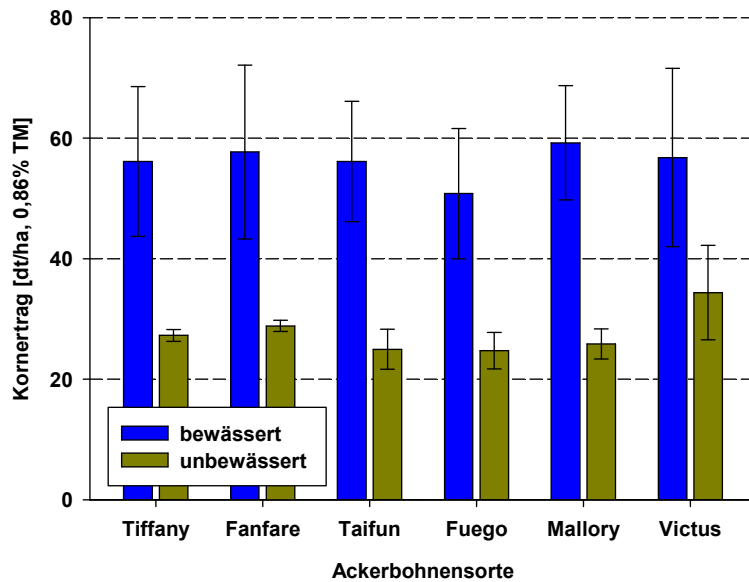


Abbildung 7: Kornertrag von Ackerbohnen-sorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

Die TKM wurde durch die Bewässerung um durchschnittlich 20 % erhöht (Abb. 8). Die Variation zwischen den Sorten war gering. Die Pflanzendichte (Abb. 9) lag zumeist über der Aussaatstärke von 40 keimfähigen Körnern. Erklärbar ist dies durch die eingesetzte Drillsaattechnik und die eventuell zu ungenaue Zählmethode. Hier muss im nächsten Versuchsjahr die Methodik verbessert werden.

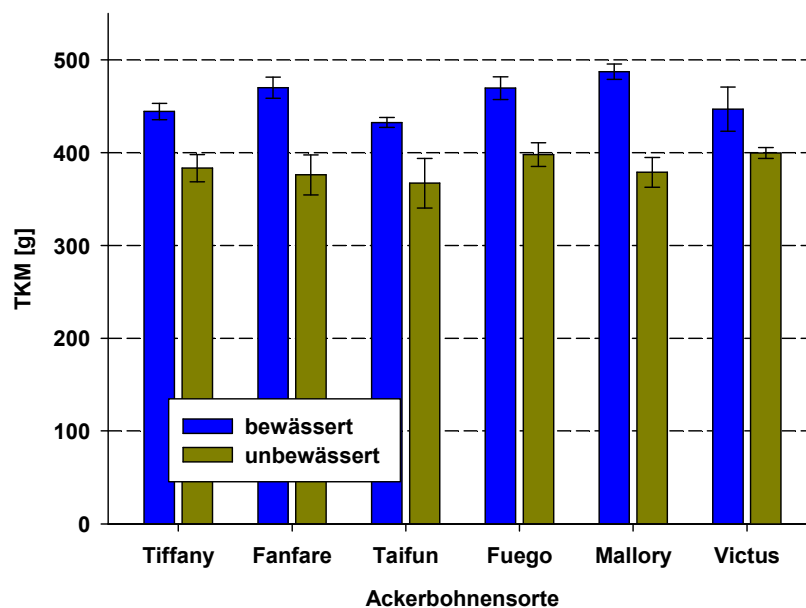


Abbildung 8: Tausendkornmasse von Ackerbohnen-sorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

1. Arbeitspakete Leguminosen

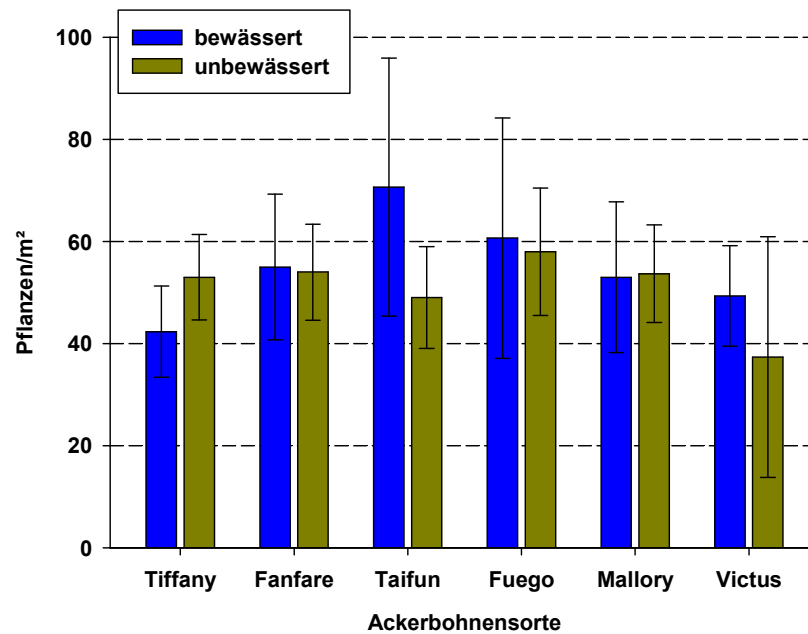


Abbildung 9: Pflanzendichte von Ackerbohnenorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

Die Hülsenzahl je Pflanze reagierte sehr stark auf die Wasserversorgung (Abb. 10). Mit dem zusätzlichen Wasserangebot wurde dieser Parameter um 80 % erhöht. Die Erhöhung fiel mit Ausnahme der Sorte Fuego recht einheitlich bei den Sorten aus. Fuego konnte vom zusätzlichen Wasserangebot nicht so stark profitieren, was sich auch beim Ertrag bemerkbar machte. Der Parameter Samen je Hülse ist recht fixiert und wird weder von der Sorte noch von der Wasserversorgung stark beeinflusst (Abb. 11).

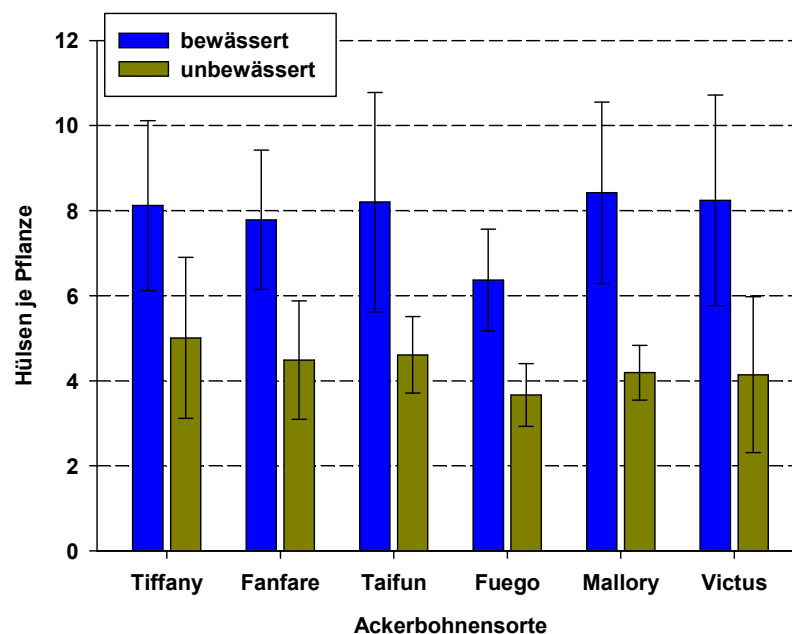


Abbildung 10: Hülsenzahl je Pflanze von Ackerbohnenorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

1. Arbeitspakete Leguminosen

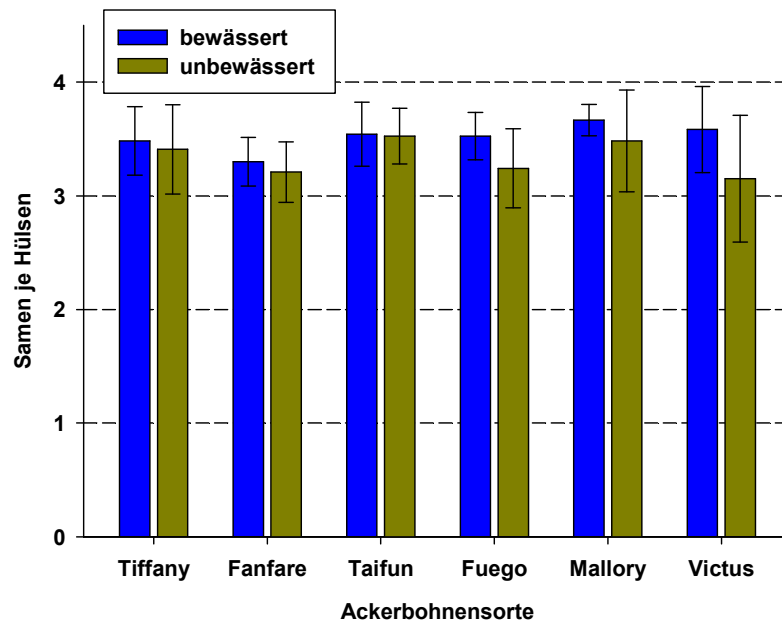


Abbildung 11: Durchschnittliche Samenzahl je Hülse von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

Mit zusätzlichem Wasserangebot steigt die Ackerbohnsprosshöhe um durchschnittlich 36 cm an (Abb. 12). Durch die bessere Wasserversorgung wurden zwar alle Sorten im Längenwachstum positiv beeinflusst, jedoch war die Differenz bei den Sorten Taifun und Fuego um mehr als 50% geringer als bei den anderen Sorten. Das größere Längenwachstum hat sich nicht auf die Lagerbildung ausgewirkt. Alle Ackerbohnen blieben bis zur Ernte aufrecht stehen.

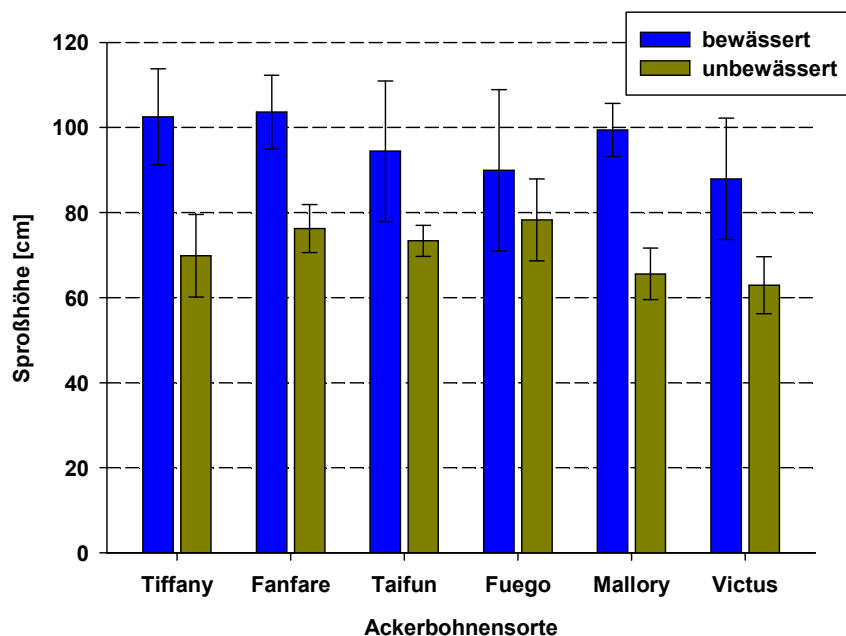


Abbildung 12: Sprosshöhe von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

Der durchschnittliche Rohproteingehalt lag bei den Ackerbohnen bei 29,4 % (Abb. 13). Die Unterschiede zwischen den Sorten oder auch den Bewässerungsstufen waren äußerst gering.

1. Arbeitspakete Leguminosen

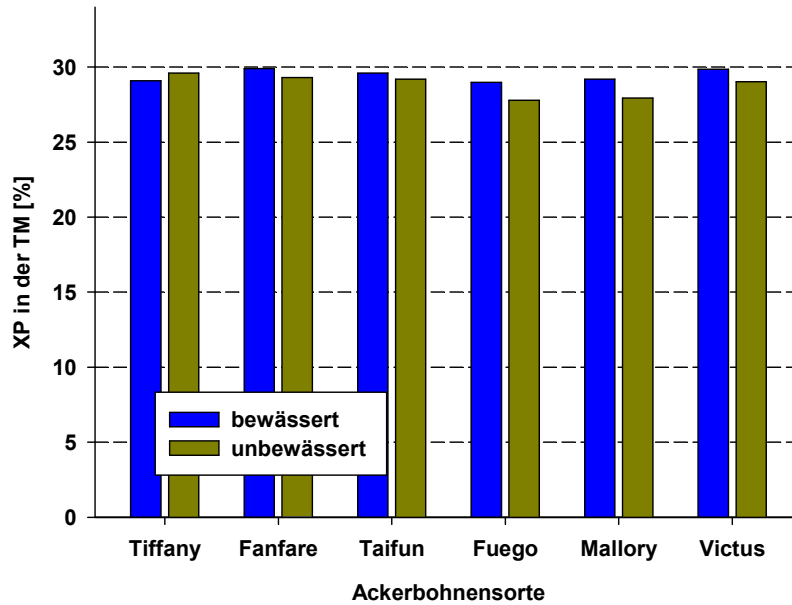


Abbildung 13: Rohproteingehalt in den Körnern von Ackerbohnenorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

Der Ertragsunterschied zwischen bewässerter und nicht bewässerter Stufe fiel bei den Körnererbsen deutlich geringer aus als bei den Ackerbohnen (Abb. 14). Der Ertrag wurde durch die Bewässerung „nur“ um 36 % verbessert. Die Sorte Alvesta reagierte am deutlichsten auf die Bewässerung und erreichte über 60 dt/ha Kornertrag. In der bewässerten Variante fällt auf, dass im Durchschnitt der Erbsensorten das gleiche Ertragsniveau wie bei den Ackerbohnen erzielt wurde.

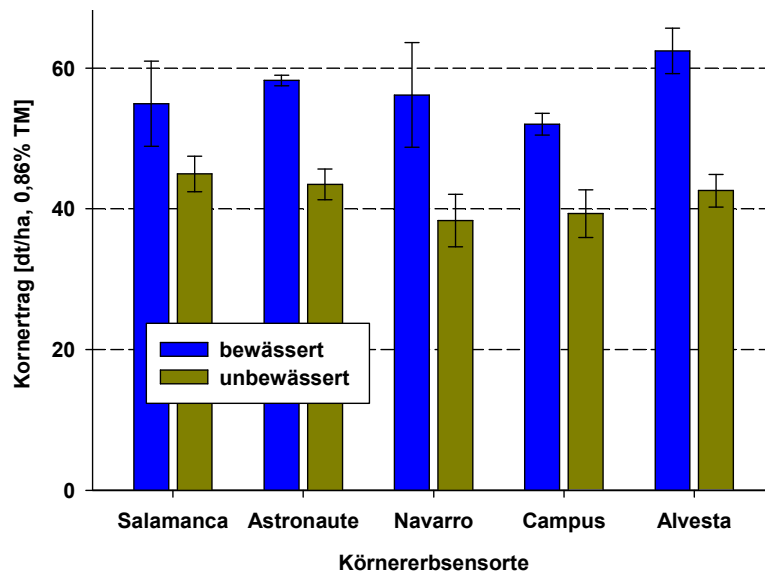


Abbildung 14: Kornertrag von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

Die Tausendkornmasse beider Erbsen wurde durch die Bewässerung nur geringfügig beeinflusst (Abb. 15). Gewisse Sortenunterschiede wurden sichtbar. So zeigte die Sorte Campus einen deutlichen Effekt auf die Zusatzbewässerung und auch insgesamt erreichte diese Sorte die höchste TKM. Die Samenzahl je Hülse wurde ebenfalls kaum durch Sorte oder Bewässerungsstufe beeinflusst (Abb. 16). Die Pflanzenzahl und die Anzahl von Hülsen je Pflanze wurden bei den Erbsen nicht bestimmt. Zu vermuten ist aber, dass auch bei den Erbsen die Hülsenzahl je Pflanze der Ertragsparameter mit der höchsten Variabilität ist.

1. Arbeitspakete Leguminosen

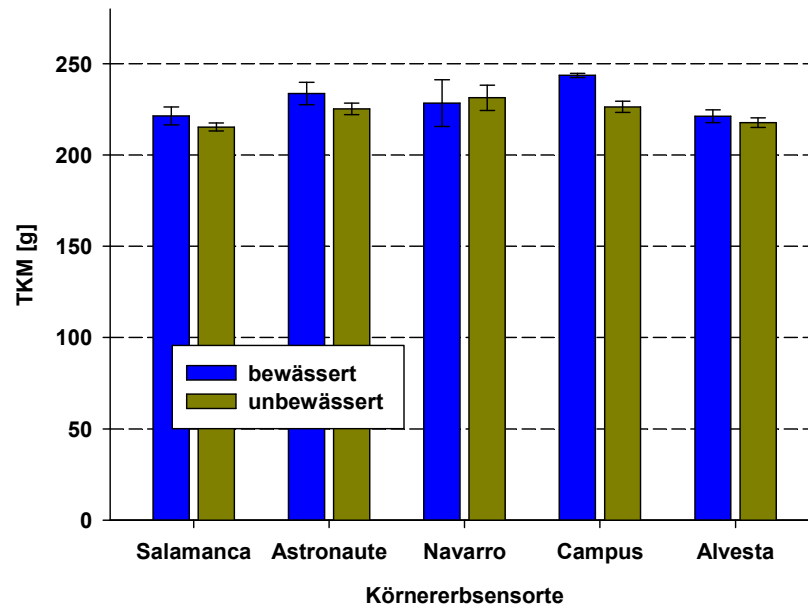


Abbildung 15: Tausendkornmasse von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

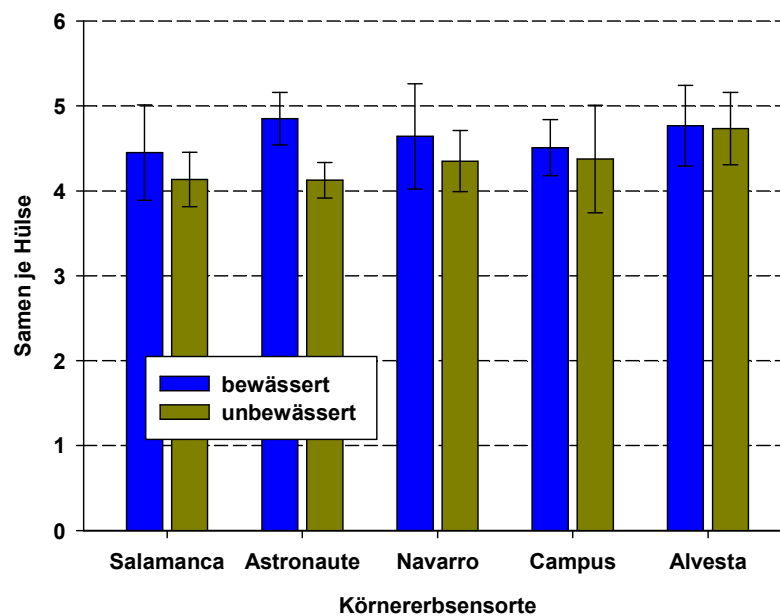


Abbildung 16: Durchschnittliche Samenanzahl je Hülse von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

Die Sprosshöhe der Erbsen wird durch die Zusatzbewässerung nicht so deutlich beeinflusst wie bei den Ackerbohnen (Abb. 17). Lediglich die Sorten Camus und Alvesta zeigen ein größeres Sprosslängenwachstum. Auch bei den Erbsen wurde kein Lager zur Ernte festgestellt.

1. Arbeitspakete Leguminosen

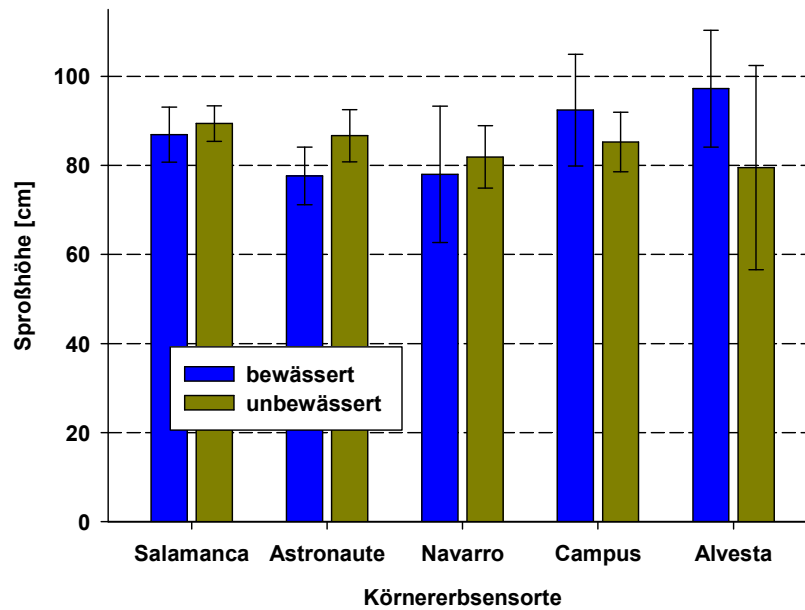


Abbildung 17: Durchschnittliche Sproßhöhe von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

Die Rohproteingehalte der Erbsen lagen mit 22,9 % deutlich niedriger als bei den Ackerbohnen (Abb. 18). Eine relevante Variation zwischen den Sorten und Bewässerungsstufen konnte nicht beobachtet werden.

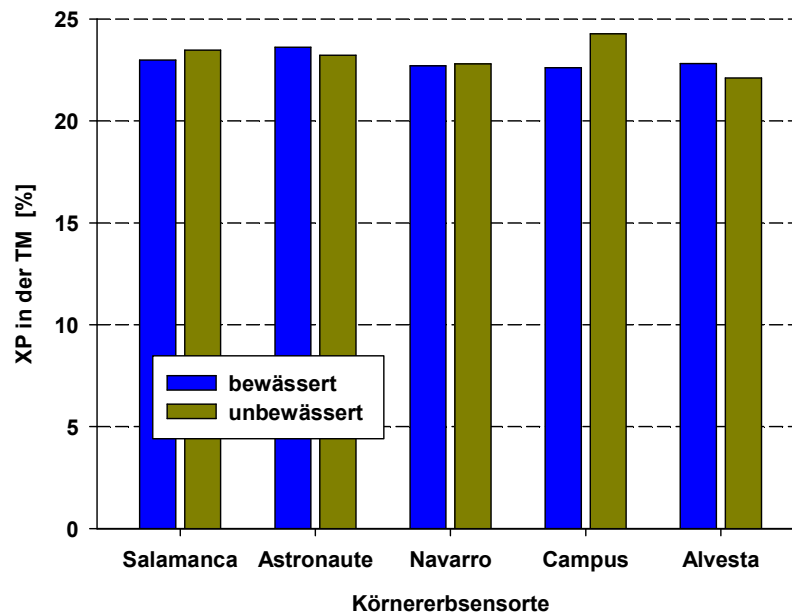


Abbildung 18: Kornrohproteingehalt von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

Es wurde jeweils nur eine Lupinensorte der beiden Arten *L. angustifolius* und *L. alba* mit in die Untersuchungen aufgenommen. Die Antraktose trat 201 in Bingen nicht auf. Bei beiden Lupinensorten wurde eine deutliche Ertragssteigerung mit dem zusätzlichen Wasserangebot beobachtet (Abb. 19). Dabei zeigte die Weiße Lupine unter Trockenstress den leicht besseren Ertrag. Angemerkt werden muss jedoch, dass der Ertrag der Weißen Lupine mit Bewässerung noch etwas höher ausgefallen wäre, da diese Variante bereits vor der Totreife (bei 40 % Feuchte) geerntet werden musste. Diese vorzeitige Ernte zeigt sich dann auch bei der TKM (Abb. 24).

1. Arbeitspakete Leguminosen

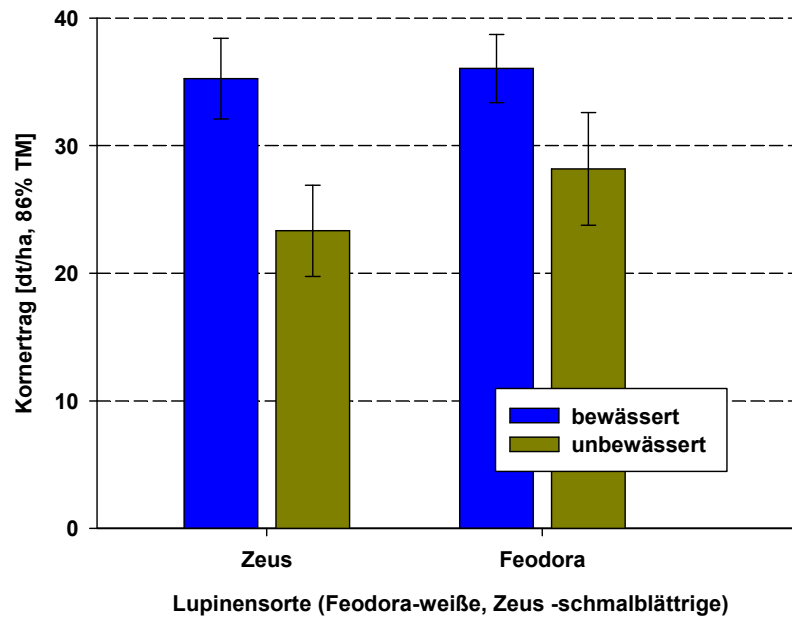


Abbildung 19: Kornertrag von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

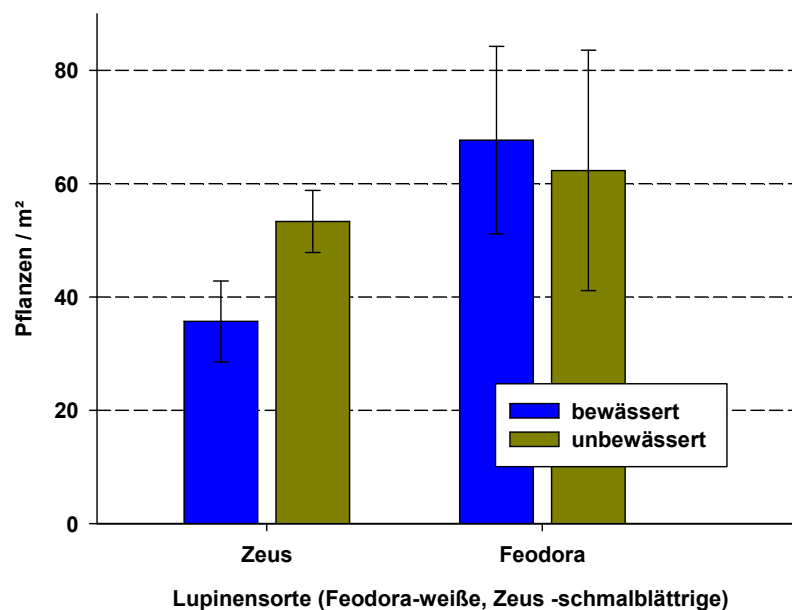


Abbildung 20: Pflanzenzahl von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

Die durchschnittliche Hülsenanzahl je Pflanze wird bei den Blauen Lupinen deutlich und bei den Weißen Lupinen nur im sehr geringen Umfang durch das zusätzliche Wasserangebot positiv beeinflusst (Abb. 21).

1. Arbeitspakete Leguminosen

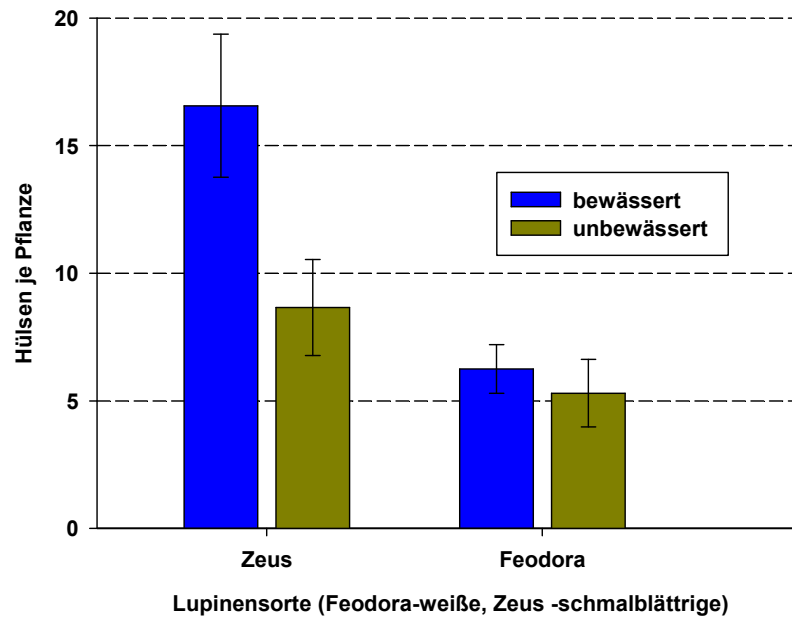


Abbildung 21: Durchschnittliche Hülsenanzahl je Pflanze von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

Die durchschnittliche Samenanzahl wird von der Lupinensorte und dem Wasserangebot nicht beeinflusst (Abb. 22). Dies gilt zumindest für die Bewässerungsstufen auch für den Parameter TKM (Abb. 24). Allerdings weisen die Weißen Lupinen die deutlich größere TKM gegenüber den Blauen Lupinen auf.

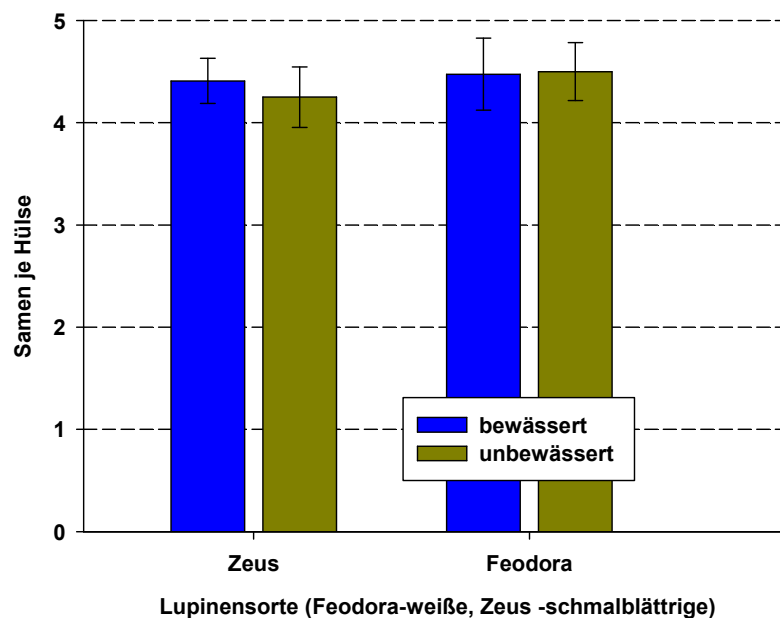


Abbildung 22: Durchschnittliche Samenanzahl je Hülse von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

Die Sprosshöhe wird bei beiden Lupinenarten um ca. 20 % mit steigendem Wasserangebot erhöht (Abb. 23). Dabei weisen die Weißen Lupinen eine um 10 cm größere Sprosslänge auf.

1. Arbeitspakete Leguminosen

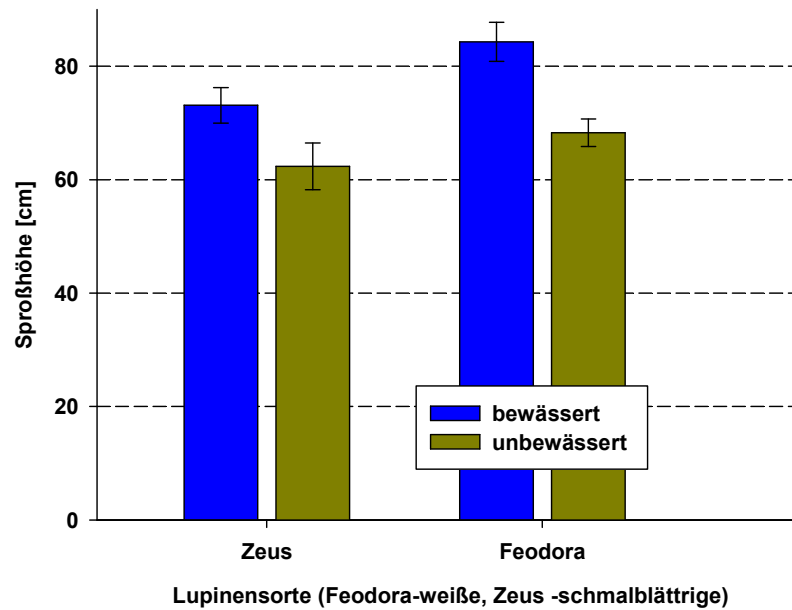


Abbildung 23: Durchschnittliche Sprosshöhe von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017

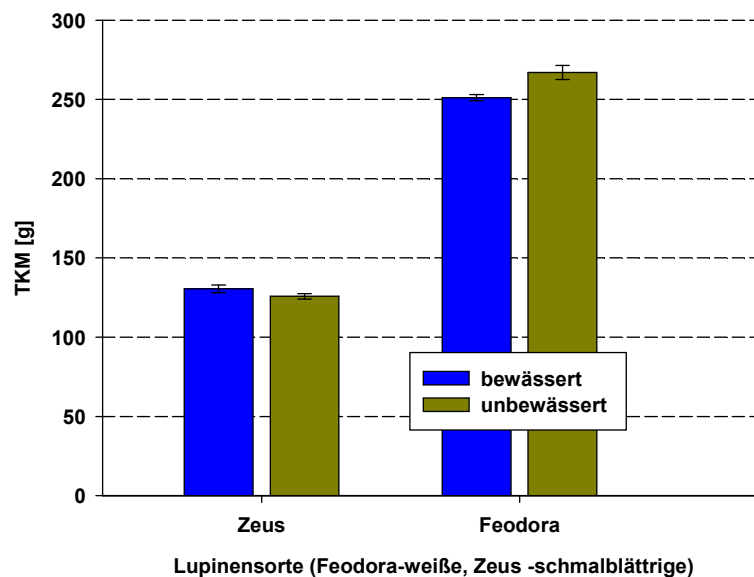


Abbildung 24: Tausendkornmasse von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2017 (aus technischen Gründen wurde die Variante Feodora bewässert unreif geerntet)

Der Rohproteingehalt wurde durch das Zusatzwasserangebot bei beiden Lupinenarten nicht beeinflusst (Abb. 25). Jedoch liegt der Rohproteingehalt bei der Blauen Lupine mit nur 25,4 % deutlich niedriger als bei der Weißen Lupine bei 33,6 %.

1. Arbeitspakete Leguminosen

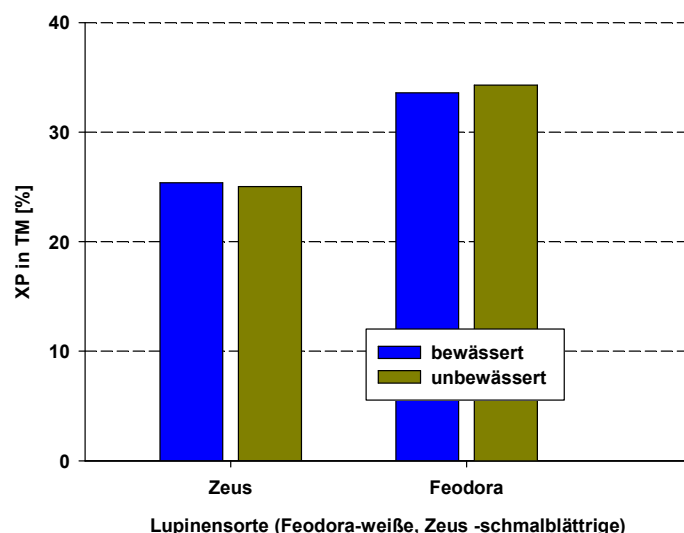


Abbildung 25: Kornrohproteingehalt von Lupinen in Abhängigkeit von der Wasserversorgung, Bingen 2017

1.2.3 Arbeitspaket Legu2a): Anbaujahr 2017 - Zusammenfassung

Das sehr trockene und warme Frühjahr bzw. Sommersommer im Jahr 2017 am Standort Bingen waren eine gute Voraussetzung die Effekte einer Zusatzbewässerung in Körnerleguminosen deutlich zu machen. Festgestellt werden konnte, dass bei keiner Art trockenolerante Sorten beobachtet werden konnten. Allerdings zeigten sich insbesondere die Körnererbsen als trockenoleranter als die übrigen Arten. Interessant war, dass die Rohproteingehalte durch Trockenheit nicht beeinflusst werden. Einzelne Ertragsstrukturparameter hingegen wurden stark beeinflusst (Tab. 2). Dies war bei den verschiedenen Arten aber in unterschiedlicher Ausprägung der Fall.

Tabelle 2: Durchschnittliche Parameterhöhe bei verschiedenen Körnerleguminosen in der Variante mit Bewässerung und relative Höhe in Bezug zum Sortenmittel je Art ohne Bewässerung (= 100%) am Standort Bingen 2017

Art	Ackerbohne		Erbsen		Blaue Lupine		Weiße Lupine	
	abs.	rel. %	abs.	rel. %	abs.	rel. %	abs.	rel. %
Kornertrag (dt/ha)	56,1	203	56,7	136	35,2	151	36,0	128*
TKM (g)	458	119	230	103	130,5	104	251	94*
Pflanzen/m ²	55,2	109	n.b.	--	35,6	53	67,7	109
Hülsen/Pflanze	7,9	181	n.b.	--	16,6	191	6,3	118
Samen / Hülse	3,5	105	4,6	107	4,4	104	4,5	99
Sprosshöhe (cm)	96,3	136	86,5	102	73,1	117	84,3	123
Rohprotein i.d.TM (%)	29,4	102	22,9	99	25,4	102	33,6	99

n.b. – nicht bestimmt; * Weiße Lupine in bewässertes Variante aus technischen Gründen unreif geerntet – Parameter dadurch etwas unterschätzt.

1.3 Arbeitspaket Legu2b): Anbauversuch 2018 (Pflanze) - Sortenscreening

Im Anbaubaujahr 2018 wurden im Rahmen eines Feldversuchs von Prof. Dr. Jan Petersen, Prof. im Bereich Pflanzenbau der TH Bingen, unterschiedliche Körnerleguminosen angebaut, wobei 6 wichtige Ackerbohnen- (Tiffany, Fanfare, Taifun, Fuego, Mallory, Victus), 5 Erbsen- (Salamanca, Astronaut, Navarro, Campus, Alvesta) und 2 Lupinensorten (blaue Lupine, weiße Lupine) ausgesät und jeweils mit und ohne Bewässerung kultiviert wurden.

1.3.1 Arbeitspaket Legu2b): Anbaujahr 2018 – Material und Methodik

In einem Kleinparzellenfeldversuch wurden 6 Ackerbohnen-, 4 Erbsen- und drei Sorten Weiße und eine Sorte Blauen Lupine im Frühjahr 2018 gesät. Sorten- und Saatstärkenübersicht sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Der Versuchsstandort war ein lehmiger Sand mit einem pH-Wert von 6,5 und einem organischen Kohlenstoffgehalt von ca. 1,5 %. Die Versuchsanlage war eine zweifaktorielle Spaltanlage mit dem Großteilstück Bewässerung und dem Kleinteilstückfaktor Sorte. Es wurden jeweils 4 Wiederholungen angelegt. Die Parzellengröße betrug 2,5 x 8 m und die Erntefläche 1,5 x 8 m. Es wurden die Sorten unter natürlichen Niederschlagsverhältnissen und unter zusätzlicher Bewässerung durch Tropfschläuche (Netafilm 3 l/m² * h). Die Vorfrucht auf der Versuchsfläche war Silomais. Die Fläche war langjährig nicht mit Leguminosen bestellt. Die Grundbodenbearbeitung erfolgte im Spätherbst mit dem Schwergrubber. Die Saatbettbereitung erfolgte mit einer Kreiselegge direkt am Tag der Saat (26.3.2018). Es wurde eine Parzellensämaschine mit Doppelscheibenschaaren im Abstand von 15 cm eingesetzt. Das Saatgut wurde mit jeweils passenden Rhizobienpräparaten am Tag der Saat geimpft. Eine Unkrautregulierung erfolgte im Voraufbau am 26.3. in Ackerbohnen und Erbsen mit 3 l/ha Bandur + 2 l/ha Stomp Aqua sowie am 27.3. in den Lupinen mit 3,0 l/ha Gardo Gold – 2,0 l/ha Stomp Aqua. Im weiteren Vegetationsverlauf wurde eine Schaderregerkontrolle am 18.5.2018 mit 0,5 l/ha Folicur+0,5 l/ha Ortiva+300 g/ha Pirimor notwendig. Die Erntetermine wurden je nach Art und Bewässerungsstufe angepasst:

3.7.2018 Ernte Erbsen (ohne Bewässerung)

10.7.2018 Ernte Erbsen mit Bewässerung, bl. Lupine ohne Bewässerung

19.7.2018 Ernte Ackerbohnen ohne Bewässerung, Weiße Lupine ohne Bewässerung, blaue Lupine mit Bewässerung

27.7.2018 Ernte Ackerbohnen und weiße Lupinen mit Bewässerung

1. Arbeitspakete Leguminosen

Tabelle 3: Sorten und Saatstärken der großen Körnerleguminosen im Kleinparzellenversuch am Standort Bingen im Jahr 2018 (Saatstärke in Körnern/m²)

VG	Kultur	Sorte	Saatstärke	Tausendkornmasse (TKM), g
1	Ackerbohne	Tiffany	40	580
2	Ackerbohne	Fanfare	40	469
3	Ackerbohne	Taifun	40	506
4	Ackerbohne	Fuego	40	655
5	Ackerbohne	Mallory	40	599
6	Ackerbohne	Victus	40	699
1	Körnererbse	Salamanca	85	274
2	Körnererbse	Astronaute	85	298
3	Körnererbse	Navarro	85	282
4	Körnererbse	Campus	85	296
L1	Weißer Lupine	Feodora	70	301
L2	Weißer Lupine	TRI07032	70	343
L3	Weißer Lupine	TRI07008	70	307
L4	Blaue Lupine	Zeus	100	153

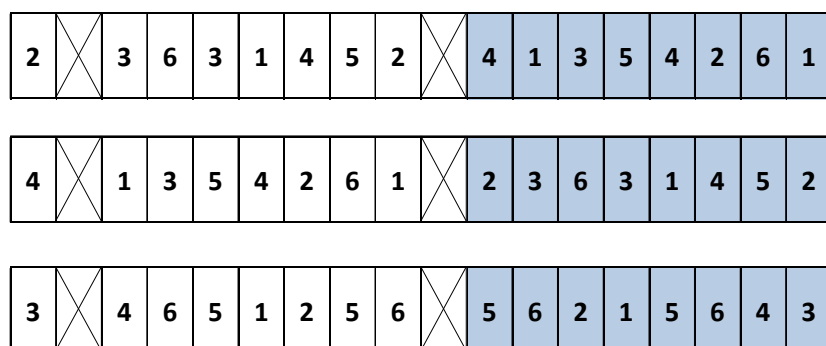


Abbildung 26: Lageplan Ackerbohnen (blau = bewässert)

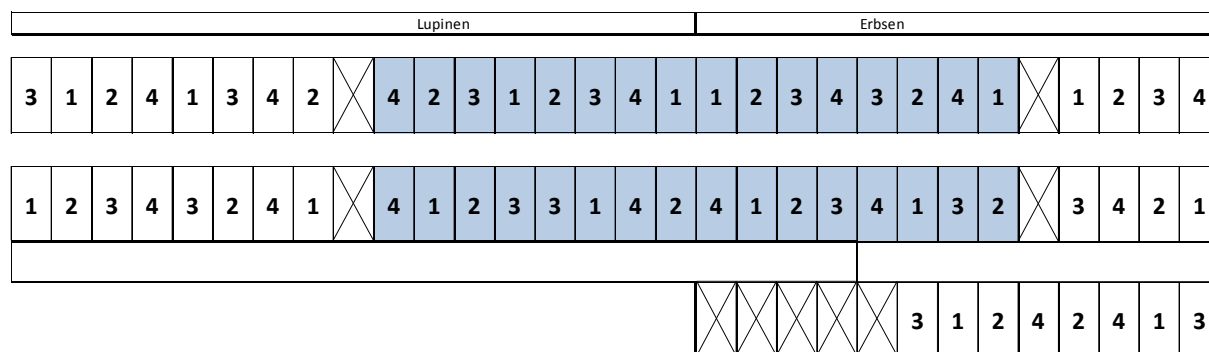


Abbildung 27: Lagepläne von Lupinen (links) und Erbsen am Standort Bingen 2018 (blau = bewässert, x Randparzellen)

Die Ernte erfolgte mit einem Parzellenmähdrescher. Eine repräsentative Probe des Erntegutes wurde bei 105°C zur Bestimmung des Feuchtegehaltes bei der Ernte gezogen. Die getrocknete Probe wurde zur Besatzanalyse genutzt. Parallel wurde eine größere Teilprobe je Sorte bei 60°C getrocknet, um das Erntegut für Qualitätsanalyse zu nutzen.

1. Arbeitspakete Leguminosen

Aufgrund des trockenen und warmen Frühjahrs und auch Fröhsommers (Abb. 28 bis 30) wurden die entsprechenden Varianten durch die auf der Bodenoberfläche installierte Tröpfchenbewässerung zu unterschiedlichen Terminen zwischen dem 9.5. und dem 9.7. mit insgesamt 215 bzw. 319 l/m² bewässert (Tab. 4).

Tabelle 4: Zeitpunkte und Mengen der Bewässerung in den Ackerbohnen (links) und in Erbsen und Lupinen (rechts) am Standort Bingen 2018

Datum	l/m ²	Datum	l/m ²
9.5.	30	27.5.	14
27.5.	14	28.5.	40
28.5.	40	1.6.	18
1.6.	18	5.6.	39
5.6.	39	18.6.	40
18.6.	40	21.6.	25
21.6.	25	27.6.	40
27.6.	40	Summe	215
3.7.	35		
9.7.	39		
Summe	319		

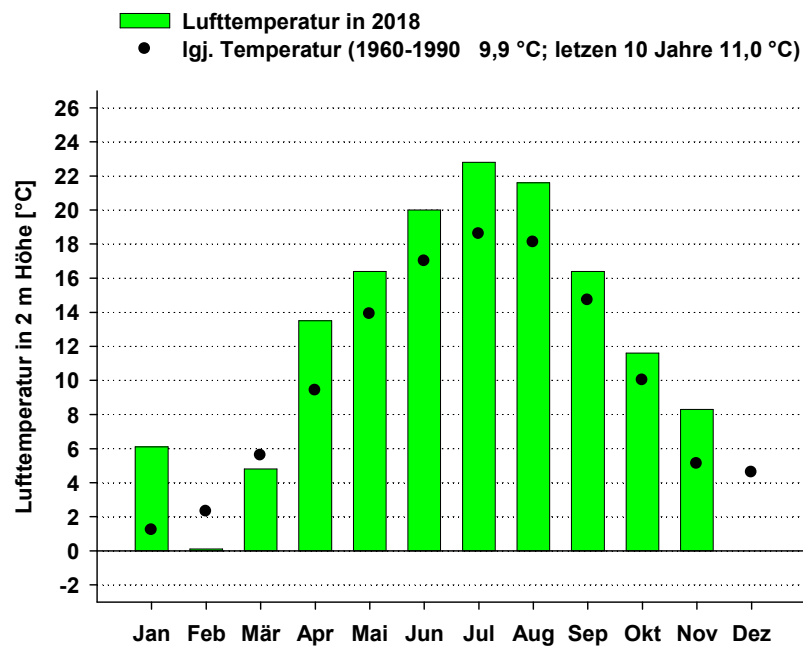


Abbildung 28: Durchschnittliche Monatstemperatur am Standort Bingen 2018 im Vergleich zum langjährigen Mittel

1. Arbeitspakete Leguminosen

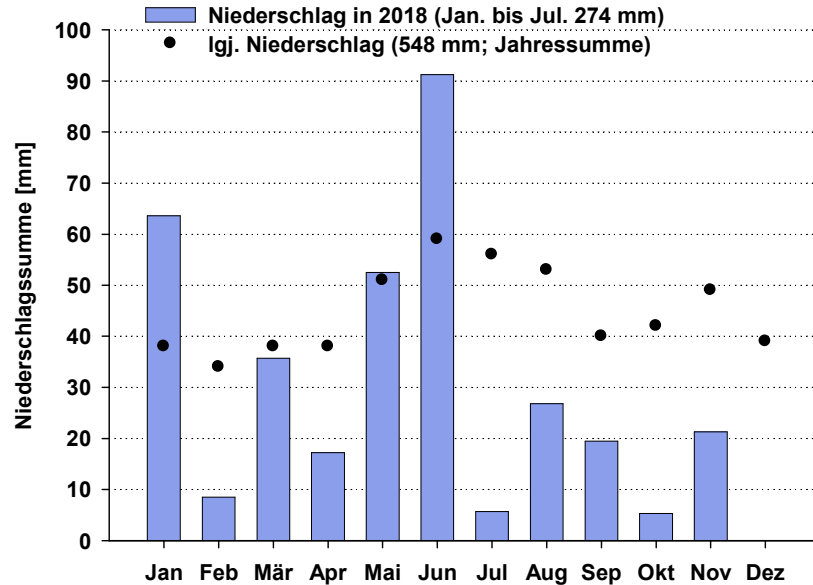


Abbildung 29: Monatliche Niederschlagssumme am Standort Bingen im Jahr 2018 im Vergleich zum langjährigen Mittel

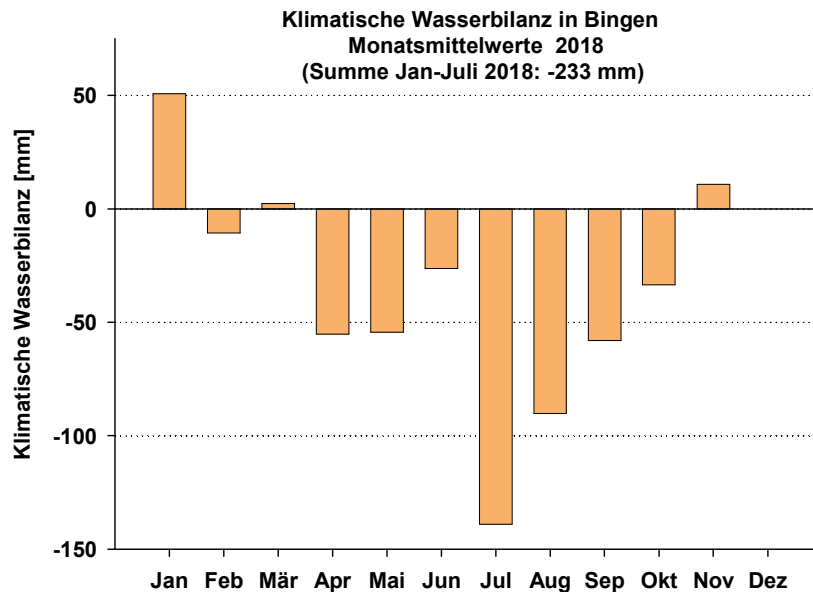


Abbildung 30: Klimatische Wasserbilanz je Monat am Standort Bingen im Jahr 2018

1.3.2 Arbeitspaket 2b): Anbaujahr 2018 – Ergebnisse

1.3.2.1 Arbeitspaket 2b): Anbaujahr 2018 – Ackerbohnen

Der Ackerbohnertrag wurde durch die Sorte wenig beeinflusst. Die Erträge lagen in der bewässerten Variante bei den Sorten Taifun und Fuego in beiden Bewässerungsstufen niedriger als die übrigen Sorten (Abb. 31). Die Ertragsdifferenzen betragen zwischen den Sorten 0 bis 6 dt/ha (unbewässert und 6 bis 8 dt/ha in der bewässerten Stufe. Im Mittel wurden unbewässert 32,7 und bewässert 69,1 dt/ha im Sortenmittel erreicht. Ein signifikanter Unterschied in der Ertragsdifferenz zwischen den Sorten innerhalb einer Bewässerungsstufe konnte nicht festgestellt werden.

1. Arbeitspakete Leguminosen

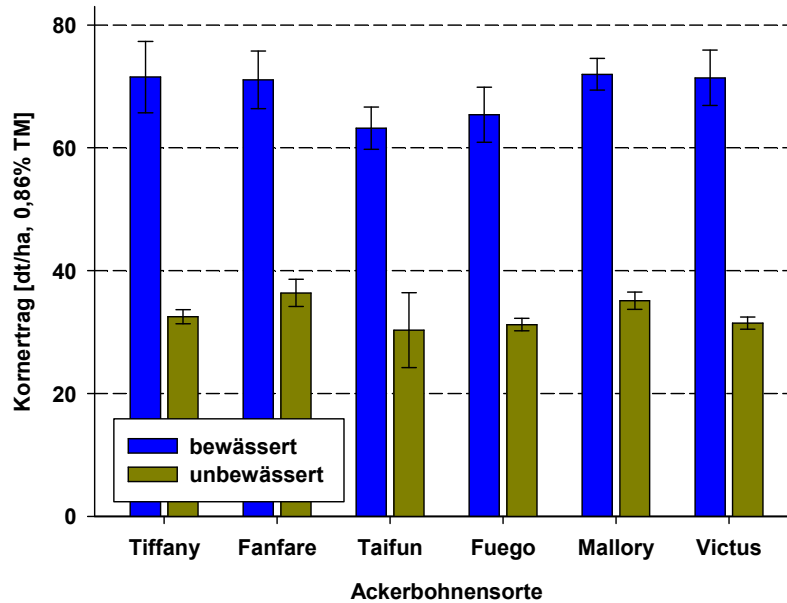


Abbildung 31: Kornertrag von Ackerbohnenorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

Die TKM wurde durch die Bewässerung um durchschnittlich 5% reduziert (Abb. 32). Die Variation zwischen den Sorten war gering. Jedoch reagierten die Sorten Tiffany und Victus mit einer signifikanten Reduktion der Tausendkornmasse bei erhöhtem Wasserangebot.

Die Pflanzendichte (Abb. 33) lag zumeist über der Aussaatstärke von 40 keimfähigen Körnern. Erklärbar ist dies durch die eingesetzte Drillsaattechnik und die event. zu ungenaue Zählmethode. Da die Bewässerung erst nach der Zählung der Pflanzendichte im Versuch variiert wurde, konnte erwartungsgemäß kein Einfluss des Faktors festgestellt werden. Die Sorte Mallory wies eine etwas höhere Pflanzendichte auf als alle anderen Sorten. Während durchschnittlich 49 Pflanzen je qm ermittelt wurden, zeigte Mallory 54 bzw. 59 Pflanzen/m² im Mittel auf.

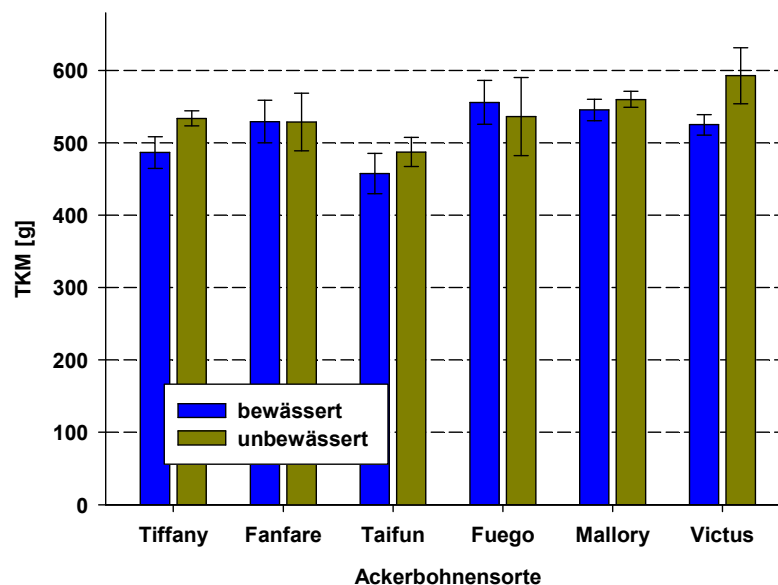


Abbildung 32: Tausendkornmasse von Ackerbohnenorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

1. Arbeitspakete Leguminosen

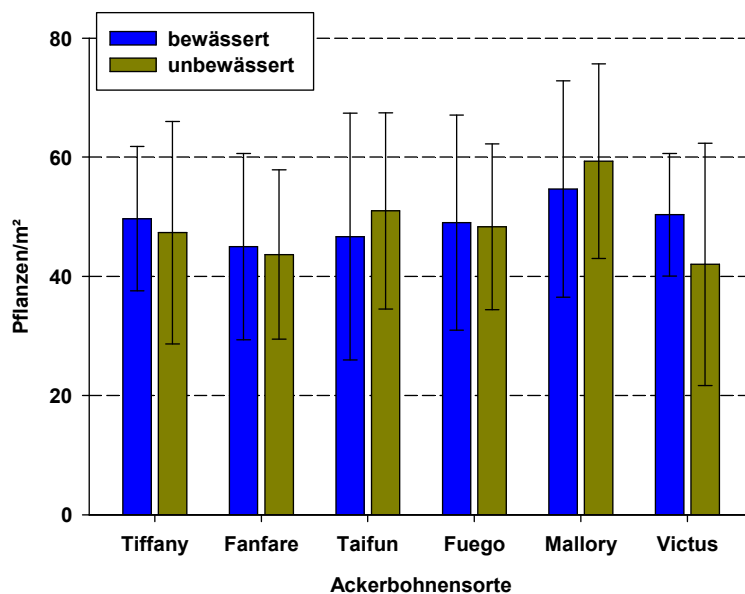


Abbildung 33: Pflanzendichte von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

Die Hülsenzahl je Pflanze reagierte sehr stark auf die Wasserversorgung (Abb. 34). Mit dem zusätzlichen Wasserangebot wurde dieser Parameter um 60% erhöht. Die Erhöhung fiel bei den Sorten recht unterschiedlich aus. Taifun erfuhr eine Steigerung um 28 die Sorte Victus hingegen um 88%. Der Parameter Samen je Hülse ist recht fixiert und wird weder von der Sorte noch von der Wasserversorgung stark beeinflusst (Abb. 35).

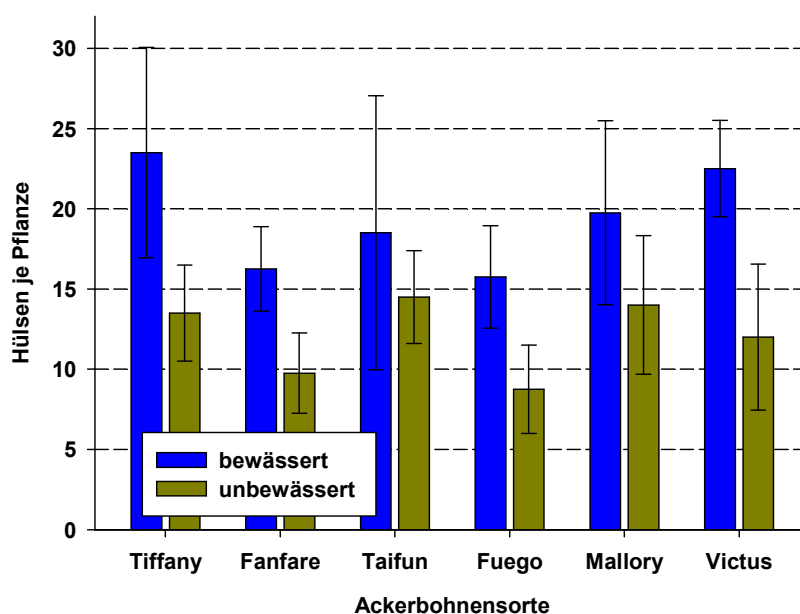


Abbildung 34: Hülsenzahl je Pflanze von Ackerbohnsorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

1. Arbeitspakete Leguminosen

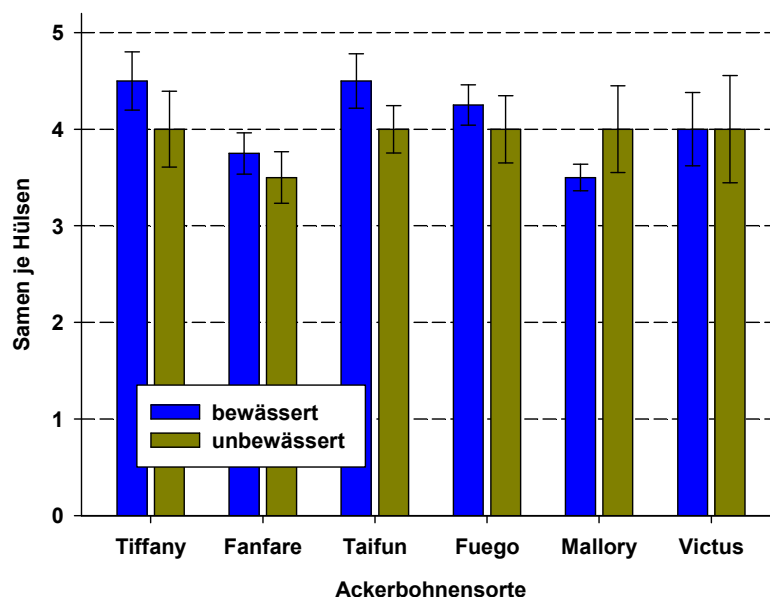


Abbildung 35: Durchschnittliche Samenzahl je Hülse von Ackerbohnenorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

Mit zusätzlichem Wasserangebot steigt die Ackerbohnenprosshöhe um durchschnittlich 59 cm an (Abb. 36). Durch die bessere Wasserversorgung wurden zwar alle Sorten im Längenwachstum in einem sehr ähnlichen Umfang positiv beeinflusst. Ohne Bewässerung lag die Sprosshöhe im Mittel bei 77 und mit Bewässerung bei 136 cm. Das größere Längenwachstum hat sich nicht auf die Lagerbildung ausgewirkt. Alle Ackerbohnen blieben bis zur Ernte aufrecht stehen.

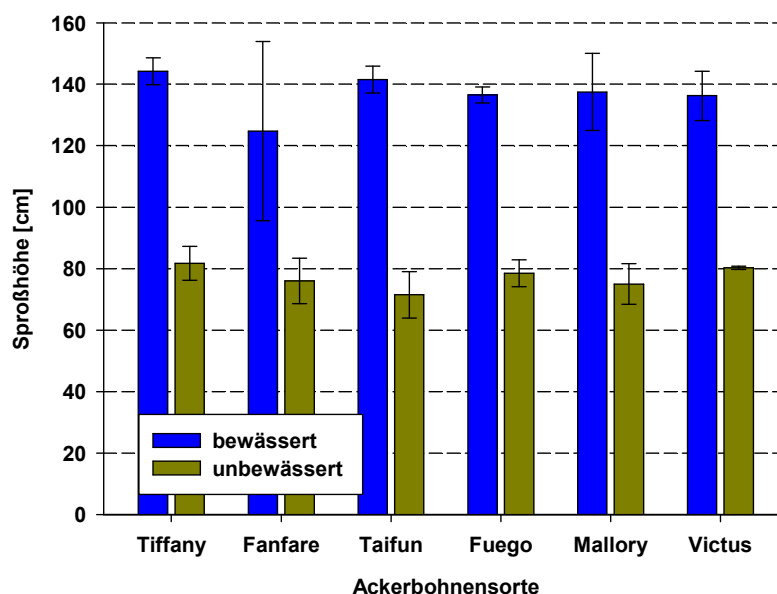


Abbildung 36: Sprosshöhe von Ackerbohnenorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

Leider konnten die Inhaltsstoffanalysen von 4 Ackerbohnenorten in der bewässerten Variante nicht durchgeführt werden, so dass nur bei zwei Sorten der Einfluss der Bewässerung deutlich werden konnte. Hier zeigte sich ein Anstieg im Rohproteingehalt mit der Bewässerung von 30 auf 33% (Abb. 37). In der unbewässerten Variante wurde durchschnittlich ein Rohproteingehalt von 30% erreicht. Die Sorte Mallory wies mit 28% den niedrigsten und die Sorte Victus mit 33% den höchsten Gehalt auf.

1. Arbeitspakete Leguminosen

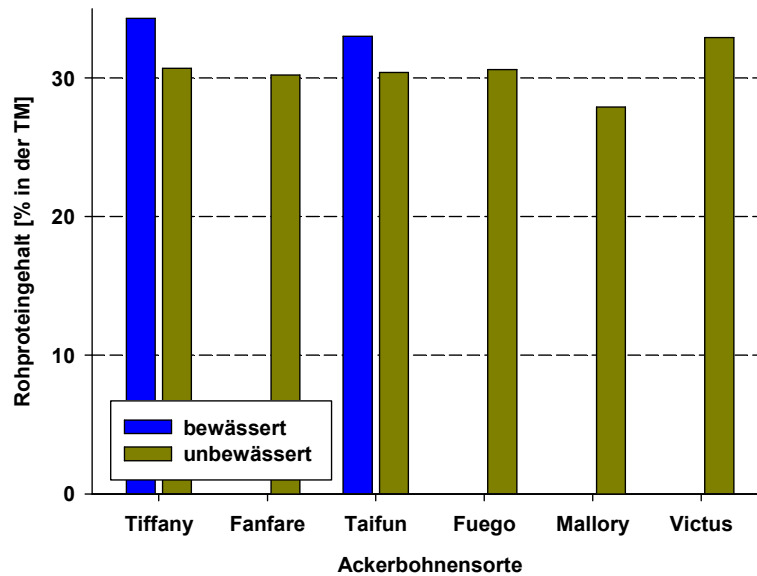


Abbildung 37: Rohproteingehalt in den Körnern von Ackerbohnsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

1.3.2.2 Arbeitspaket 2b): Anbaujahr 2018 – Körnererbsen

Der Ertragsunterschied zwischen bewässerter und nicht bewässerter Stufe fiel bei den Körnererbsen deutlich aus, jedoch wurde der Ertrag gegenüber den Ackerbohnen mit Bewässerung nicht mehr als verdoppelt. Während im Sortenmittel 33 dt/ha ohne Bewässerung erzielt wurden stieg der Ertrag mit Bewässerung auf 56,6 dt/ha an (Abb. 38). Die Sorte Astronaute reagierte am deutlichsten auf die Bewässerung und erreichte über 60 dt/ha Kornertrag. In der bewässerten Variante fällt auf, dass im Durchschnitt der Erbsensorten etwa 10 dt/ha weniger als bei den Ackerbohnen erzielt wurde.

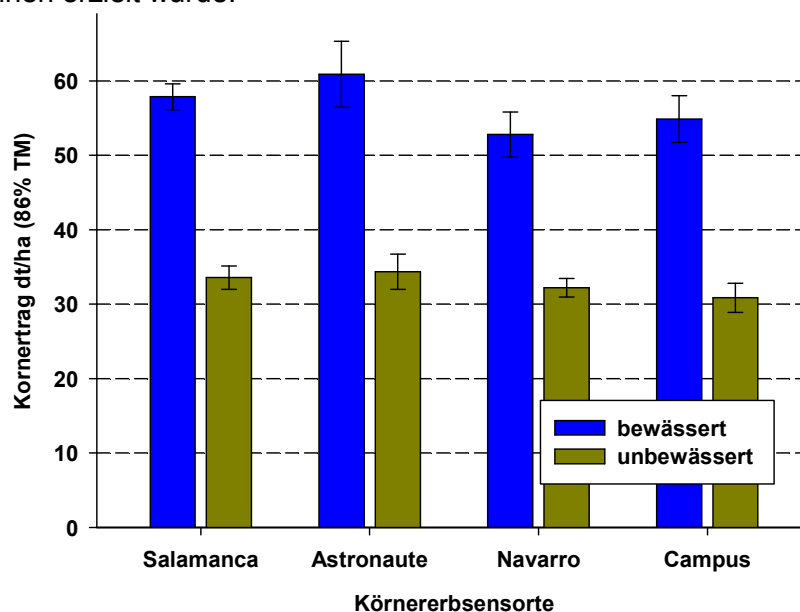


Abbildung 38: Kornertrag von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

Die Pflanzendichte wurde durch die Bewässerung nicht beeinflusst. Allerdings war die Dichte bei der Sorte Astronaute mit durchschnittlich 100 Pfl./m² deutlich höher als bei der Sorte Salamanca mit 82 Pfl./m². Die beiden anderen Sorten lagen dazwischen.

1. Arbeitspakete Leguminosen

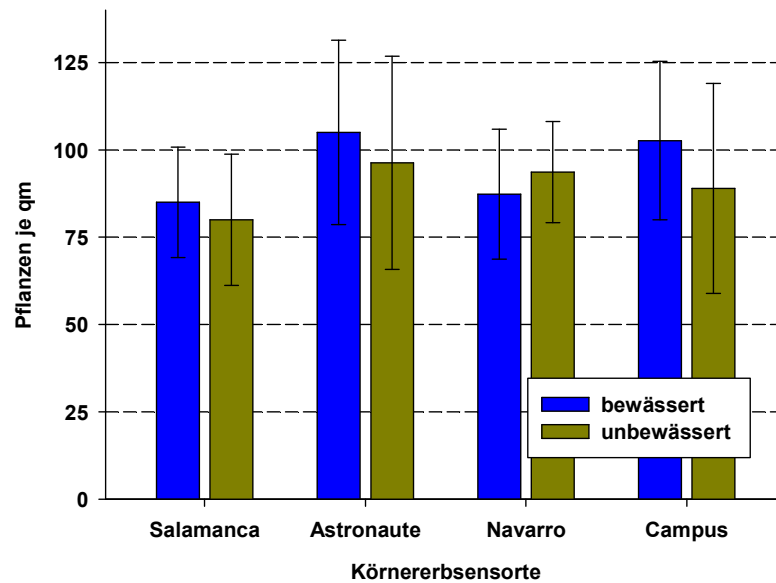


Abbildung 39: Pflanzenanzahl von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

Die Tausendkornmasse beider Erbsen wurde durch die Bewässerung nur geringfügig beeinflusst (Abb. 40). Gewisse Sortenunterschiede wurden sichtbar. So zeigte die Sorte Campus die höchste TKM.

Die Samenzahl je Hülse wurde durch die Bewässerung beeinflusst (Abb. 41). Durchschnittlich steigt mit der Bewässerung die Kornzahl je Hülse um ein Korn. Am deutlichsten war der Effekt der Bewässerung bei der Sorte Navarro.

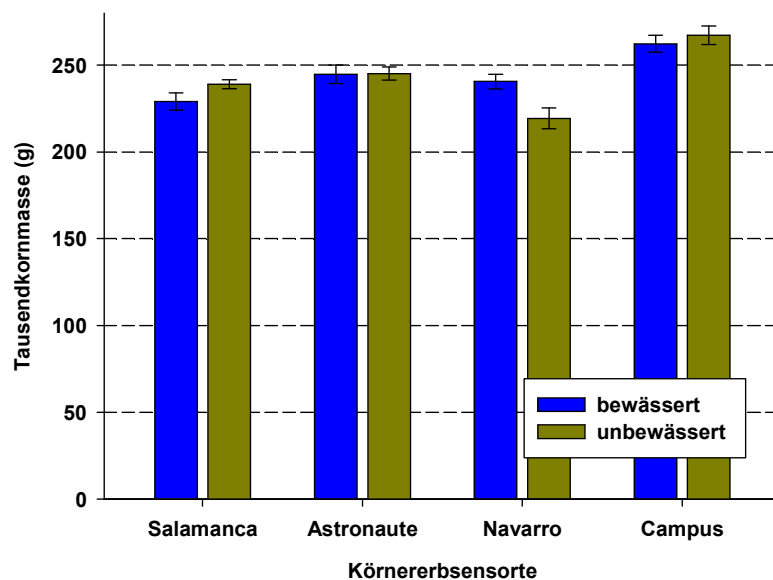


Abbildung 40: Tausendkornmasse von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

1. Arbeitspakete Leguminosen

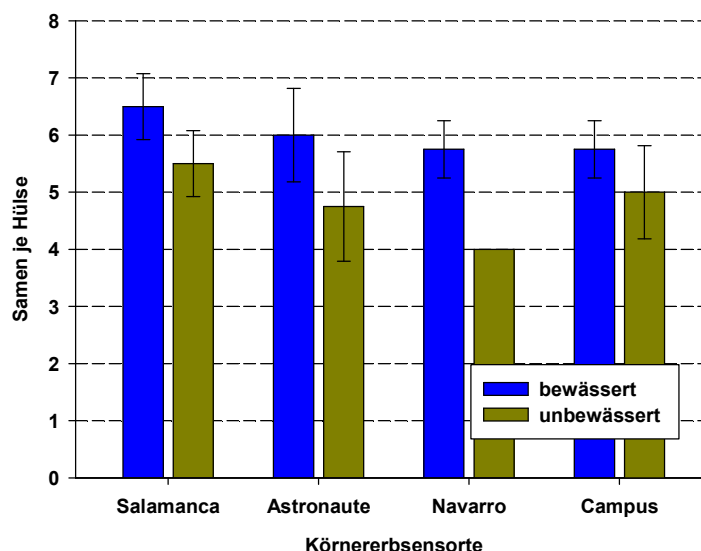


Abbildung 41: Durchschnittliche Samenanzahl je Hülse von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

Die Sprosshöhe der Erbsen wird durch die Zusatzbewässerung nicht so deutlich beeinflusst wie bei den Ackerbohnen (Abb. 42). Lediglich die Sorte Campus zeigte ein größeres Sprosslängenwachstum mit Bewässerung und erreichte mit 96 cm die größte Endhöhe. Auch bei den Erbsen wurde kein Lager zur Ernte festgestellt.

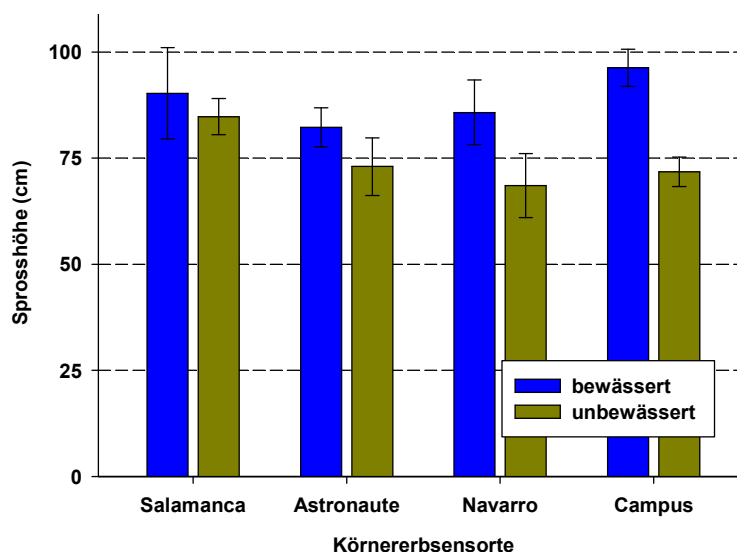


Abbildung 42: Durchschnittliche Sprosshöhe von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

Die Rohproteingehalte der Erbsen lagen mit 24 % deutlich niedriger als bei den Ackerbohnen (Abb. 43). Eine relevante Variation zwischen den Sorten und Bewässerungsstufen konnte mit Ausnahme der Sorte Campus nicht beobachtet werden. Die Sorte Campus wies mit Bewässerung einen Rohproteingehalt von 23% auf und lag damit gegenüber der unbewässerten Variante 3% niedriger.

1. Arbeitspakete Leguminosen

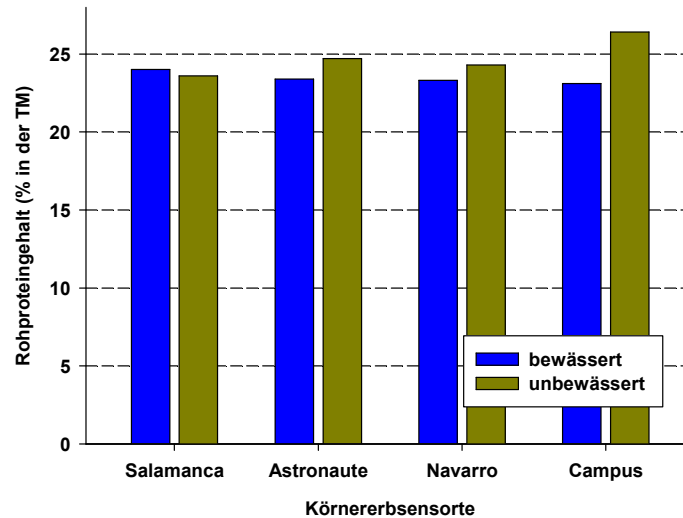


Abbildung 43: Kornrohproteingehalt von Körnererbsensorten in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

1.3.2.3 Arbeitspaket 2b): Anbaujahr 2018 – Lupinen

Es wurde nur eine Lupinensorte der Art *L. angustifolius* (Sorte Zeus wie in 2017) geprüft. Von der Weiße Lupine (*L. alba*) wurden 3 Genotypen angebaut. Neben der Sorte Feodora (auch 2017 geprüft) wurden zwei noch nicht zugelassene Stämme mit höherer Antraknosetoleranz mit untersucht. Die Antraknose trat 2018 in Bingen nicht im relevanten Ausmaß auf.

Bei beiden Lupinensorten wurde eine deutliche Ertragssteigerung mit dem zusätzlichen Wasserangebot beobachtet (Abb. 44). Dabei zeigte die Weiße Lupine unter Trockenstress den besseren Ertrag mit ca. 30 dt/ha als die blaue Lupine mit 16 dt/ha. Mit der Bewässerung stieg auch bei den Lupinen der Ertrag deutlich. Die prozentuale Steigerung entsprach etwa dem der Erbsen. Die Weißen Lupinen erreichten 50 bis 54 dt/ha. Die Sorte Feodora zeigte dabei den höchsten Wert. Auffällig war, dass in der bewässerten Variante die beiden Stämme zur Ernte ins Lager gingen, während die blaue Lupine und die Sorte Feodora kein Lager aufwiesen. Die blauen Lupinen erreichten in der bewässerten Variante einen Kornertag von 35 dt/ha. Durch die veränderte Versuchsanlage konnten im Gegensatz zum Versuchsjahr 2017 alle Varianten zu ihrem optimalen Reifezeitpunkt geerntet werden. Die Kornfeuchte zur Ernte variierte daher zwischen 13 und 15% bei den Weißen Lupinen. Die blauen Lupinen wiesen durch einen gewissen Unkrautdurchwuchs eine Feuchtigkeit von 16 bis 17% auf.

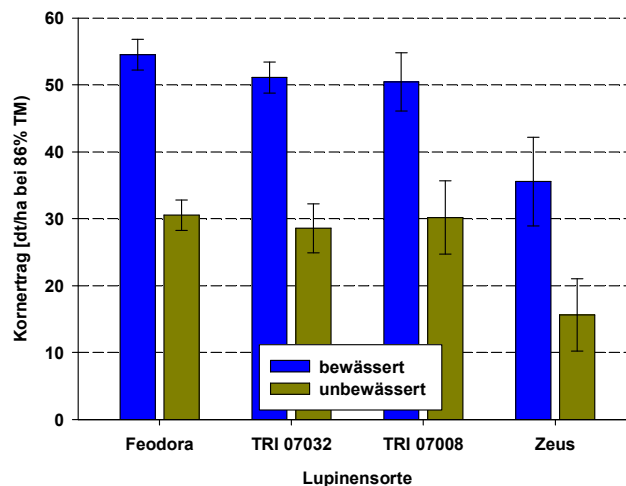


Abbildung 44: Kornertrag von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

1. Arbeitspakete Leguminosen

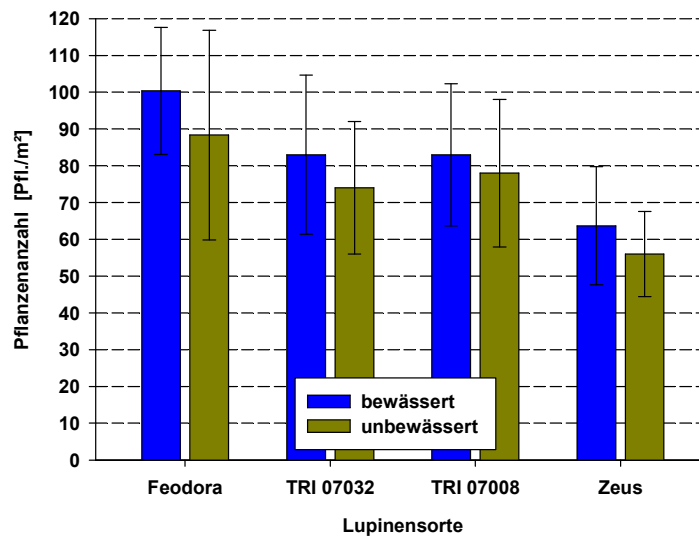


Abbildung 45: Pflanzenzahl von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

Die durchschnittliche Hülsenanzahl je Pflanze wird bei den Blauen Lupinen deutlich und bei den Weißen Lupinen nur im sehr geringen Umfang durch das zusätzliche Wasserangebot positiv beeinflusst (Abb. 46).

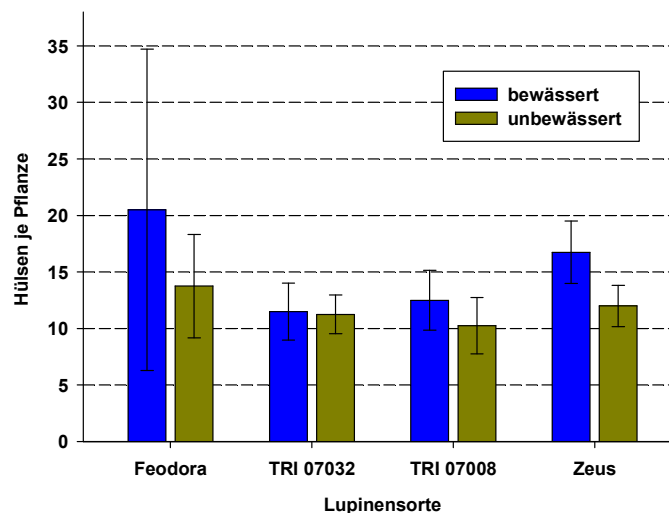


Abbildung 46: Durchschnittliche Hülsenanzahl je Pflanze von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

Die durchschnittliche Samenanzahl wird von der Lupinensorte und dem Wasserangebot nicht beeinflusst (Abb. 47). Die Sprosshöhe wird bei beiden Lupinenarten mit steigendem Wasserangebot erhöht (Abb. 48). Dabei weisen die Weißen Lupinen eine um 7 cm größere Sprosslänge auf.

1. Arbeitspakete Leguminosen

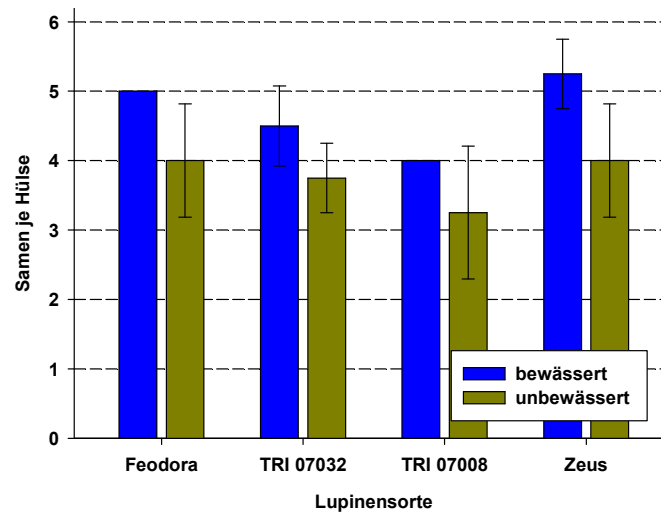


Abbildung 47: Durchschnittliche Samenzahl je Hülse von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

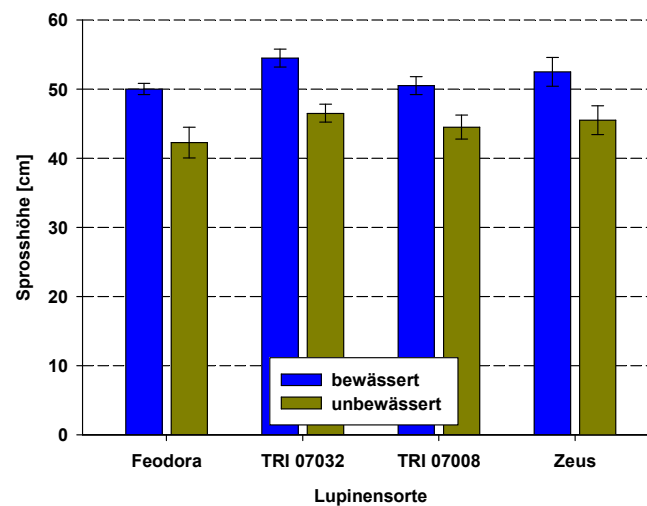


Abbildung 48: Durchschnittliche Sprosshöhe von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

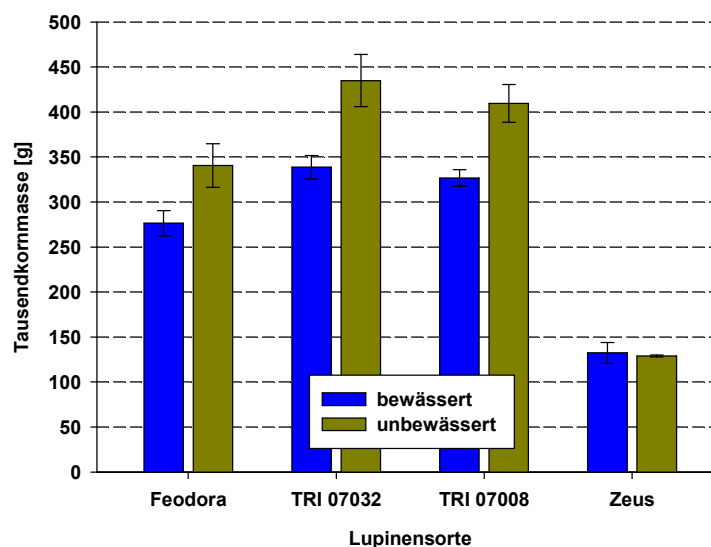


Abbildung 49: Tausendkornmasse von Lupinen in Abhängigkeit der Wasserversorgung am Standort Bingen 2018

1. Arbeitspakete Leguminosen

Die Tausendkornmasse wurde bei der blauen Lupinensorte nicht durch die Zusatzbewässerung beeinflusst (Abb. 49). Hingegen ging die TKM bei den Weißen Lupinen bei allen Genotypen deutlich mit dem zusätzlichen Wasserangebot zurück.

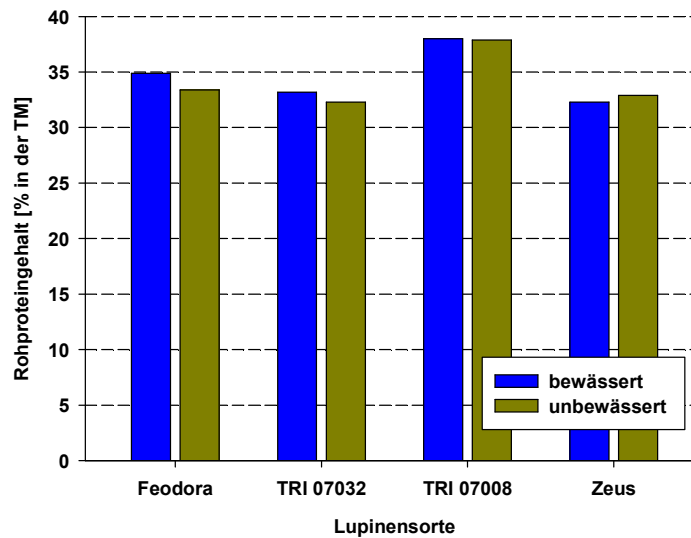


Abbildung 50: Kornrohproteingehalt von Lupinen in Abhängigkeit von der Wasserversorgung, Bingen 2018

Der Rohproteingehalt wurde durch das Zusatzwasserangebot bei beiden Lupinenarten nicht beeinflusst (Abb. 50). Jedoch liegt der Rohproteingehalt bei der Blauen Lupine (Sorte Zeus) mit 32 % etwas niedriger als bei den Weißen Lupinen (Durchschnitt 34 %). Der Genotyp TRI07008 fiel besonders durch den Rohproteingehalt von 38 % auf.

Die Inhaltsstoffe, die den Futterwert der Leguminosen bestimmen, werden vorrangig durch die Art bestimmt (Tab.5). Die Sorten und die Wasserversorgung haben keinen bzw. nur einen marginalen Einfluss. Auffällig ist der hohe Anteil der Rohfasern in den Weißen Lupinen. Neben dem hohen Rohproteingehalt liegt hier doch ein interessantes Potential dieser Kulturart. Daneben weisen insbesondere die Weißen Lupinen mit durchschnittlich ca. 11% einen recht hohen Fettanteil im Samen auf. Bei der Blauen Lupine waren dies nur 8 % und bei Erbsen und Ackerbohnen liegt der Rohfettgehalt bei nur 2%.

1. Arbeitspakete Leguminosen

Tabelle 5: Inhaltsstoffe der Körnerleguminosen je Sorte und Bewässerung vom Standort Bingen 2018

Art	Sorte	BW	XP %	XF %	XS %	NDF %	ADF %
Ackerbohne	Tiffany	-	30,7	9,6	43,0	13,2	12,1
		+	34,3	9,6	40,1	13,4	12,6
	Fanfare	-	30,2	9,1	43,8	12,9	11,8
		+	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.
	Taifun	-	30,4	9,0	45,5	11,7	12,2
		+	33,0	9,4	42,6	12,1	10,9
	Fuego	-	30,6	9,6	43,1	12,6	12,9
		+	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.
	Mallory	-	27,9	10,2	44,9	15,1	12,6
		+	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.
	Victus	-	32,9	8,6	42,3	12,9	11,1
		+	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.
Erbse	Salamanca	-	23,6	6,4	51,4	9,4	7,1
		+	24,0	6,8	51,3	9,8	7,6
	Astronaut	-	24,7	5,6	52,2	8,2	6,7
		+	23,4	6,1	52,7	8,9	7,1
	Navarro	-	24,3	6,1	50,8	9,5	7,4
		+	23,3	6,1	51,9	9,3	7,5
	Campus	-	26,4	5,0	52,0	8,6	6,4
		+	23,1	5,6	53,2	10,6	7,1
Lupine	Feodora	-	33,4	11,5	11,4	22,0	17,5
		+	34,9	14,6	10,3	25,1	20,7
	TRI07032	-	32,3	12,5	12,0	21,7	17,1
		+	33,2	14,4	11,8	25,4	20,1
	TRI07008	-	37,9	11,8	10,5	21,5	16,6
		+	38,0	12,4	10,3	23,5	15,9
	Zeus	-	32,9	14,4	12,7	27,3	20,3
		+	32,3	14,6	12,4	25,3	22,7

BW – Bewässerung + mit – ohne; k.D. – keine Daten vorhanden, XP-Rohproteingehalt, XF – Rohfasergehalt, XS-Stärkegehalt, alle Angaben in % bezogen auf die Trockenmasse

1. Arbeitspakete Leguminosen

Das sehr trockene und warme Frühjahr bzw. Sommer im Jahr 2018 am Standort Bingen waren eine gute Voraussetzung die Effekte einer Zusatzbewässerung in Körnerleguminosen deutlich zu machen. Festgestellt werden konnte, dass bei keiner Art trockenolerante Sorten ausgemacht werden konnten. Allerdings zeigten sich insbesondere die Körnererbsen als trockenoleranter als die übrigen Arten. Ähnlich reagieren die Weißen Lupinen. Erbsen wie Lupinen profitieren auch vom zusätzlichen Wasserangebot, jedoch lag das Ertragsniveau ohne Bewässerung deutlich höher als bei Ackerbohnen oder Blauer Lupine. Interessant war, dass die Rohproteingehalte durch Trockenheit nicht beeinflusst werden. Einzelne Ertragsstrukturparameter hingegen wurden stark beeinflusst (Tab. 6). Dies war bei den verschiedenen Arten aber in unterschiedlicher Ausprägung der Fall.

Tabelle 6: Durchschnittliche Parameterhöhe bei verschiedenen Körnerleguminosen in der Variante mit Bewässerung und relative Höhe in Bezug zum Sortenmittel je Art ohne Bewässerung (= 100%) am Standort Bingen 2018

Art	Ackerbohne		Erbsen		Blaue Lupine		Weiße Lupine	
	abs.	rel. %	abs.	rel. %	abs.	rel. %	abs.	rel. %
Kornertrag (dt/ha)	69,1	211	56,6	173	35,6	228	52,0	175
TKM (g)	516,9	95,7	244,2	99,8	132,4	102,8	314,0	79,6
Pflanzen/m ²	49,2	101	95,0	106	63,7	113,8	88,8	110,9
Hülsen/Pflanze	19,4	160,3	13,4	106,5	16,8	71,6	14,8	126
Samen / Hülse	4,1	104,3	6,2	124,7	5,25	131	4,5	123
Sprosshöhe (cm)	136,8	177,3	88,6	119	52,5	115	51,7	116
Rohprotein i.d.TM (%)	33,7*	110,1	23,5	94,9	32,3	98,2	35,3	100,2

*Vergleich nur bei zwei Sorten möglich

Zusammenfassende Betrachtung der Erträge in den Versuchsjahren 2017 und 2018

In der vergleichenden Ertragsdarstellung mit und ohne Bewässerung bei den Körnerleguminosen zeigt sich der deutliche Jahreseffekt bei allen drei Kulturen (Abb. 51). Allerdings fällt auf, dass die Arten unterschiedlich stark von der Zusatzbewässerung profitieren. Während die Ackerbohnen und die Blauen Lupinen sehr deutlich auf die Bewässerung mit einem Anstieg von 211 bzw. 228% reagieren, ist der Einfluss der Zusatzbewässerung bei den Erbsen und den Weißen Lupinen mit 173 bzw. 175% deutlich geringer. Die Erbsen und die Weißen Lupinen können folglich als trockenolerantere Kultur angesprochen werden. Eine echte Trockenoleranz einzelner Sorten innerhalb der jeweiligen Arten lässt sich aber in beiden Versuchsjahren nicht erkennen.

1. Arbeitspakete Leguminosen

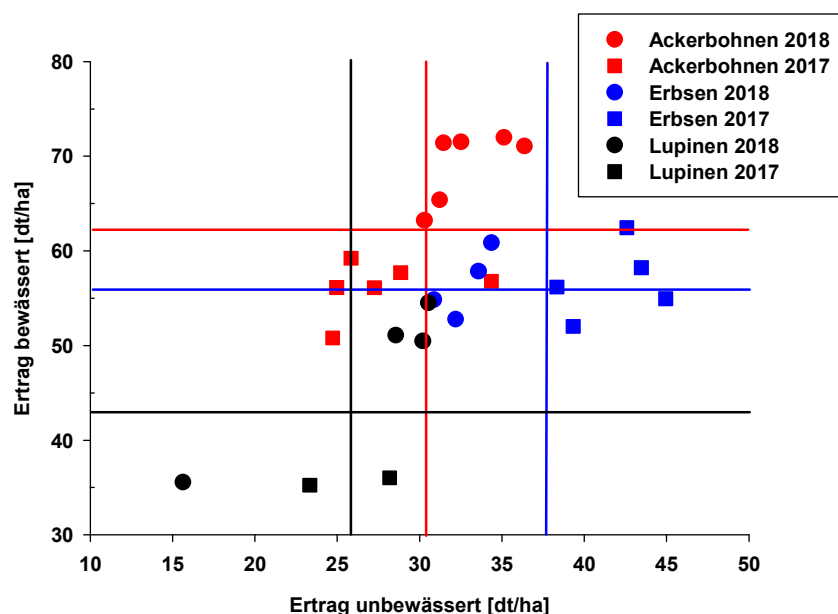


Abbildung 51: Ertrag von Körnerleguminosen mit und ohne Bewässerung am Standort Bingen in den Jahren 2017 und 2018, jeder Punkt stellt den Mittelwert einer Sorte je Jahr dar; die Farben stehen für die jeweiligen Arten; die vertikalen Linien zeigen den Sortenmittelwert je Art ohne Bewässerung und die horizontalen Linien den mittleren Ertrag mit Bewässerung aller Sorten je Art (Farben: rot – Ackerbohnen, blau – Erbsen, schwarz – Lupinen)

1.3.3 Arbeitspaket Legu2b): Anbaujahr 2017 & 2018

In den Versuchsjahren 2017 und 2018 wurden verschiedene Sorten der Körnerleguminosen Ackerbohnen, Erbsen, Blaue und Weiße Lupine in Kleinparzellenfeldversuchen mit und ohne Zusatzbewässerung am Standort Bingen geprüft. Ziel war es geeignete Körnerleguminosen zu identifizieren, die auch unter trockenen Bedingungen eine relative hohe Ertragsicherheit aufweisen. Ferner wurde geprüft, inwieweit sich die wertgebenden Inhaltsstoffe zwischen den Arten und Sorten bzw. mit und ohne Trockenstress verändern. Der Hintergrund der Untersuchungen war die Prüfung der Substituierung von Sojabohnen in den Futtermitteln von Schweinen durch heimische Körnerleguminosen. Die Ernteproben aus diesen Versuchen wurden daher auch für nachfolgende tierphysiologische Prüfungen (andere Teilprojekte des Vorhabens) genutzt.

In beiden Versuchsjahren war ein deutlicher Effekt der Zusatzbewässerung auf die Erträge der verschiedenen Leguminosenarten zu beobachten. Es zeigte sich trotz des sehr warmen Sommers 2018, dass die Ackerbohnen ein hohes Ertragspotential besitzen, obwohl diese als hitzeempfindlich gelten. Es wurden mit Bewässerung 70 dt/ha erreicht. Allerdings zeigte sich auch, dass die jüngeren Blütenanlagen vermutlich aufgrund der Sommerhitze keine Körner mehr ansetzen konnten (trotz Bewässerung) und der Ertrag unter kühleren Bedingungen noch höher hätte ausfallen können. Die Unterschiede zwischen den Ackerbohnenarten waren gering.

In beiden Versuchsjahren waren die Körnererbsen recht trocken tolerant. Der Ertragsabstand zu der bewässerten Variante war im Vergleich zu den anderen Arten deutlich geringer. Im Jahr 2018 zeigte sich ähnliches bei der Weißen Lupine (in Jahr 2017 war die Prüfung der Weißen Lupine technisch nicht optimal). Auch hier war der Ertragsverlust in Relation zur bewässerten Varianten im Vergleich zu den Ackerbohnen und Blauen Lupine deutlich geringer. Aufgrund des hohen Rohprotein-, des Rohfaser- und des Rohfettanteils könnten die Weißen Lupinen eine interessante Alternative zu den Erbsen an trocken-warmen Standorten darstellen. Der Ertrag ist zwar mit den Körnererbsen vergleichbar, die Wertigkeit des Erntegutes ist bei den Weißen

1. Arbeitspakete Leguminosen

Lupinen aber deutlich höher. Vermutlich ist an diesen Standorten die Weiße Lupine auch gegenüber der Sojabohne vorteilhafter. Diese wäre in weiterführenden Ansätzen zu prüfen. Mit der sortentechnischen Weiterentwicklung „Antraknosetoleranz“ könnte die Weiße Lupine für die warm-trockenen Lagen in Rheinland-Pfalz eine interessante Alternative im Körnerleguminosenanbau sein, bzw. diesen überhaupt wirtschaftlich machen.

Von der Blauen Lupine wurde nur eine Sorte in den Prüfungen mitgeführt. Aber dennoch lässt sich festhalten, dass die Blaue Lupine sich trotz Unkrautbekämpfung schwer tut sich gegen das Unkraut durchzusetzen. Eine Spätverunkrautung ist durch den geringen Blattflächenindex kaum zu vermeiden. Ertraglich war die Blaue Lupine im Vergleich zu den anderen Arten am schwächsten. Diese beiden Punkte sprechen gegen die Verwendung der Blauen Lupine in Rheinland-Pfalz.

Bei allen Arten und Sorten zeigte sich, dass die Inhaltsstoffe durch Trockenstress nur geringfügig in den Konzentrationen beeinflusst werden. Folglich sind zwar in trockenen Jahren Ertragsverluste zu befürchten, jedoch ist der Futterwert der Körnerleguminosen nicht gefährdet.

1.4 Arbeitspaket Legu3: Analyse futterrelevanter Inhaltsstoffe – Sortenscreening

Die im Arbeitspaket Legu2 geernteten Leguminosenarten wurden im Rahmen eines Sortenscreenings auf ihre futterrelevanten Inhaltsstoffe hin analysiert.

1.4.1 Arbeitspaket Legu3: Material und Methodik

Nach der Ernte wurden die Körnerleguminosen auf 1 mm Vermahlungsgrad vermahlen und mittels Weender-Analyse (VDLUFA, 20017) erfolgte eine nasschemische Bestimmung der Rohnährstoffgehalte (Trockenmasse- TM, Rohasche- XA, Rohprotein- XP, Rohfaser- XF, Rohfett- XL, Zucker- XZ, Stärke- XS) und der Faserfraktionen nach van Soest (Neutral-Detergenzien-Faser- $aNDF_{OM}$ (nach Amylasebehandlung und Veraschung), Säure-Detergenzien-Faser- ADF_{OM} (nach Veraschung)). Des Weiteren wurden in den Körnerleguminosen die Gehalte an Energie (umsetzbare Energie- UE (Rind), UE (Schwein, nach GfE 2006), UE (Schwein2, nach FmVO §13 Abs. (1), 10. Änd. VO), UE (Geflügel, nach VO(EG) 152/2009); Netto-Energie-Laktation- NEL), das nutzbare Rohprotein- nXP und die ruminale N-Bilanz- RNB ermittelt.

Mithilfe des Statistikprogramms Statistika for Windows (Version 8.0, StatSoft) wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) sowie zur genaueren Prüfung der Signifikanz ein Post-Hoc-Test (Tukey-HSD Test, $p < 0,05$) angewendet. Signifikante Unterschiede mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wurden durch unterschiedliche Kleinbuchstaben in der Ergebnistabelle gekennzeichnet.

1.4.2 Arbeitspaket Legu3: Ergebnisse und Zusammenfassung

Die wichtigsten Rohnährstoffe und Faserfraktionen der unterschiedlichen Leguminosen können der Tabelle 7 entnommen werden. Die höchsten Rohprotein- und Rohfasergehalte wurden in der weißen Lupine im Vergleich zur Ackerbohne und Erbse ermittelt ($p < 0,001$). Durch zusätzliche Bewässerung konnten keine signifikanten Unterschiede verglichen zu den nichtbewässerten Parzellen festgestellt werden.

1. Arbeitspakete Leguminosen

Tabelle 7: ausgewählte Rohnährstoffgehalte und Faserfraktionen

Effekt Legumi-	XP	XF	NDF	ADF
n	g	g	g	g
12 Ackerbohne	262 ^c (298) ± 6,0	69 ^a (89) ± 6,6	147 ± 46,2	97 ^a ± 11,1
10 Erbse	208 ^a (259) ± 5,4	71 ^a (68) ± 14,8	161 ± 84,3	91 ^a ± 18,4
2 weiße Lupine	315 ^d (373) ± 44,9	144 ^b (130) ± 21,9	242 ± 25,7	192 ^b ± 12,0
2 blaue Lupine	233 ^b ± 2,8	156 ^b ± 7,8	223 ± 19,1	229 ^b ± 13,4
Standardfehler	6,552	6,174	13,398	8,907
p-Wert	<0,001	<0,001	0,097	<0,001

Signifikanz bei $p < 0,05$; Vergleichswerte (wenn vorhanden) aus der DLG-Futterwerttabelle in Klammern (DLG, 1997)

Die Unterschiede der Gehalte an metabolischer Energie (Schwein) in den unterschiedlichen Leguminosenarten können der Abbildung 52 entnommen werden.

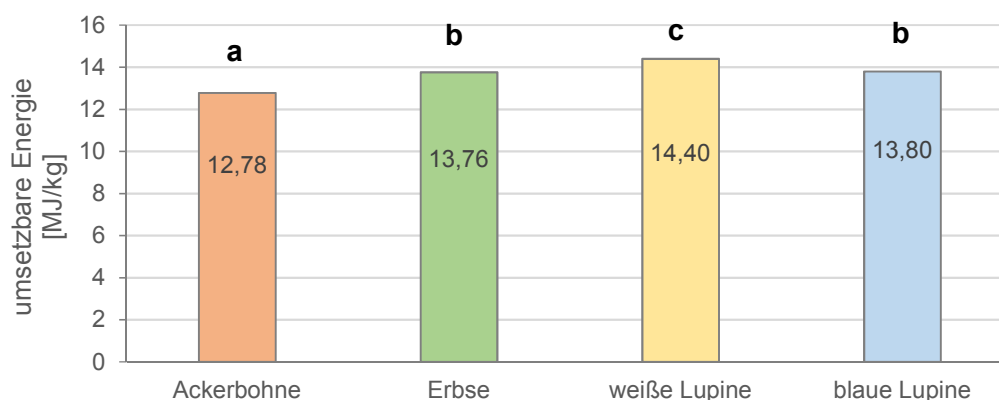


Abbildung 52: metabolische Energie- UE (Schwein, nach GfE 2006)

In Abbildung 52 wird ersichtlich, dass die weiße Lupine im Vergleich zur Ackerbohne, Erbse und blauer Lupine signifikant höhere Gehalte an metabolischer Energie aufweist.

1.5 Arbeitspaket Legu4: tierexperimentelle Studie – Verdaulichkeit (Nährstoffe)

1.5.1 Arbeitspaket Legu4: Einleitung

In der Schweinemast werden große Mengen an GMO-Sojaextraktionsschrot als Proteinquellen eingesetzt. Diese Nutzpflanzen sind durch den Einsatz eines transgenen Bakteriums genetisch so modifiziert, dass sie Schädlingen gegenüber resistenter und Pflanzenschutzmitteln gegenüber toleranter als ihre Wildformen sind (Carman et al., 2013; Flachowsky und Aulrich, 2001). In den letzten Jahren rücken GMO-freie Lebensmittel immer mehr in den Fokus des Verbrauchers und des Lebensmitteleinzelhandels (Peter und Krug, 2016). Der Anbau heimischer Körnerleguminosen bietet eine GMO-freie Alternative, und verhilft den Landwirten langfristig betrachtet unabhängiger vom Sojaimport zu werden. Körnerleguminosen zeichnen sich durch hohe Eiweiß- und Energiegehalte und ein gutes Aminosäurespektrum aus. In den meisten Versuchen wird das Sojaextraktionsschrot als Proteinquelle in den Futtermitteln nur teilweise durch alternative Proteinquellen ersetzt, wodurch es immer noch in der Ration enthalten ist. Auch gibt es aktuell einige Studien, bei denen die alternativen Proteinquellen das Sojaextraktionsschrot als Hauptproteinquelle komplett ersetzen.

Im Rahmen einer Verdaulichkeitsstudie wurden die einzelnen Futtermittelnvarianten auf ihre Verdaulichkeitskoeffizienten hin untersucht.

1. Arbeitspakete Leguminosen

1.5.2 Arbeitspaket Legu4: Material und Methodik

Die Verdaulichkeitsstudie erfolgte auf dem landwirtschaftlichen Versuchs- und Demonstrationbetrieb der Technischen Hochschule Bingen, dem St. Wendelinhof, eine Verdaulichkeitsstudie mit 8 Kastraten dänischer Genetik. Die Tiere wurden mit einem durchschnittlichen Anfangsgewicht von 76,9 kg in Bilanzstoffwechselständen aufgestellt und über 2 aufeinanderfolgenden Durchgängen gefüttert, wodurch sich Wiederholungen der Varianten von n= 5 (Var. A), n=6 (Var. B) und n=5 (Var. C) ergaben. Jeder Durchgang bestand aus einer Adaptionszeit von 3 Tagen und einer Sammelperiode von 6 Tagen im Stoffwechselstand, in der 2x täglich Kot und Harn gesammelt wurden. Die tierindividuelle Futtermenge entsprach dem 2,5-3-fachen Erhaltungsbedarf an Energie. In der Sammelperiode wurden die Kotproben nach quantitativer Erfassung eingefroren und am Ende zu einer Poolprobe konfektioniert, welche dann gefriergetrocknet und vermahlen wurde. Der Harn wurde ebenfalls bis zur Analyse tiefgefroren. Die Methode zur Bestimmung von Verdaulichkeiten von Rohnährstoffen am Schwein erfolgte dabei nach den Richtlinien der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2005). Die Bestimmung der Rohnährstoffe (Trockenmasse-TM, Rohprotein-XP, Rohfaser-XF) erfolgte über die Weenderanalyse im Labor der Technischen Hochschule Bingen (VDLUFA-Methoden), die Bruttoenergie wurde mit einem Bombenkalorimeter (IKA-Calorimeter C5000, Janke & Kunkel IKA Analysentechnik, Staufen) ermittelt.

Der Hauptunterschied der einzelnen Fütterungsvarianten lag dabei in der Proteinquelle. Währenddessen die Tiere der Variante A konventionelles GMO-Sojaextraktionsschrot in der Ration erhielten, bekamen die Schweine der Variante B heimische Körnerleguminosen als alternative Proteinquelle, und die Tiere der Variante C ausschließlich Proteinquellen verfüttert, welche nicht für den menschlichen Verzehr Verwendung finden bzw. geeignet sind (non-food). Die Futterzusammensetzung und die kalkulierten Parameter der einzelnen Varianten können den Tabelle 8 und 9 entnommen werden.

Tabelle 8: Futterzusammensetzung der eingesetzten Varianten

Futterkomponenten	in	A - GMO	B – Legu	C - Non-food
Weizen		40,0	38,0	
Weizenkleie		10,5	10,0	24,1
Gerste		30,7	22,2	
Sojaextr.schrot		15,0		
Rapsschrot			10,0	7,5
Erbsen (gelb)			8,0	
Ackerbohnen			8,0	
Weizennachmehl				10,0
Weizengr.kleie				10,0
DDGS (Protigrain)				10,0
Malzkeime				10,0
Sonnenbl.schrot 33/3				5,0
Corngluten				5,0
Apfeltrester				5,0
ZR-Melasse Schnitzel				5,0

Weitere Kalk, Rübenmelasse, Öl non GMO, NaCl, Vit.-Vorm., Lysin HCl, L-Threonin, MHA, Tryptophan <1,3%)

1. Arbeitspakete Leguminosen

Tabelle 9: Zusammensetzung der kalkulierten Bestandteile der einzelnen Futtervarianten

Inhaltsstoffe in %	A - GMO	B – Legu	C - Non-food
TS	88,3	88,2	89,8
Protein	16,9	15,9	18,3
Faser	4,21	5,09	9,14
ADF	52,8	65,7	128,0
NDF	143,0	153,8	297,5
Asche	4,82	4,80	6,40
Energie (MJ)	12,9	12,8	11,9

Mit Hilfe des Statistikprogramms Statistika for Windows wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) sowie zur genaueren Prüfung der Signifikanz ein Post-Hoc-Test (Tukey-HSD Test, $p < 0,05$) angewendet. Signifikante Unterschiede mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wurden durch unterschiedliche Kleinbuchstaben in den jeweiligen Ergebnistabellen gekennzeichnet.

1.5.3 Arbeitspaket Legu4: Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 10 sind sowohl die täglichen Rohnährstoff-, Stickstoff (N)-, und Bruttoenergieaufnahmen und -ausscheidungen über den Kot, als auch die N-Ausscheidung über den Urin und die N-Retention über die Varianten A, B und C dargestellt.

Tabelle 10: tägliche Aufnahme und Ausscheidung an N, Rohnährstoffen, Bruttoenergie, N-Retention

Parameter		A - GMO	B - Legu	C - Non-food	SEM	p-Wert ¹
Tägliche Aufnahme						
BE- Aufnahme, MJ	MW	28,4 ^a	28,4 ^a	31,5 ^b	0,536	0,018
	s	1,7	1,6	1,8		
XP- Aufnahme, g	MW	288,3 ^a	291,4 ^a	321,1 ^b	5,492	0,017
	s	16,8	16,8	18,3		
N- Aufnahme, g	MW	46,1 ^a	46,6 ^a	51,4 ^b	0,879	0,017
	s	2,7	2,7	2,9		
XF- Aufnahme, g	MW	77,3 ^a	93,3 ^b	164,3 ^c	9,643	<0,001
	s	4,5	5,4	9,4		
Urinausscheidung, g						
N-Ausscheidung/Tag	MW	21,7	22,5	21,8	0,792	0,911
	s	3,5	2,8	3,9		
Kotausscheidung/Tag						
Kotmenge, g TM	MW	290 ^a	335 ^a	552 ^b	31,408	<0,001
	s	29	22	89		
GE- Ausscheidung, MJ	MW	5,29 ^a	5,97 ^a	10,20 ^b	0,590	<0,001
	s	0,5	0,4	1,6		
XP- Ausscheidung, g	MW	44,4 ^a	52,1 ^a	80,4 ^b	4,556	<0,001
	s	6,3	2,7	16,8		
N- Ausscheidung, g	MW	7,1 ^a	8,3 ^a	12,9 ^b	0,729	<0,001
	s	1,0	0,4	2,7		
XF- Ausscheidung, g	MW	44,7 ^a	72,6 ^a	109,6 ^b	7,779	<0,001
	s	25,9	6,5	16,1		
N-Retention, %	MW	37,8	33,5	32,8	2,137	0,633
	s	6,2	9,9	9,7		

¹ p-Wert anhand ANOVA (GLM). ^{a, b, c, ...} Mittelwerte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich: $p < 0,05$ (post-hoc Tukey HSD)

1. Arbeitspakete Leguminosen

Durch den Ersatz von GMO-Soja mit non-food-Proteinquellen (C) wurde ein signifikant höherer Gehalt an Bruttoenergie, XF, XP und somit auch N über das Futter aufgenommen, wodurch eine signifikant höhere Menge an Bruttoenergie, XF, XP und N über den Kot verglichen mit den Varianten A (GMO) und B (Legu) ausgeschieden wurden. Dabei lagen die Werte der Varianten A (GMO) und B (Legu) jeweils auf gleichem Niveau. Die N-Retention aller Varianten war gleich.

Aus der Tabelle 11 können die errechneten Verdaulichkeitskoeffizienten der Rohnährstoffe (TM, XP, XF) und der Bruttoenergie entnommen werden. Durch den Ersatz von GMO-Soja mit non-food-Proteinquellen (C) wurde signifikant weniger TM, Bruttoenergie und XP verglichen mit den Varianten A (GMO) und B (Legu) verdaut. Dabei lagen die Verdaulichkeiten der Varianten A und B auf gleichem Niveau. Durch den Einsatz von heimische Körnerleguminosen in der Ration von Schweinen lag die XF-Verdaulichkeit signifikant unter der der Variante der non-food-Proteinquellen in der Ration (C).

Tabelle 11: Verdaulichkeitskoeffizienten der Rohnährstoffe und der Bruttoenergie

Verdaulichkeit, %		A - GMO	B - Legu	C - Non-food	SEM	p-Wert ¹
Trockenmasse	MW	83,0 ^b	80,6 ^b	68,7 ^a	1,667	<0,001
	s	1,6	1,6	3,56		
Bruttoenergie	MW	81,4 ^b	78,9 ^b	67,7 ^a	1,597	<0,001
	s	1,7	1,8	3,4		
Rohprotein	MW	84,5 ^b	82,1 ^b	75,1 ^a	1,208	<0,001
	s	2,4	1,6	4,3		
Rohfaser	MW	26,8 ^{ab}	22,1 ^a	33,6 ^b	1,984	0,042
	s	6,4	6,9	6,3		

¹ p-Wert anhand ANOVA (GLM). ^{a,b,...} Mittelwerte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich: p < 0,05 (post-hoc Tukey HSD)

1.5.4 Arbeitspaket Legu4: Fazit

Die TM-, XP- und Bruttoenergie-Verdaulichkeiten der Varianten A (GMO) und B (Legu) befanden sich auf gleichem Niveau, und lagen jeweils signifikant über den Verdaulichkeitskoeffizienten der Variante C (non-food). Somit könnten heimische Körnerleguminosen eine gute alternative Proteinquelle im Austausch gegen GMO-Soja darstellen.

1.6 Arbeitspaket Legu5: tierexperimentelle Studie – Fütterungsversuch Mastschwein (Leguminosen vs. Soja)

Im Rahmen eines Leistungsversuches wurde untersucht, ob der Einsatz alternativer Proteinquellen, zu gleichen Mastergebnissen bei Schweinen in der Endmast führt. Insgesamt wurden drei unterschiedliche Proteinquellen mit möglichst gleichen Inhaltsstoffen in den Rationen verwendet (Variante A: GMO-Soja, Variante B: heimische Körnerleguminosen, Variante C: non-food-Mischung).

1.6.1 Arbeitspaket Legu5: Material und Methodik

Der Leistungsversuch wurde in den Versuchsställen der Technischen Hochschule Bingen, im DLR Westpfalz, mit 48 Schweinen dänischer Genetik durchgeführt. Die Aufstallung der Tiere erfolgte in Einzelboxen mit Stroheinlage. Insgesamt wurden jeweils 16 Tiere gleichmäßig nach dem Lebendgewicht (gleicher Mittelwert und gleiche Standardabweichung pro Variante, jeweils 50 % Kastrate und 50 % weibliche Tiere) auf die drei Futtermvarianten aufgeteilt. Die Datenerfassung erfolgte im Gewichtsbereich von 75-115 kg tierindividuell für die Lebendmasse (LM, kg) und die Futteraufnahme (FA, g/Tag). Die Tageszunahme (TZ, g/Tier/Tag) wurde anhand der LM, und die Futterverwertung (FVW, g Futter/g TZ) anhand der FA und der

1. Arbeitspakete Leguminosen

TZ berechnet. Zusätzlich wurde nach der Schlachtung der Tiere (48 Tiere vom Leistungsversuch & 8 Tiere vom Verdauungsversuch) die Schlachtparameter Schlachtgewicht, Speck-, Fleisch-, und Magerfleischanteil ermittelt.

Der Hauptunterschied der einzelnen Fütterungsvarianten lag dabei in der Proteinquelle. Währenddessen die Tiere der Variante A konventionelles GMO-Sojaextraktionsschrot in der Ration erhielten, bekamen die Schweine der Variante B heimische Körnerleguminosen als alternative Proteinquelle, und die Tiere der Variante C ausschließlich Proteinquellen verfüttert, welche nicht für den menschlichen Verzehr Verwendung finden bzw. geeignet sind (non-food). Die Futterzusammensetzung und die kalkulierten Parameter der einzelnen Varianten können den Tabelle 12 und 13 entnommen werden.

Tabelle 12: Futterzusammensetzung der eingesetzten Varianten

Futterkomponenten in %	A - GMO	B – Legu	C - Non-food
Weizen	40,0	38,0	
Weizenkleie	10,5	10,0	24,1
Gerste	30,7	22,2	
Sojaextr.schrot	15,0		
Rapsschrot		10,0	7,5
Erbsen (gelb)		8,0	
Ackerbohnen		8,0	
Weizennachmehl			10,0
Weizengr.kleie			10,0
DDGS (Protigrain)			10,0
Malzkeime			10,0
Sonnenbl.schrot 33/3			5,0
Corngluten			5,0
Apfeltrester			5,0
ZR-Melasse Schnitzel			5,0

Weitere Kalk, Rübenmelasse, Öl non GMO, NaCl, Vit.-Vorm., Lysin HCl, L-Threonin, MHA, Tryptophan <1,3%)

Tabelle 13: Zusammensetzung der kalkulierten Bestandteile der einzelnen Futtervarianten

Inhaltsstoffe in %	A - GMO	B – Legu	C - Non-food
TS	88,3	88,2	89,8
Protein	16,9	15,9	18,3
Faser	4,21	5,09	9,14
ADF	52,8	65,7	128,0
NDF	143,0	153,8	297,5
Asche	4,82	4,80	6,40
Energie (MJ)	12,9	12,8	11,9

Mit Hilfe des Statistikprogramms Statistika for Windows wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) sowie zur genaueren Prüfung der Signifikanz ein Post-Hoc-Test (Tukey-HSD Test, $p < 0,05$) angewendet. Signifikante Unterschiede mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wurden durch unterschiedliche Kleinbuchstaben in den jeweiligen Ergebnistabellen gekennzeichnet.

1. Arbeitspakete Leguminosen

1.6.2 Arbeitspaket Legu5: Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Leistungsparameter (Lebendmasse-LM, Tageszunahme-TZ, Futteraufnahme-FA, Futtermittelverwertung-FVW) können der Tabelle 14 entnommen werden.

Die Lebendmasseentwicklung der Schweine der Varianten A (GMO) und B (Legu) befanden sich am Versuchstag 31 und 45 auf identischem Niveau, wobei die LM der Tiere der Variante C (non-food) numerisch darunterlagen. Dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht abgesichert. Die täglichen Zunahmen im Zeitraum von Tag 0-31 und Tag 32-45 aller Varianten waren nahezu identisch. Über den gesamten Versuchszeitraum hinweg gesehen lagen die TZ der Tiere der Variante C (non-food) numerisch unter dem TZ der Varianten A (GMO) und B (Legu). Die Futteraufnahme der Tiere der Variante C (non-food) lag innerhalb der ersten 31 Tage numerisch unter der FA der Varianten A (GMO) und B (Legu).

Tabelle 14: Leistungsparameter

Parameter		A - GMO	B – Legu	C - Non-food	SEM	p-Wert ¹
LM, kg						
Tag 0	MW	76,8	77,0	77,0	0,805	0,995
	s	6,3	5,8	5,0		
Tag 31	MW	106,5	106,6	103,5	1,289	0,558
	s	10,2	8,9	7,7		
Tag 45	MW	119,9	120,6	117,4	1,427	0,632
	s	11,9	9,5	8,3		
TZ, g/Tier/Tag						
Tag 0-31	MW	958	954	856	0,024	0,157
	s	153	175	169		
Tag 32-45	MW	955	1004	989	0,035	0,851
	s	217	240	286		
Tag 0-45	MW	957	970	898	0,021	0,325
	s	147	136	147		
FA, kg/ Tier/Tag						
Tag 0-31	MW	2,81	2,72	2,59	0,048	0,183
	s	0,30	0,42	0,24		
Tag 32-45	MW	3,38	3,55	3,72	0,077	0,190
	s	0,60	0,47	0,49		
Tag 0-45	MW	2,98	2,98	2,94	0,048	0,928
	s	0,36	0,39	0,25		
FVW, kg Futter/ kg Zuwachs						
Tag 0-31	MW	2,98	2,92	3,11	0,078	0,602
	s	0,48	0,59	0,56		
Tag 32-45	MW	3,71	3,72	3,99	0,144	0,670
	s	1,09	0,91	1,01		
Tag 0-45	MW	3,15	3,09	3,34	0,064	0,246
	s	0,45	0,31	0,52		

¹ p-Wert anhand ANOVA (GLM). a. b.... Mittelwerte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich: p < 0,05 (post-hoc Tukey HSD)

Während der Fütterungsperiode zwischen den Versuchstagen 32-45 wies die Variante C (non-food) eine numerisch höhere FA auf. Über den gesamten Versuchszeitraum befanden sich die FA der Tiere jedoch auf gleichem Niveau. Somit konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Fütterungsvarianten bezüglich der Leistungsparameter der Tiere festgestellt werden.

1. Arbeitspakete Leguminosen

Die Schlachtparameter können der Tabelle 15 entnommen werden. Die Tiere aller drei Futtervarianten erreichten ein Mastendgewicht von <120 kg LM.

Tabelle 15: Schlachtparameter

Schlachtparameter		A - GMO	B - Legu	C - Non-	SEM	p-
Schlachtgewicht, kg	MW	94,4	93,5	91,4	1,190	0,573
	s	9,3	7,2	6,5		
Speckmaß	MW	15,0	13,4	13,5	0,561	0,412
	s	4,3	3,1	3,3		
Fleischmaß	MW	62,2	61,4	62,1	0,775	0,914
	s	5,4	5,5	4,6		
Magerfleischanteil, %	MW	58,3	59,66	59,6	0,490	0,465
	s	3,8	2,6	2,9		

¹ p-Wert anhand ANOVA (GLM). a. b.... Mittelwerte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich: $p < 0,05$ (post-hoc Tukey HSD)

Numerisch lag das durchschnittliche Schlachtgewicht der Tiere der Variante C (non-food) unter dem der Tiere der Varianten A (GMO) und B (Legu). Währenddessen die Schlachtkörper der Variante A (GMO) einen höheren Speckanteil aufwiesen, lag der Magerfleischanteil der Varianten B (Legu) und C (non-food) über dem der Variante A (GMO).

1.6.3 Arbeitspaket Legu5: Fazit

Durch den Einsatz von sowohl heimischen Körnerleguminosen als auch non-food-Futtermitteln verglichen mit konventionellem GMO-Sojaextraktionsschrot in der Futtermittelfütterung von Mastschweinen konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Leistungsparameter (LM, TZ, FA, FVW) und Schlachtparameter (Schlachtgewicht, Speck-, Fleisch- und Magerfleischanteil) bei Mittel-Endmastschweinen verifiziert werden.

Die Verdaulichkeitsstudie und der Fütterungsversuch wurden bereits auf einer Fachtagung in Fulda vorgestellt und im Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung veröffentlicht (Priester et al., 2018).

1.7 Arbeitspaket Legu6: Praxisversuch Sauen (Sauenfütterung basierend auf Leguminosen und ausgewählten Faserfraktionen – ohne Sojaextraktionsschrot)

1.7.1 Arbeitspaket Legu6: Material und Methoden

Die tierexperimentelle Studie wurde auf dem Praxisbetrieb der Otto-Rudolph-Werner GbR mit 64 gesunden und vitalen Sauen der Rasse Dan-Genetik durchgeführt. Die Aufstallung der Tiere erfolgte in zwei Abferkelabteile mit jeweils 32 Abferkelbuchten, welche jeweils einen Ferkelschutzkorb, eine Wärmeplatte, einen Fresstrog für die Sauen und je einen für die Ferkel enthielten. Die Wasserversorgung erfolgte *ad libitum* durch eine offene Tränke.

Die Tiere wurden am 109. Tag der Trächtigkeit auf die 2 Abferkelabteile aufgeteilt, wohingegen die Sauen im ersten Abteil eine Ration ohne GMO-Soja (Variante A) und die Tiere im zweiten Abteil eine Futtermittelfütterung mit konventionellem Futter mit GVO-Soja (Variante B) in flüssiger Form erhielten. Die Futterzusammensetzung kann dabei der Tabelle 16 entnommen werden. Die Futtermittelfütterung beider Varianten war im Grundaufbau identisch, sie unterschieden sich lediglich in den Ergänzern (Tabelle 17 und Tabelle 18).

1. Arbeitspakete Leguminosen

Tabelle 16: Zusammensetzung der Futterrationen

Rohstoff		Laktationsfutter	
Weizen, %		30	
Gerste, %		49	
Mischöl, %		1	
Ergänzer ¹ , %		20	
Inhaltsstoffe			
Trockenmasse, %	88	Kupfer, %	14,23
Energie, MJ ME	13,14	Lysin, %	1,01
Rohprotein, %	16,99	Vitamin A, IE	10.534
Rohfett, %	3,26	Vitamin D, IE	1.501
Rohfaser, %	4,05	Vitamin E, Mg	79
Rohasche, %	5,25	Biotin, Mcg	377
Calcium, %	0,85	Methionin+Cystin	0,59
Phosphor, %	0,58	Threonin	0,59
Verdaulicher Phosphor, %	0,32	Tryptophan	0,20
Natrium, %	0,25		

¹ Variante A: GMO-freier Ergnzer - TH 3171 Sauenergänzer (Mischfutterwerke Mannheim), Variante B: GMO Ergnzer - Schaumalac EG Z 19 (Firma Schaumann)

Tabelle 17: Zusammensetzung der Ergnzer

Variante A – Legu GMO-frei	Variante B – Soja GMO
Sonnenblumenschrot 33/3 (17%)	Sojaextraktionsschrot (dampferhitzt) ¹
Rapsschrot (16,6%)	Ca-Natriumphosphat
Erbsen (15,0%)	Calciumcarbonat
Ackerbohnen (15,0%)	Sojabohnen (dampferhitzt) ¹
Maiskleber, 60% (13,0%)	Natriumchlorid
Kalk, fein (7,3%)	Bierhefe/Malzkeime (40:60)
Monocalciumphosphat lose (4,8%)	Monocalciumphosphat
Natriumchlorid (2,7%)	Sojaöl ¹
Lysin 78 (2,5%)	
Vitamin Vormischung (1,9%)	
Öl NON GVO (1,7%)	
Lysin fl. 50 (1,5%)	
Magnesiumoxid (0,5%)	
Methionin-Hydrat Pulver (0,3%)	
L-Threonin (0,2%)	

¹ aus gentechnisch veränderten Sojabohnen

Tabelle 18: Inhaltsstoffe der Ergnzer beider Varianten

Inhaltsstoffe in %	Variante A – Legu GMO-frei	Variante B – Soja GMO
Rohprotein	29,40	40,00
Rohfett	5,30	2,90
Rohfaser	8,80	4,20
Rohasche	20,70	18,00
Calcium	4,04	4,00
Phosphor	1,58	1,70
Natrium	1,12	1,10
Lysin	3,64	3,60
Methionin	0,80	0,73

1. Arbeitspakete Leguminosen

Die Dokumentation der Wurfgewichte (ab 1. Lebenstag) erfolgte wöchentlich, wobei anfangs ein Wurfausgleich durchgeführt wurde, und alle Ferkel, welche während des Versuches verwendeten, gewogen und mit der entsprechenden Wurfmasse verrechnet wurden. Neben der Anzahl an Ferkeln pro Sau, wurden die Zunahmen der Würfe und die Futteraufnahmen der Sauen ermittelt. Die erhobenen Daten wurden mithilfe des Statistikprogramms Statistika for Windows (Version 8.0, StatSoft) verrechnet, indem eine Varianzanalyse (ANOVA) sowie zur genaueren Prüfung der Signifikanz ein Post-Hoc-Test (Tukey-HSD Test, $p < 0,05$) angewendet wurde.

1.7.2 Arbeitspaket Legu6: Ergebnisse und Fazit

Die Ergebnisse können den Abbildungen 53 bis 55 entnommen werden.

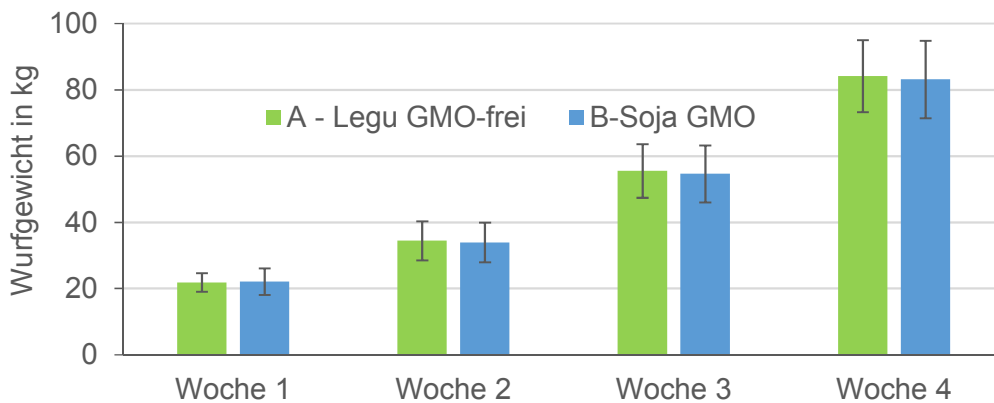


Abbildung 53: wöchentliche Wurfgewichte nach Wurfausgleich

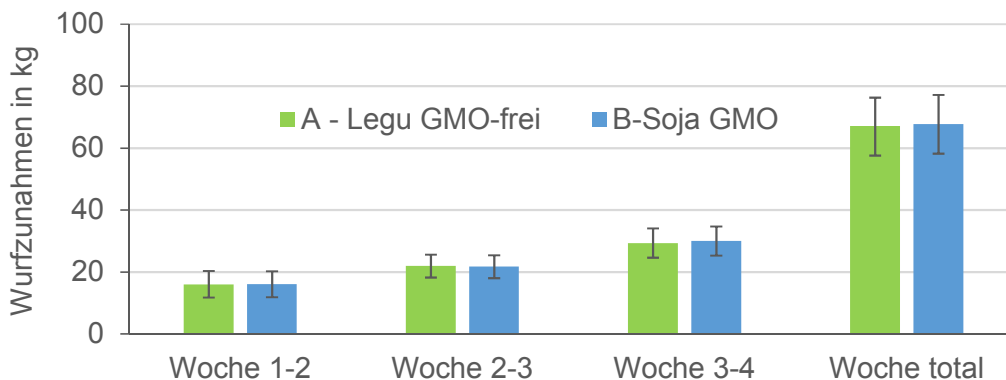


Abbildung 54: wöchentliche Zunahmen der Würfe

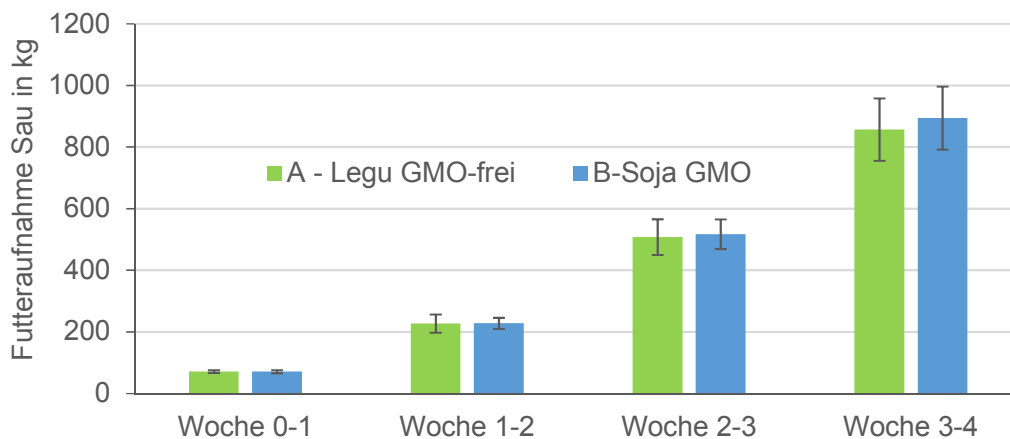


Abbildung 55: wöchentliche Futteraufnahme der Sauen

1. Arbeitspakete Leguminosen

Sowohl durch die Fütterung von GMO-freien Produkten als auch von GMO-Sojaprodukten wurden keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Wurfgewichte, Wurfzunahmen und Fut-
teraufnahmen der Sauen ermittelt.

2. Arbeitspakete Faserfraktionen

2.1 Arbeitspaket Faser1: Vorbereitung/ Vor-Versuche (Methodik)

Nach umfangreicher Literaturrecherche zur Thematik „Faserversorgung in der Schweinefütterung“ wurden die wichtigsten Parameter wie z.B. Wasserbindevermögen (WBV), Wasserhaltekapazität (WHC), Quellvermögen, Viskosität, etc. als physikalische Kenngrößen für die Faserfraktionen in Futtermitteln festgelegt und im Arbeitspaket Faser2: „Methoden-Entwicklung und Rohstoffanalysen für Faserfraktionen“ in experimentellen Studien im Labor bestimmt. Diese Daten sollen u.a. als Grundlage für eine Zusammenstellung einer vollständigen Futtermittelmatrix dienen, um zukünftig faserreiche Futtermittel besser im Hinblick auf ihre Faserfraktionen einschätzen zu können. Zur Vervollständigung der Datenbank sind noch weitere experimentelle Studien im Rahmen dieses Projektes erforderlich.

2.2 Arbeitspaket Faser2a): Rohstoffanalysen für Faserfraktionen

Die Versorgung und Fütterung von Nutztieren stellen hohe Anforderungen an die Qualität und die Eigenschaften der verschiedenen Futtermittel. Die Qualität eines Futtermittels wurde bisher über den Rohfasergehalt bestimmt. Jedoch spielen auch andere Eigenschaften, wie die Viskosität, die Wasserbindekapazität und das Quellvermögen eine wichtige Rolle bei der optimalen Fütterung.

2.2.1 Arbeitspaket Faser2a): Material und Methodik

Um die jeweiligen Eigenschaften der Futtermittel in der Praxis besser beurteilen zu können, wurden in Laborversuchen 28 Futtermittel (verschiedene Getreidearten, Melasseschnitzel, Luzerne-, Lein-, und Sojaprodukte, Rapsschrot und Apfeltrester) in Bezug auf Extraktviskosität, Wasserbindekapazität und Quellvermögen untersucht.

2.2.1.1 Arbeitspaket Faser2a): Messung der Extraktviskosität (Methode nach Dusel et al. 1997)

Die Futtermittel wurden zunächst in einer Fallzahlmühle auf 1 mm Vermahlungsgrad vermahlen. Anschließend wurden 0,2 g des Probenmaterials in jeweils 10 Zentrifugentubes eingewogen, mit 1 g destilliertem Wasser aufgefüllt (Suspension 1:5), und in einem Schüttelinkubator über einen Zeitraum von 30 min bei einer konstanten Temperatur von 38°C inkubiert. Daraufhin wurden die Proben für drei Minuten bei 10.000 Umdrehungen (rpm) zentrifugiert (Hettich Zentrifuge EBA 12), und innerhalb der nächsten 15 min erfolgte die Messung der Extraktviskosität, indem der Überstand der insgesamt zehn Tubes desselben Materials abpipettiert und gemischt wurden. Aus diesem Pool wurden zwei Proben von je 0,5 ml entnommen und nacheinander bei einer Spindeldrehzahl von 100 rpm im Brookfield-digital-Viskosimeter gemessen. Anschließend wurde eine weitere Suspension angesetzt, um zwei weitere Futtermittel mit einzubeziehen.

2.2.1.2 Arbeitspaket Faser2a): Messung der Wasserbindekapazität (Methode nach Sonja de Vries 2014)

Für die Messung der Wasserbindekapazität wurden jeweils 0,4 g des auf 1 mm vermahlene Materials mit 10 g destilliertem Wasser aufgefüllt, und 24 Stunden bei Raumtemperatur ruhen gelassen. Nach Ablauf der 24 Stunden wurden die Proben 20 min bei ca. 3.100 Umdrehungen (rpm) zentrifugiert (Hettich Universal 16A Zentrifuge), das überstehende Wasser in den Reagenzgläsern abdekantiert und zurückgewogen.

2. Arbeitspakete Faserfraktionen

2.2.1.3 Arbeitspaket Faser2a): Messung des Quellvermögens (Methode nach Robertson et al. 2000)

Zur Ermittlung des Quellvermögens wurde jeweils 1 ml des Probenmaterials in einen Messzylinder gefüllt, mit 8 ml destilliertem Wasser aufgefüllt und abgedeckt für 24 Stunden bei Raumtemperatur ruhen gelassen. Nach Ablauf der 24 Stunden wurde die Volumenzunahme der einzelnen Futtermittel und der verbliebene Wasserstand abgelesen. Das Restwasser wurde abdekantiert und zurückgewogen.

2.2.2 **Arbeitspaket Faser2a): Ergebnisse und Diskussion**

2.2.2.1 Arbeitspaket Faser2a): Ergebnisse und Diskussion – Messung der Extraktviskosität (Methode nach Dusel et al. 1997)

Die Messergebnisse der Extraktviskosität gleicher Futtermittel wurden jeweils arithmetisch gemittelt (siehe Abbildung 56 und 57).

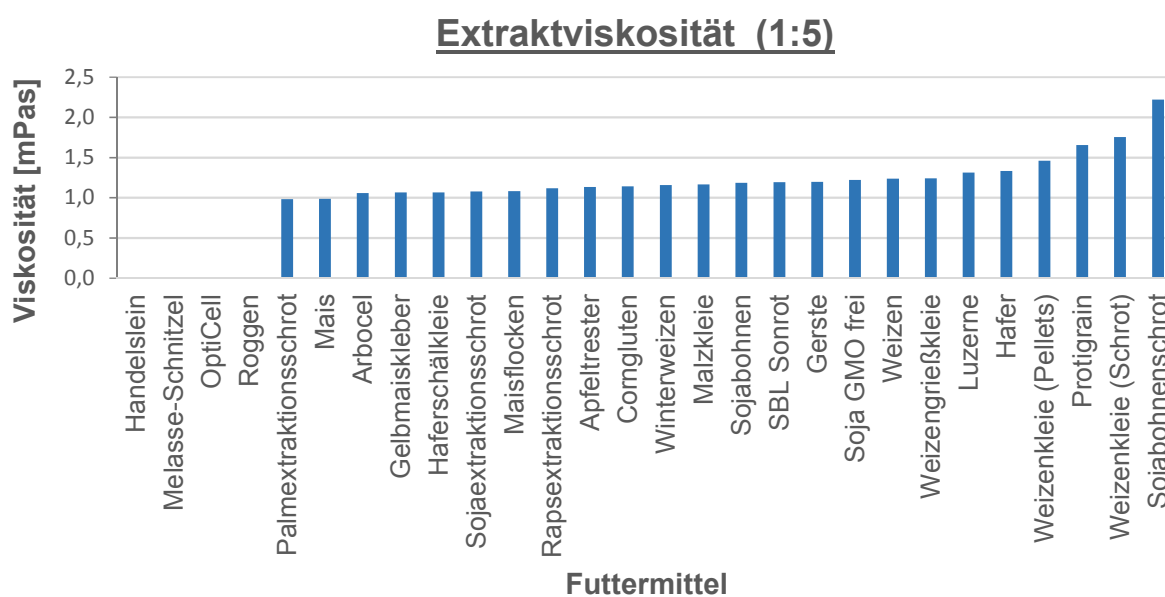


Abbildung 56: Mittelwert der Extraktviskosität (Verhältnis 1:5) von geringer bis hohe Viskosität

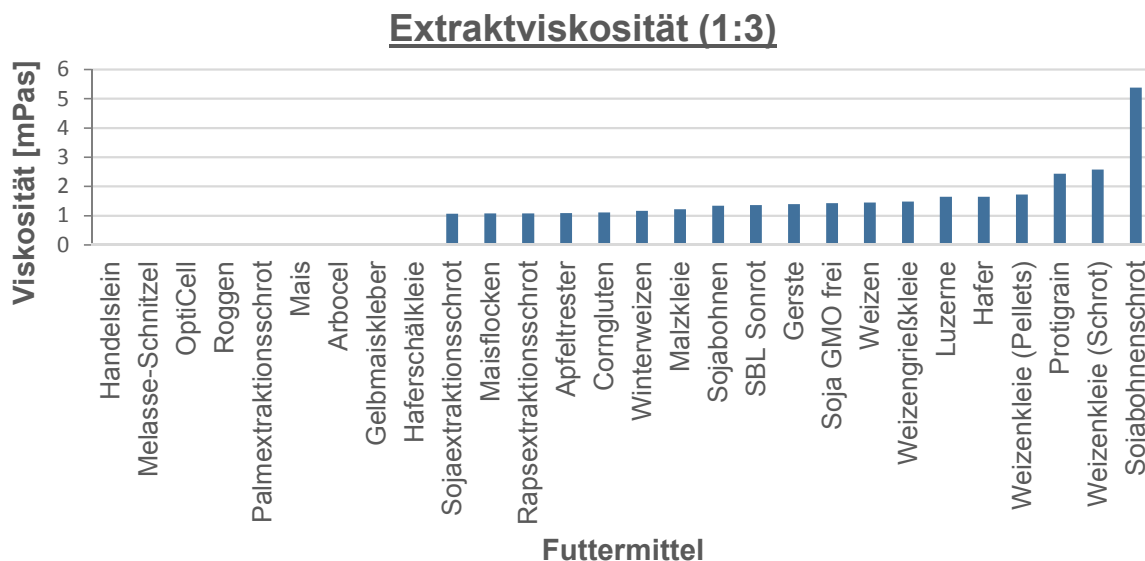


Abbildung 57: Mittelwert der Extraktviskosität (Verhältnis 1:3) von geringer bis hohe Viskosität

2. Arbeitspakete Faserfraktionen

Die Viskositätsergebnisse zeigen, dass die beprobten Futtermittel im Verhältnis 1:3 eine höhere Viskosität aufweisen als die im Verhältnis 1:5 beprobten Futtermittel. Dies liegt am engeren Mischungsverhältnis. Des Weiteren sind große Schwankungen bezüglich der Viskosität der einzelnen Futtermittel zu beobachten. Besonders hohe Werte weisen Roggen, Protigrain, Weizenkleie, Hafer und Winterweizen auf, darunter liegen Corngluten, Weizen und Gerste. Die hohe Viskosität lässt sich durch den hohen Gehalt an Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP) erklären, welche in pflanzlichen Zellwänden vorkommen (Cellulose, β -Glucane, Pentosane und Pektine). Bei den einheimischen Getreidearten, wie Roggen, Weizen, Hafer und Gerste dominieren die Pentosane. Roggen, Hafer und Gerste enthalten weiterhin noch einen bedeutenden Anteil an β -Glucanen, die durch enorme Wassereinlagerungen die Viskosität erhöhen.

2.2.2.2 Arbeitspaket Faser2a): Ergebnisse und Diskussion – Messung der Wasserbindekapazität (Methode nach Sonja de Vries 2014)

Für die Messung der Wasserbindekapazität wurden jeweils 0,4 g des auf 1 mm vermahlene Material mit 10 g destilliertem Wasser aufgefüllt, und 24 Stunden bei Raumtemperatur ruhen gelassen. Nach Ablauf der 24 Stunden wurden die Proben 20 min bei ca. 3.100 Umdrehungen (rpm) zentrifugiert (Hettich Universal 16A Zentrifuge), das überstehende Wasser in den Reagenzgläsern abdekantiert und zurückgewogen.

Die Messergebnisse gleicher Futtermittel wurden jeweils arithmetisch gemittelt (siehe Abbildung 58).

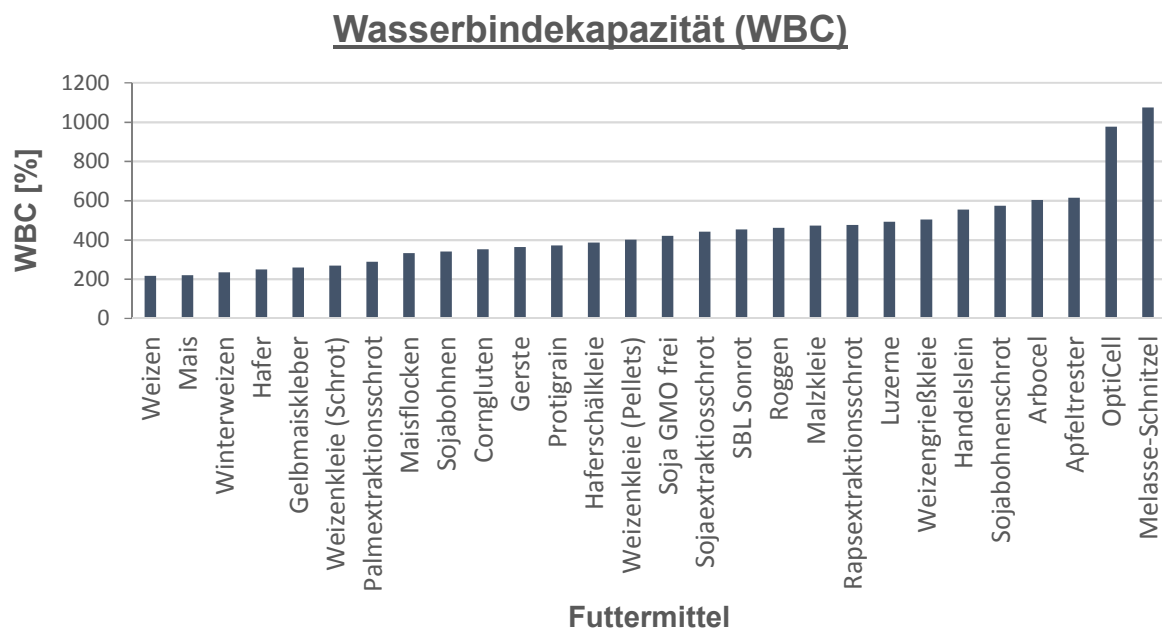


Abbildung 58: Mittelwert der Wasserbindekapazität von geringer bis hoher WBC

Die Futtermittel Melasseschnitzel mit 1073,8 % WBC und OptiCell mit 975,8 % an Wasserbindekapazität heben sich deutlich von den anderen Messwerten ab. Apfeltrester, Arbocel, Sojabohnenschrot und Handelslein haben im Vergleich zu den restlichen Proben ebenfalls relativ hohe Werte mit rund 500 % bis 600 % erreicht. Verantwortlich für die erhebliche Wasserbindekapazität sind die hohen Rohfasergehalte der einzelnen Futtermittel, besonders die unlöslichen Rohfasern haben eine hohe Wasserbindekapazität.

OptiCell und Arbocel sind speziell vermahlene und auffibrillierte natürliche Lignocellulosen, welche aus getrocknetem Frischholz hergestellt werden. Dadurch weisen sie einen hohen Anteil an unlöslichen Rohfasern auf, was sich in der hohen Wasserbindekapazität widerspiegelt.

2. Arbeitspakete Faserfraktionen

2.2.2.3 Arbeitspaket Faser2a): Ergebnisse und Diskussion – Messung des Quellvermögens (Methode nach Robertson et al. 2000)

Zur Ermittlung des Quellvermögens wurde jeweils 1 ml des Probenmaterials in einen Messzylinder gefüllt, mit 8 ml destilliertem Wasser aufgefüllt und abgedeckt für 24 Stunden bei Raumtemperatur ruhen gelassen. Nach Ablauf der 24 Stunden wurde die Volumenzunahme der einzelnen Futtermittel und der verbliebene Wasserstand abgelesen. Das Restwasser wurde abdekantiert und zurückgewogen.

Die Messergebnisse gleicher Futtermittel wurden arithmetisch gemittelt (siehe Abbildung 59).

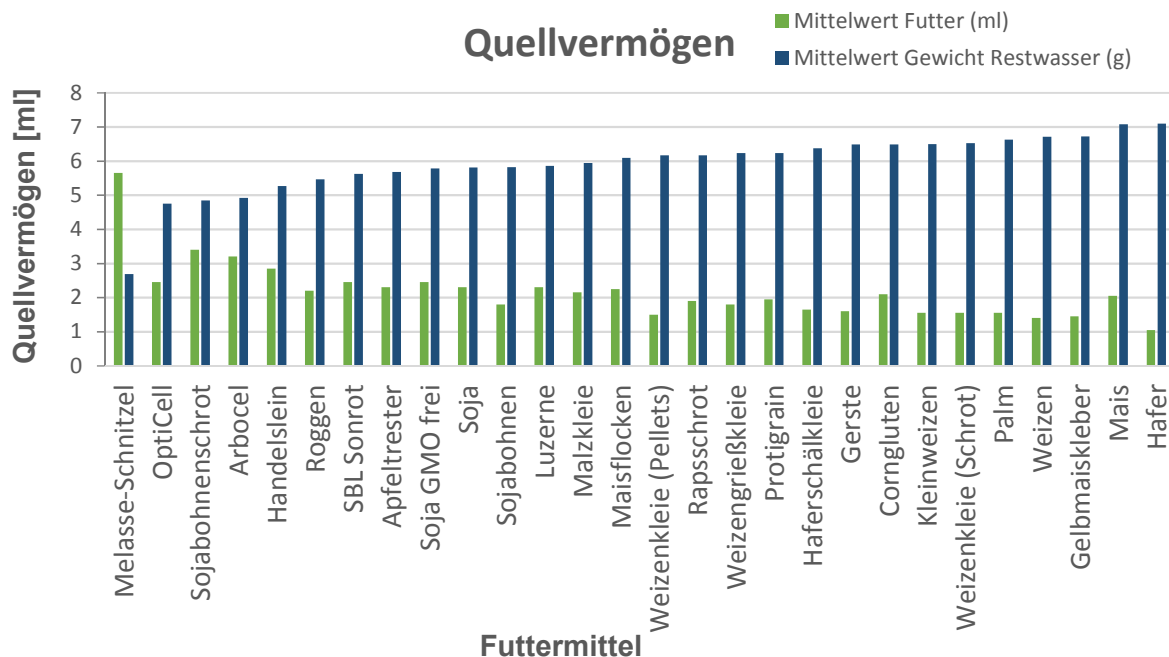


Abbildung 59: Mittelwerte des Quellvermögens

Die Messwerte zum Quellvermögen der einzelnen Futtermittel lagen bis auf wenige Ausnahmen (Melasseschnitzel, Sojabohnenschrot, Handelslein und Arbocel) sehr eng beieinander. Mit einer 6-fachen Volumenzunahme (5,7 ml) weisen die Melasseschnitzel das höchste Quellvermögen auf. Handelslein, Arbocel und Sojabohnenschrot erreichen eine Volumenzunahme von 2,9 ml bis 3,4 ml. Erklärt werden kann diese massive Quellung bestimmter Futtermittel ebenfalls durch die enthaltenen unlöslichen Rohfasern (z.B. Cellulose, Hemicellulose, Lignin).

2.3 Arbeitspaket Faser2b): Methodenentwicklung

Des Weiteren wurde im Rahmen dieses Arbeitspakets eine *in-vitro* Methode im Labor entwickelt, welche es ermöglicht, Verdaulichkeiten von faserreichen Futtermitteln, ohne Verwendung von Tieren in tierexperimentellen Verdaulichkeitsstudien, zu ermitteln. Aufgrund des positiven Effektes rohfaserreicher Futtermittel auf die Darmgesundheit beim Monogaster (Schwein, Geflügel) besteht derzeit ein hohes Interesse an grundlegendem Wissen über die Fermentierbarkeit von Kohlenhydraten und Proteinen in der Ration.

2.3.1 Arbeitspaket Faser2b): Material und Methodik

Dabei wurde der hintere Verdauungstrakt eines Schweins im Labor simuliert. Nach enzymatischer Behandlung von 5 Futtermitteln [roter Weizen (RW), roter Weizen/Weizenkleie (50:50, RW/WK), Weizenkleie (WK), Weizenkleie/Mikroalge (50:50, WK/MA), Mikroalge (MA)] mit Pepsin und Pankreatin sowohl ohne als auch mit Zugabe von NSP-spaltenden Enzymen (Xylanase, Mannanase) ergaben sich folgende Varianten:

2. Arbeitspakete Faserfraktionen

Tabelle 19: Varianten

Variante	Enzymzugabe ¹	Bezeichnung
V1 roter Weizen		RW
V2 roter Weizen	+Xylanase/Mannanase	RW-E
V3 roter Weizen/Weizenkleie (50:50)		RW/WK
V4 roter Weizen/Weizenkleie (50:50)	+Xylanase/Mannanase	RW/WK-E
V5 Weizenkleie		WK
V6 Weizenkleie	+Xylanase/Mannanase	WK-E
V7 Weizenkleie/Mikroalge (50:50)		WK/MA
V8 Weizenkleie/Mikroalge (50:50)	+Xylanase/Mannanase	WK/MA-E
V9 Mikroalge		MA
V10 Mikroalge	+Xylanase/Mannanase	MA-E

¹ Zugabe von jeweils 0,02 mg Xylanase und 0,1 mg Mannanase

Anschließend wurden die entstandenen Probenrückstände in einer gepufferten Minerallösung mit Geflügelkotbakterien angeimpft. Die dabei kumulierte Gasproduktion, welche proportional zum Gehalt an fermentierbaren Kohlenhydraten anstieg, wurde über einen Zeitraum von 48 h mittels eines Druckwandlers (GP:50, SIN-54978, Grand Island, NY) gemessen (siehe Abbildung 60).

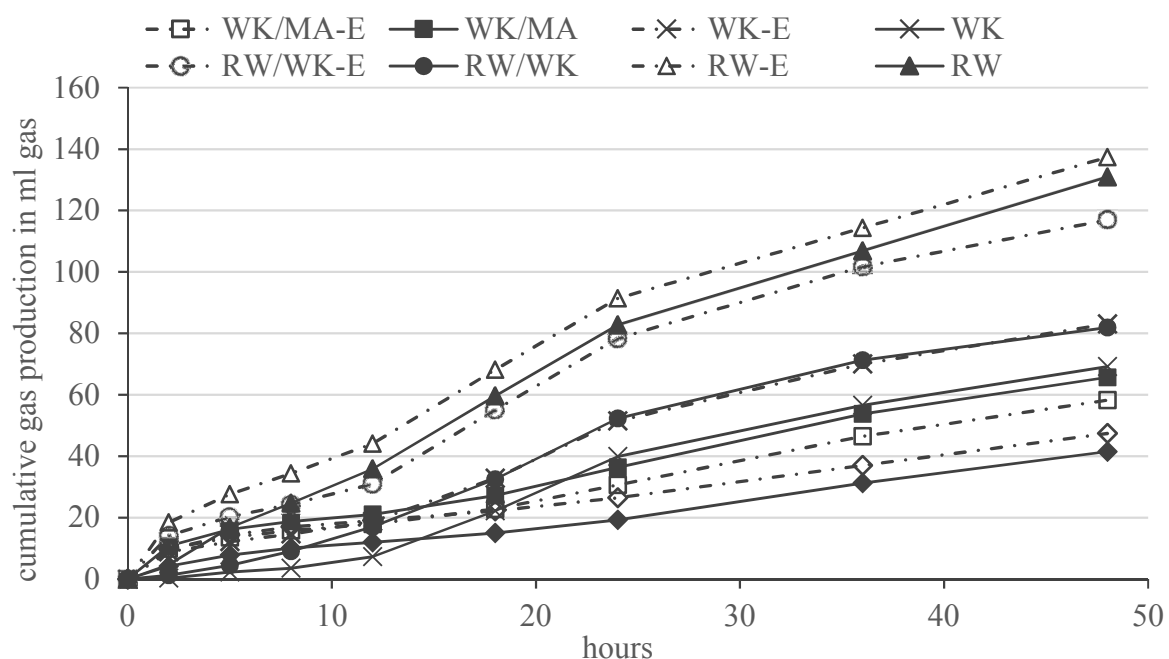


Abbildung 60: Kurve der Gasproduktion während der *in-vitro* Fermentation der mittels Pepsin und Pankreatin hydrolysierten Proben mit und ohne Zugabe von NSP-spaltenden Enzymen

Um eine abschließende Aussage über die mittels der *in-vitro* Methode zu ermittelten Verdaulichkeiten treffen zu können, müssen Anschlussversuche und Vergleiche mit *in-vivo* Versuchen erfolgen.

2.4 Arbeitspaket Faser3: Untersuchung zur Transitzeit bei unterschiedlichen Faserfraktionen

2.4.1 Arbeitspaket Faser3: Material und Methodik

Um die Transitzeit durch den Gastro-Intestinal-Trakt bei unterschiedlichen Faserfraktionszusammensetzungen (Quellfähigkeit) beim Schwein zu ermitteln, wurde eine tierexperimentelle Studie mit 8 Mastschweinen (Kastraten) der Genetik Deutsche Landrasse x Pietrien mit einem durchschnittlichen Anfangsgewicht von 98 kg in Verdauungsbuchten mittels der Beutelmethode durchgeführt (siehe Abbildung 61).

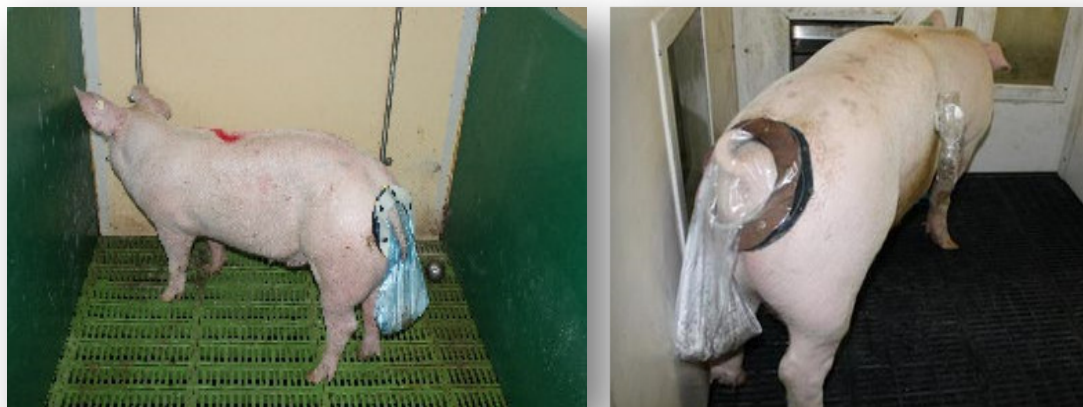


Abbildung 61: Mastschweine in Verdauungsbuchten (Beutelmethode)

2.4.1.1 Zwischengeschalteter Vorversuch zur Ermittlung geeigneter Faserträger

Die in der Verdaulichkeitsstudie eingesetzten Faserträger wurden basierend auf den zuvor ermittelten Laborergebnissen bezüglich ihrer physikalischen Eigenschaften (Quellfähigkeit, Viskosität, Wasserbindekapazität, Rohnährstoffgehalte) ausgewählt. Die Analyseergebnisse, welche im Rahmen eines Vorversuchs im Labor der Technischen Hochschule ermittelt wurden, können der Tabelle 20 entnommen werden.

Tabelle 20: Analyseergebnisse der physikalischen Eigenschaften unterschiedlicher Faserträger

Futterkomponenten	WBK¹	Viskosität	Rohfaser	Quell-
Einheit	(in %)	(in mPas)	(in %)	(in %)
Alfalfa	589	1,19	27,76	338
Gerste	323	1,61	4,43	188
Blaue Lupine	462	1,48	14,78	313
Ackerbohne	318	1,62	8,27	256
Mais	243	0,98	2,13	125
Maiskeime	404	1,11	12,37	200
Maismehl	288	1,02	3,26	175
Leinsamen	607	43,25	9,28	400
Traubenschalen	422	1,46	16,67	188
Malzkeime	778	1,07	15,37	313
Haferschälkleie	395	1,10	21,37	175
Erbsen	267	1,57	6,51	213
ProtiGrain®	374	1,51	6,77	225
Rapsextraktionsschrot	319	1,21	12,25	225
Sojabohnenschale	549	1,76	34,31	313
Sojaextraktionsschrot	418	1,46	5,15	363
Sojaextraktionsschrot, GMO-frei	490	1,83	4,76	388

2. Arbeitspakete Faserfraktionen

Sojaextraktionsschrot, high protein	420	1,35	3,92	250
Sojabohnen	405	1,24	7,49	163
Zuckerrübenschnitzel	989	1,22	12,78	675
Sonnenblumenmehl	450	1,23	21,81	363
Triticale	294	1,69	2,56	163
Weizen	258	1,50	2,80	150
Weizenkleie	504	1,34	10,59	188
Weizenmehl	331	1,86	4,07	175
Weizengrießkleie	683	1,36	12,10	188
Weißer Lupine	449	1,54	12,81	275
Gelbes Maisgluten	261	0,98	0,76	200

¹ WBK= Wasserbindekapazität

Aufgrund der zuvor dargestellten Analyseergebnisse wurden Zuckerrübenschnitzel, Sojabohnenschalen und Traubenschalen (hellrot hinterlegt) als geeignete Faserquellen für die nachfolgende Verdaulichkeitsstudie ausgewählt.

2.4.1.2 Arbeitspaket Faser3: Verdaulichkeitsstudie

Im Rahmen dieser Verdaulichkeitsstudie wurden die Effekte des Einsatzes eines Futtermittels mit hohem Gehalt an quellfähiger Rohfaser (Var. B) im Vergleich zu einer Ration mit nicht quellfähiger Rohfaser (Var. A) auf die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe beim Mastschwein untersucht.

Die tierexperimentelle Studie erfolgte auf dem landwirtschaftlichen Versuchs- und Demonstrationsbetrieb der Technischen Hochschule Bingen, dem St. Wendelinhof. Die Tiere wurden in separate Verdaulichkeitsbuchten eingestallt und über insgesamt 10 Tage mit den jeweiligen Futtermitteln gefüttert, wodurch sich Wiederholungen der Varianten von n=4 (Var. A) und n=4 (Var. B) ergaben. Die Versuchsperiode setzte sich aus einer Adaptionsphase von 4 Tagen und einer Sammelperiode von 6 Tagen zusammen, wobei 2x täglich Kot mittels Beuteltechnik gesammelt wurde. In jeder Bucht befanden sich Beschäftigungsmaterialien und ein Fenster mit Sicht zum benachbarten Schwein was dem höchsten Standard des Tierwohls entspricht. Die tierindividuelle Futtermenge entsprach dem 2,5-3-fachen Erhaltungsbedarf an Energie. In der Sammelperiode wurden die Kotproben nach quantitativer Erfassung eingefroren und am Ende zu einer Poolprobe konfektioniert, welche daraufhin gefriergetrocknet und auf 1 mm Vermahlungsgrad vermahlen wurde. Die Methode zur Bestimmung von Verdaulichkeiten von Rohnährstoffen am Schwein erfolgte dabei nach den Richtlinien der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2005). Die Bestimmung der Rohnährstoffe (Trockenmasse-TM, Rohprotein-XP, Rohfaser-XF, Rohfett-XL, Rohasche-XA) im Futter und Kot erfolgte über die Weenderanalyse im Labor der Technischen Hochschule Bingen nach den offiziellen Methoden der VDLUFA (2007). Die Bruttoenergie wurde mit einem Bombenkalorimeter (IKA-Calorimeter C5000, Janke & Kunkel IKA Analysetechnik, Staufen) ermittelt.

Die Futterzusammensetzung mit den kalkulierten und analysierten Inhaltsstoffen, sowie die Komponenten des eingesetzten Sauenergänzers der zwei eingesetzten Futtermitteln können den Tabellen 21, 22 und 23 entnommen werden.

2. Arbeitspakete Faserfraktionen

Tabelle 21: Futterzusammensetzung mit kalkulierten Inhaltsstoffen

Futterkomponenten (in %)	A – nicht quellfähige XF	B – quellfähige XF
<u>Sauenergänzer (Inhaltsstoffe):</u>		30,0
Rohprotein (XP)	21,00	19,60
Rohfaser (XF)	12,20	17,30
Rohfett (XL)	3,20	2,90
Rohasche (XA)	12,80	13,30
Calcium (Ca)	2,15	2,15
Phosphor (P)	1,02	0,99
Natrium (Na)	0,68	0,68
Lysin (Ly)	1,45	1,45
Methionin (Meth)	0,31	0,31
<u>Basisration für tragende Sauen</u>		
Weizen		14,3
Gerste		55,0
Pflanzenöl		0,7

Tabelle 22: Eingesetzter Sauenergänzer mit analysierter Rohnährstoffzusammensetzung

Sauenergänzer (30 % der Gesamtration, in %)	A – nicht quellfähige XF	B – quellfähige XF
Alfalfa	--	15,0
Zuckerrübenschnitzel	15,0	21,5
Bierhefe	2,0	--
Leinsamen	2,0	--
Traubenschalen	--	7
Malzkeime	--	3
Lignocellulose	--	5
Rapsextraktionsschrot	--	10
Sojabohnenschalen	--	7
Sojaextraktionsschrot	25,0	20,1
Pflanzenöl	1,0	1,0 (non GVO)
Weizengrieskleie	5,0	--
Weizenkleie	42,6	--
Mineralstoffe, Vitamine und Aminosäuren ¹	7,4	10,4
<u>Zusammensetzung (analysiert, in %)</u>		
Bruttoenergie (MJ/kg Futter)	15,8	15,9
Trockenmasse	92,2	91,3
Rohprotein	17,6	20,4
Rohfaser	11,2	15,9
Rohfett	2,2	2,6
Rohasche	12,4	12,4

¹ 5,0 % Calciumkarbonat, 1,0 % Monophosphat, 1,0 % Natriumchlorid, 0,4 % L-Lysine HCL; Vitaminmischung SZ- 1 % (verabreicht pro kg Futter: 8850,00 IU Vitamin A; 900,00 IU Vitamin D3; 672 IU Vitamin D25-Hydroxycholecalciferol; 99 mg Vitamin E; 1,88 mg Vitamin B1; 6,50 mg Vitamin B2; 5,38 mg Vitamin B6; 29,75 mg Vitamin B12; 1,07 mg Vitamin K3; 37,50 mg Niacinamid; 16,25 mg Calcium-D-Pantothensäure; 691,24 mg Cholinchlorid; 0,04 mg Biotin; 2,70 mg Folsäure; 150 mg Fe; 13,50 mg Cu; 1,35 mg I; 67,50 mg Mn; 100 mg Zn; 0,30 mg Se), 1 % Rübenmolasse; 0,54 % Lysin 78; 0,50 % Forlac 80; 0,35 % L-Threonin; 0,05 % Methionin Pulver.

2. Arbeitspakete Faserfraktionen

Tabelle 23: Analyisierte Inhaltsstoffe der eingesetzten gesamten Futterration beider Varianten

analyisierte Inhaltsstoffe (in %)	A – nicht quellfähige XF	B – quellfähige XF
Trockenmasse (TM)	91,11	88,92
XP	13,34	13,25
XF	6,28	9,12
XL	1,85	2,71
XA	3,66	5,27
Bruttoenergie (MJ/kg)	16,73	16,35

Mittels der erhobenen Daten und der Analysen im Labor wurden die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe (XP, XF, XL, XA) und der Bruttoenergie mit nachfolgender Formel berechnet:

$$\text{Verdaulichkeit (VQ)} = \frac{(\text{Input} - \text{Output})}{\text{Input}}$$

Mit Hilfe des Statistikprogramms Statistika for Windows wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) sowie zur genaueren Prüfung der Signifikanz ein Post-Hoc-Test (Tukey-HSD Test, $p < 0,05$) angewendet. Signifikante Unterschiede mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wurden durch unterschiedliche Kleinbuchstaben in den jeweiligen Ergebnistabellen gekennzeichnet.

2.4.2 Arbeitspaket Faser3: Ergebnisse und Diskussion

Die errechneten Verdaulichkeiten der einzelnen Rohnährstoffe und der Bruttoenergie können der Tabelle 24 entnommen werden.

Tabelle 24: Verdauungskoeffizienten (in %) der Kontroll- und Versuchsvariante

Parameter (in %)	A – nicht quellfähige XF	B – quellfähige XF	p-Wert¹
VQ - Bruttoenergie	83,55 ± 1,31	81,32 ± 2,23	0,130
VQ - XP	83,45 ± 1,17	80,25 ± 3,11	0,110
VQ - XF	49,03 ^a ± 4,30	58,21 ^b ± 4,38	0,010
VQ - XL	73,44 ± 6,71	73,18 ± 4,66	0,980
VQ - XA	69,36 ± 9,59	75,89 ± 3,60	0,260

¹ p-Wert anhand ANOVA (GLM). a. b.... Mittelwerte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich: $p < 0,05$ (post-hoc Tukey HSD); MW= Mittelwerte, s= Standardabweichung

Durch den Einsatz einer Ration mit quellfähiger Rohfaser (Var. B) wurde eine signifikant höhere XF-Verdaulichkeit im Vergleich zur Kontrollvariante ermittelt. Alle weiteren Verdaulichkeiten lagen auf ähnlichem Niveau in beiden Varianten. Daraus kann geschlossen werden, dass es sinnvoll ist auf physikalische Kenngrößen wie beispielsweise Quellfähigkeit im Rahmen der Rationsgestaltung beim Schwein zu achten, und diese zukünftig in Kalkulationen mit einzubeziehen.

2.5 Arbeitspaket Faser4: Untersuchung von Faserfuttermitteln in der Sauenfütterung - Wartestall

Um Effekte unterschiedlicher Faserfuttermittel bei Sauen untersuchen zu können, wurde auf dem Praxisbetrieb Jan-Max Werner (ORW GbR, Harler-Mühle 1, 34590 Wabern) ein Fütterungsversuch mit insgesamt 96 Sauen und den 2 bereits im vorangegangenen Verdauungsversuch verwendeten Futtervarianten (A- nicht quellfähige XF, B- quellfähige XF) durchgeführt.

2. Arbeitspakete Faserfraktionen

2.5.1 Arbeitspaket Faser4: Material und Methodik

Die Gruppeneinteilung der Sauen erfolgte dabei anhand ihres Alters, der vorausgegangenen Laktationen, ihres Body-Condition-Scores und der Rückenspeckdicke. Währenddessen die Kontrollvariante (Var. A) eine konventionelle Futtermischung für tragende Sauen mit Sauenergänzer erhielt, wurden den Tieren der Variante B ein konventionelles Futter für tragende Sauen mit neu konzipiertem Sauenergänzer (siehe Tabelle 22) vorgelegt. Es erfolgte eine Flüssigfütterung, da der Praxisbetrieb Jan-Max Werner seit mehreren Jahren gute Erfahrungen mit diesem Fütterungssystem sammeln konnte. Der gesundheitliche Status der Tiere wurde dabei täglich über die gesamte Zeit der Trächtigkeit (ca. 114 Tage) durch qualifiziertes Personal erfasst und dokumentiert. Im Falle von Krankheit oder Verendung eines Tieres, wurde dieses aus der tierexperimentellen Untersuchung genommen, wodurch sich eine Tieranzahl pro Variante von Variante A (n=45) und Variante B (n=43) ergab.

Datenerhebung – ethologische Parameter

Das Quellvermögen von Faserfraktionen im Darmtrakt hat eine Zunahme des Darm- bzw. Ingestavolumens zur Folge und kann somit über verstärkte Dehnungsreize auf Magen und Darmwand zu einer forcierten Darmperistaltik führen. Bei Schweinen, die ein Futter mit einem hohen Anteil an bakteriell fermentierbarer Substanz erhalten, zeigte sich bereits in der Literatur ein deutlich langsamerer Anstieg des Glukose- und Insulinspiegels (De Leeuw et al., 2004). Da der Blutglukosespiegel eine wichtige Rolle bei der chemostatischen Sättigung spielt (hoher Blutglukosespiegel über längere Zeitphase), könnte ein gewisser Anteil an bakteriell fermentierbarer Rohfaser im Schweinefutter eine anhaltende Sättigung erzielen und somit die Sauenherde ruhiger und weniger aktiv werden lassen, was sich positiv auf die Haltung und Leistung der Tiere auswirken könnte (De Leeuw et al., 2008).

Um ethologische Parameter während der Fresszeit der tragenden Sauen erheben zu können, erfolgte ein Einbau eines Video-Überwachungssystems in die Sauenställe. Zunächst wurden zur groben Unterteilung der Parameter zur Verhaltensbeurteilung der Sauen die Kriterien „Interaktion“ und „Kampf“ herangezogen.

Eine jeweilige Interaktion der Sauen wurde 3 Stunden ab dem Zeitpunkt der Futtervergabe aufgezeichnet und dokumentiert. Dabei war eine wahre „Interaktion“ ausschließlich durch aktives Wegdrängen einer Sau durch eine andere Sau durch Beißen, Stoßen mit der Schnauze vom Futtertrog gekennzeichnet. Es wurden nur Interaktionen in die Auswertung einbezogen, welche durch eine beginnende initiierte Handlung charakterisiert waren, wodurch sich eine Differenzierung der Interaktionen der jeweiligen Sauen in „Täter“ (aktive Sau, welche die Interaktion beginnt) und „Opfer“ (passive Sau, welche attackiert wurde) ergab. Der Verhaltensparameter „Kampf“ wurde als Interaktion einer aktiven Sau und eine daraufhin getätigte Reaktion der attackierten Sau definiert. Des Weiteren erfolgte eine Klassifizierung beider beteiligter Sauen in „Täter“ und „Opfer“. Die Videoüberwachung erfolgte täglich von 09:00 Uhr bis 12:00 Uhr (komplette Fresszeit der Sauen) über einen Zeitraum von 2 Wochen.

Mithilfe des Statistikprogramms Statistika (Version 8.0, StatSoft) wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) sowie zur genaueren Prüfung der Signifikanz ein Post-hoc-Test durchgeführt. Signifikante Unterschiede mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wurden durch unterschiedliche Kleinbuchstaben in den jeweiligen Ergebnistabellen gekennzeichnet.

2.5.2 Arbeitspaket Faser4: Ergebnisse und Diskussion

Die dabei erhobenen ethologischen Parameter mit statistisch verrechneten Ergebnissen können der Tabelle 25 entnommen werden.

2. Arbeitspakete Faserfraktionen

Tabelle 25: Effekte unterschiedlich eingesetzter Faserträger auf die Anzahl an Interaktionen während der aktiven Fresszeit bei der Sau

Parameter	A – nicht quellfähige XF	B – quellfähige XF	P-Wert ¹
Interaktion „Täter“	25,09	22,96	0,595
Interaktion „Opfer“	24,26	23,75	0,898
Kampf „Täter“	25,98	22,10	0,318
Kampf „Opfer“	25,67	22,40	0,395

¹ p-Wert anhand ANOVA (GLM). a. b.... Mittelwerte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich: $p < 0,05$ (post-hoc Tukey HSD)

Durch Fütterung unterschiedlicher Faserfuttermittel, welche sich bezüglich ihrer physikalischen Eigenschaften (Quellfähigkeit, Viskosität, Wasserbindekapazität, Roh Nährstoffgehalte) unterschieden, konnte die Anzahl an „Interaktionen“ und „Kämpfe“ der Sauen während der Fresszeit von 3 h numerisch reduziert werden. Diese Unterschiede sind jedoch nicht statistisch abgesichert. Eine mögliche Ursache für die ähnliche Verhaltensbeobachtung bei den Sauen beider Fütterungsgruppen könnte die Flüssigfütterung im Praxisbetrieb darstellen, da die Rohfaser der eingesetzten Faserträger bereits außerhalb der Sau durch Verflüssigung des Futters aufquellen konnten und somit der eigentliche Effekt im Magen der Sau ausblieb. Für zukünftige weiterführende Versuchsdesigns sollten daher Praxisbetriebe herangezogen werden, welche ihre Sauen mittels Trockenfütterung versorgen. Des Weiteren besteht die Möglichkeit in Folgeversuchen höhere Mengen an quellfähigeren Faserfuttermittel im Sauenergänzer einzusetzen, um bessere Effekte durch Aufquellen im Magen bei der Sau zu erreichen.

Im Sinne des Tierwohls kann eine optimierte Tiergesundheit über die Stärkung der Darmflora und des gesamten Immunsystems über Verfütterung bakteriell fermentierbarer Rohfaser erzielt werden. Die somit verbesserte Darmgesundheit kann zu einer Verminderung von Antibiotikabehandlungen in der Schweinehaltung führen.

Um Effekte unterschiedlicher Faserfuttermittel auf die Kotkonsistenz der Sauen ermitteln zu können, wurde am 29., 71. und 107. Tag der Trächtigkeit die Beschaffenheit des abgesetzten Kots (Kotscore) mittels eines Penetrometers und eines sensorischen Tests beurteilt. Die diesbezüglich erhobenen Daten können den Tabellen 26 und 27 entnommen werden.

Tabelle 26: Effekte unterschiedlich eingesetzter Faserträger auf die Kotkonsistenz (gemessen mit Penetrometer PNR6, in mm)

Parameter	A – nicht quellfähige XF	B – quellfähige XF	P-Wert ¹
29. Tag der Trächtigkeit	62,3	57,3	0,454
71. Tag der Trächtigkeit	80,0	85,0	0,699
107. Tag der Trächtigkeit	63,5	62,0	0,836

¹ p-Wert anhand ANOVA (GLM). a. b.... Mittelwerte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich: $p < 0,05$ (post-hoc Tukey HSD)

2. Arbeitspakete Faserfraktionen

Tabelle 27: Effekte unterschiedlich eingesetzter Faserträger auf die Kotkonsistenz (gemessen durch Sensorik Test, Score 1 [flüssig] - 5 [fest])

Parameter	A – nicht quellfähige	B – quellfähige	P-Wert ¹
	XF	XF	
29. Tag der Trächtigkeit	2,3	2,5	0,966
71. Tag der Trächtigkeit	2,8	2,9	0,700
107. Tag der Trächtigkeit	3,0	3,0	0,836

¹ p-Wert anhand ANOVA (GLM). a. b.... Mittelwerte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich: $p < 0,05$ (post-hoc Tukey HSD)

Die Verabreichung von quellfähigeren Faserträgern zeigte keine negativen Effekte auf die Kotkonsistenz der Sauen über die komplette Trächtigkeit hinweg.

Die Arbeitspakete Faser 3 und Faser 4 wurden in einer Publikation im Rahmen einer Dissertation zusammengefasst und 2020 veröffentlicht (Priester et al., 2020a). Zusätzlich wurde eine weitere Publikation mit Daten aus dem vorliegenden Projekt publiziert (Priester et al., 2020b). Die Veröffentlichungen können dem Anhang 1 und 2 entnommen werden.

2.6 Arbeitspaket Faser5: Untersuchung von Faserfuttermitteln in der Sauenfütterung – Abferkelstall

Um mögliche Effekte unterschiedlicher Faserfuttermittel auf den Geburtsverlauf und auf ausgewählte Geburtsparameter verifizieren zu können, erfolgte eine Überwachung des gesamten Geburtsverlaufs der 96 Sauen. Die Ergebnisse der Geburtsüberwachung mit statistischer Auswertung kann der Tabelle 28 entnommen werden.

Tabelle 28: Effekte unterschiedlich eingesetzter Faserträger auf ausgewählte Geburtsparameter

Parameter	A – nicht quell-	B – quellfähige	P-Wert ¹
	fähige XF	XF	
Dauer der Abferkelung (in min)	355,6	354,8	0,260
Anzahl lebend geborener Ferkel	19,6	19,9	0,670
Wurfgewicht (in kg)	25,1	25,2	0,760
Anzahl tot geborener Ferkel	2,0	2,6	0,140
Gewicht tot geborener Ferkel (in kg)	1,7	2,5	0,100
Anzahl an Mumien	0,7	0,6	0,450

¹ p-Wert anhand ANOVA (GLM). a. b.... Mittelwerte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich: $p < 0,05$ (post-hoc Tukey HSD)

Anhand der erhobenen Daten kann geschlussfolgert werden, dass der Einsatz von quellfähigeren Faserfuttermitteln den Geburtsverlauf und die Geburtsparameter, wie z.B. Anzahl an lebend und tot geborenen Ferkeln, sowie Mumien, und deren Gewichte und Wurfgewichte nicht negativ beeinträchtigen.

2.7 Arbeitspaket Faser6: Untersuchung von Faserfuttermitteln in der Ferkel-/Mastschweinefütterung

Im Rahmen einer Verdaulichkeitsstudie wurden die Effekte des Einsatzes eines Futtermittels mit hohem Gehalt an quellfähiger Rohfaser (Var. B) im Vergleich zu einer Ration mit nicht quellfähiger Rohfaser (Var. A) auf die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe beim Mastschwein untersucht.

2. Arbeitspakete Faserfraktionen

2.7.1 Arbeitspaket Faser6: Material und Methodik

Die tierexperimentelle Studie erfolgte auf dem landwirtschaftlichen Versuchs- und Demonstrationbetrieb der Technischen Hochschule Bingen, dem St. Wendelinhof, mit 8 Kastraten der Genetik Deutsche Landrasse x Pietrain. Die Tiere wurden mit einem durchschnittlichen Anfangsgewicht von 98 kg in separate Verdaulichkeitsbuchten eingestallt und über insgesamt 10 Tage mit den jeweiligen Futtermitteln gefüttert, wodurch sich Wiederholungen der Varianten von n=4 (Var. A) und n=4 (Var. B) ergaben. Die Versuchsperiode setzte sich aus einer Adaptionszeit von 4 Tagen und einer Sammelperiode von 6 Tagen zusammen, wobei 2x täglich Kot mittels Beuteltechnik gesammelt wurde. In jeder Bucht befanden sich Beschäftigungsmaterialien und ein Fenster mit Sicht zum benachbarten Schwein. Die tierindividuelle Futtermenge entsprach dem 2,5-3-fachen Erhaltungsbedarf an Energie. In der Sammelperiode wurden die Kotproben nach quantitativer Erfassung eingefroren und am Ende zu einer Poolprobe konfektioniert, welche dann gefriergetrocknet und vermahlen wurde. Die Methode zur Bestimmung von Verdaulichkeiten von Rohnährstoffen am Schwein erfolgte dabei nach den Richtlinien der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2005). Die Bestimmung der Rohnährstoffe (Trockenmasse-TM, Rohprotein-XP, Rohfaser-XF, Rohfett-XL, Rohasche-XA) erfolgte über die Weenderanalyse im Labor der Technischen Hochschule Bingen (VDLUFA, 2007), die Bruttoenergie wurde mit einem Bombenkalorimeter (IKA-Calorimeter C5000, Janke & Kunkel IKA Analysetechnik, Staufen) ermittelt.

Die Futterzusammensetzung und die kalkulierten Parameter der einzelnen Varianten können der Tabelle 29 entnommen werden.

Tabelle 29: Futterzusammensetzung

Futterkomponenten in %	A – nicht quellfähige XF	B – quellfähige XF
<u>Sauenergänzer (Inhaltsstoffe):</u>		30,0
Rohprotein (XP)	21,00	19,60
Rohfaser (XF)	12,20	17,30
Rohfett (XL)	3,20	2,90
Rohasche (XA)	12,80	13,30
Calcium (Ca)	2,15	2,15
Phosphor (P)	1,02	0,99
Natrium (Na)	0,68	0,68
Lysin (Ly)	1,45	1,45
Methionin (Meth)	0,31	0,31
Weizen		14,3
Gerste		55,0
Pflanzenöl		0,7
<u>analysierte Inhaltsstoffe:</u>		
Trockenmasse (TM)	91,11	88,92
XP	13,34	13,25
XF	6,28	9,12
XL	1,85	2,71
XA	3,66	5,27
Bruttoenergie (MJ/kg)	16,73	16,35

Mittels der erhobenen Daten und der Analysen im Labor wurden die Verdaulichkeiten der Bruttoenergie, des Rohproteins, der Rohfaser, des Rohfettes und der Rohasche mit nachfolgender Formel berechnet:

2. Arbeitspakete Faserfraktionen

$$\text{Verdaulichkeit (VQ)} = \frac{(\text{Input} - \text{Output})}{\text{Input}}$$

2.7.2 Arbeitspaket Faser6: Ergebnisse und Diskussion

Die errechneten Verdaulichkeiten der einzelnen Rohnährstoffe und der Bruttoenergie können der Tabelle 30 entnommen werden, wobei die statistische Auswertung mit einem zweiseitigen t-test in Excel erfolgte.

Tabelle 30: Verdauungskoeffizienten der Kontroll- und Versuchsvariante

Parameter		A – nicht quellfähige XF	B – quellfähige XF	p-Wert ¹
VQ	MW	83,55	81,32	0,150
Bruttoenergie	s	1,31	2,23	
VQ	MW	83,45	80,25	0,130
Rohprotein	s	1,17	3,11	
VQ	MW	49,03	58,21	0,020
Rohfaser	s	4,30	4,38	
VQ	MW	73,44	73,18	0,95
Rohfett	s	6,71	4,66	
VQ	MW	69,36	75,89	0,28
Rohasche	s	9,69	3,60	

¹ p-Wert anhand ANOVA (GLM). a. b.... Mittelwerte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich: p < 0,05 (post-hoc Tukey HSD); MW= Mittelwerte, s= Standardabweichung

Durch den Einsatz einer Ration mit quellfähiger Rohfaser (Var. B) wurde eine signifikant höhere XF-Verdaulichkeit im Vergleich zur Kontrollvariante ermittelt. Alle weiteren Verdaulichkeiten lagen auf ähnlichem Niveau in beiden Varianten. Daraus kann geschlossen werden, dass es sinnvoll ist auf physikalische Kenngrößen wie beispielsweise Quellfähigkeit im Rahmen der Rationsgestaltung beim Schwein zu achten, und diese zukünftig in Kalkulationen mit einzubeziehen.

Literaturverzeichnis

Carman, J.A., Vlieger, H.R., Ver Steeg, L.J., Sneller, V.E., Robinson, G.W., Clinch-Jones, C.A., Haynes, J.I., and J.W. Edwards. 2013. A long-term toxicology study on pigs fed a combined genetically modified (GM) soy and GM maize diet, *Journal of Organic Systems* 8(1) 38-55.

De Leeuw, J.A., Jongbloed, A.W., and M.W. Verstegen. 2004. Dietary fiber stabilizes blood glucose and insulin levels and reduces physical activity in sows, *J. Nutrition*. 134(6):1481-6.

De Leeuw, J.A., Bolhuis, J.E., Bosch, G., and W.J. Gerrits. 2008. Effects of dietary fibre on behaviour and satiety in pigs, *Proc. Nutrition Soc.* 67(4): 334-342.

Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG). 1997. DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Frankfurt/Main (Germany): DLG-Verlag.

Flachowsky, G. and K. Aulrich. 2001. Nutritional assessment of feeds from genetically modified organism. *J. Anim. Feed Sci.* 2001; 10(Suppl. 1): 181-194.

Dusel, G., Kluge, H., Glaser, K., and O. Simon. 1997. An investigation into the variability of extract viscosity of wheat relationship with the content of non-starch-polysaccharide fraction and metabolisable energy for broiler chickens, *Arch. Anim. Nutr.*, Auflage 50, 121-135.

De Vries, S. 2014. Fiber fermentation in pigs and poultry. Sense and nonsense of its manipulation, 118-119.

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE). 2005. Determination of digestibility as the basis for energy evaluation of feedstuffs for pigs, *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 14, 207-213.

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE). 2006. Empfehlungen zur Energie und Nährstoffversorgung von Schweinen, DLG Verlags GmbH, Frankfurt/Main.

Peter, G. und O. Krug. 2016. Stellungnahme für BMEL - Die Verfügbarkeit von nicht gentechnisch verändertem Soja aus Brasilien, Thünen-Institut für Marktanalyse.

Priester, M., Winkler, A., Flesch, S., und G. Dusel. 2018. Untersuchung einer „non-food“ Futterration im Vergleich zu Getreide-/ So-jaschrot bzw. Getreide-/ Leguminosen basierenden Futtermischungen auf Leistungsparameter und Nährstoffverdaulichkeit bei Mastschweinen (EIP-agri-Projekt), in *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, 10. und 11. April 2018, Fulda, S. 135-139.

Priester, M., C. Visscher, M. Fels, K. Rohn and G. Dusel. 2020a. Fibre supply for breeding sows and its effects on social behaviour in group-housed sows and performance during lactation.

Priester, M., C. Visscher, M. Fels and G. Dusel. 2020b. Influence of Dietary Fiber on the Development of the Gastrointestinal Tract and the Performance of Gilts. *Sustainability* 12(12): 4961.

Robertson, J.A., de Monredon, F.D., Dysseler, P., Guillon, F., Amado, R., and J.-F. Thibault. 2000. Hydration properties of dietary fibre and resistant starch: a European collaborative study, *LWT – Food Science and Technology* 33(2): 72-79.

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA). 2007. Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA Methodenbuch), Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Darmstadt (Germany): VDLUFA-Verlag.

Anhang 1: Publikation 1: “Fibre supply for breeding sows and its effects on social behaviour in group housed sows and performance during lactation”



Priester et al.
2020a.pdf

Anhang 2: Publikation 2 “Influence of Dietary Fiber on the Development of the Gastrointestinal Tract and the Performance of Gilts”



Priester et al.
2020b.pdf