



UFOP-SCHRIFTEN | AGRAR

# ABSCHLUSSBERICHT

Auswirkungen einer Unterfußdüngung mit Mikronährstoffen bei variierter Saattechnik und Saatmenge auf Ertrag und Proteingehalt bei Ackerbohnen

## Autoren

Eric Pehle, Philip Deblon, Steffen Hünnes, Jonas Thiel und Tanja Schäfer

Fachhochschule Südwestfalen – Fachbereich Agrarwirtschaft – Pflanzenbau & nachhaltige Anbausysteme



**Abschlussbericht:**

„Auswirkungen einer Unterfußdüngung mit Mikronährstoffen bei variierter Saattechnik und Saatmenge auf Ertrag und Proteingehalt bei Ackerbohnen“

**Fachhochschule Südwestfalen – Fachbereich Agrarwirtschaft –  
Pflanzenbau & nachhaltige Anbausysteme – Prof. Dr. Tanja Schäfer**

Projektlaufzeit: 02/2025 – 02/2026

Eric Pehle, Philip Deblon, Steffen Hünnes, Jonas Thiel, Tanja Schäfer

Soest, im Februar 2026

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	II
Abbildungsverzeichnis .....	III
Tabellenverzeichnis .....	IV
1 Einleitung .....	1
2 Theoretische Grundlagen .....	1
Saatverfahren .....	1
Mikronährstoffversorgung von Ackerbohnen .....	5
3 Material und Methoden .....	7
3.1 Beschreibung des Versuchsstandortes .....	7
3.2 Witterung .....	7
3.3 Varianten und Versuchsdurchführung .....	8
3.3.1 Aussaat .....	11
3.3.2 Unterfußdüngung.....	12
3.4 Bonitur und Datenerhebung .....	13
4 Ergebnisse .....	16
4.1 Pflanzenbauliche Parameter .....	16
4.2 Schaderreger .....	18
4.3 Ertragsfaktoren .....	18
4.4 Nährstoffanalyse .....	21
4.5 Ertragsergebnisse und Qualitäten .....	29
5 Diskussion .....	32
5.1 Aussaatverfahren .....	32
5.2 Aussaatstärke .....	34
5.3 Unterfußdüngung .....	35
6 Fazit .....	37
7 Zusammenfassung .....	38
8 Summary .....	39
Literaturverzeichnis .....	40
Anhang.....	44

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Witterung während des Versuchszeitraums in Merklingsen.....	8
Abbildung 2: Versuchsplan .....	10
Abbildung 3: Angefressenes Blatt APS 3	
Abbildung 4: Angefressenes Blatt APS 9	14
Abbildung 5: Mittlere Auflaufrate am 02.04.2025 gruppiert nach Prüffaktor ( $\bar{x} \pm$ SD) .....	17
Abbildung 6: Gemittelte Wuchshöhe am 20.05.2025 ( $\bar{x} \pm$ SD).....	18
Abbildung 7: Mittlere Knöllchenanzahl am 08.05.25 und 25.07.25 ( $\bar{x} \pm$ SD)..	19
Abbildung 8: Gemittelter Hülsen- und Körneransatz am 25.07.2025 ( $\bar{x} \pm$ SD)	20
Abbildung 9: Werte des Yara-N-Testers am 13.06.2025 ( $\bar{x} \pm$ SD).....	21
Abbildung 10: Gemittelter Phosphorgehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm$ SD) .....	22
Abbildung 11: Gemittelter Kaligehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm$ SD).....	22
Abbildung 12: Gemittelter Magnesiumgehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm$ SD) .....	23
Abbildung 13: Gemittelter Calciumgehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm$ SD)	23
Abbildung 14: Gemittelter Schwefelgehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm$ SD) .....	24
Abbildung 15: Gemittelter Natriumgehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm$ SD)	24
Abbildung 16: Gemittelter Kupfergehalt der Gesamtpflanzen in $\text{mg kg}^{-1}$ ( $\bar{x} \pm$ SD) .....	25
Abbildung 17: Gemittelter Kupfergehalt der Gesamtpflanzen in $\text{mg kg}^{-1}$ ( $\bar{x} \pm$ SD) .....	25
Abbildung 18: Gemittelter Eisengehalt der Gesamtpflanzen in $\text{mg kg}^{-1}$ ( $\bar{x} \pm$ SD) .....	26
Abbildung 19: Gemittelter Mangangehalt der Gesamtpflanzen in $\text{mg kg}^{-1}$ ( $\bar{x} \pm$ SD) .....	27
Abbildung 20: Gemittelter Borgehalt der Gesamtpflanzen in $\text{mg kg}^{-1}$ ( $\bar{x} \pm$ SD) .....	27
Abbildung 21: Gemittelter Molybdängehalt der Gesamtpflanzen in $\text{mg kg}^{-1}$ ( $\bar{x} \pm$ SD) .....	28

Abbildung 22: Gemittelter Stickstoffgehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm SD$ ) .....	29
Abbildung 23: Mittlerer bereinigter und unbereinigter Ertrag 14% in dt ha <sup>-1</sup> ( $\bar{x} \pm SD$ ) .....	30
Abbildung 24: Mittlerer Proteingehalt in % ( $\bar{x} \pm SD$ ).....	31
Abbildung 25: Mittlere Tausendkornmasse in g ( $\bar{x} \pm SD$ ) .....	32

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Nährstoffgehalte des eingesetzten Düngers Excello 331 .....	9
Tabelle 2: Variantenplan .....	10

# 1 Einleitung

Lange Zeit waren die Leguminosen die einzige Möglichkeit für landwirtschaftliche Betriebe, um zusätzlichen Stickstoff außerhalb von Dung in eine Fruchtfolge einzubringen. Außerdem waren sie eine wichtige Eiweißquelle für Mensch und Tier, welche aufgrund des zunehmenden Welthandels durch Importe aus dem Ausland nach und nach an Bedeutung verloren hatte. Nur in Bio-Betrieben sind sie im nennenswerten Umfang erhalten geblieben, da diese nicht mineralisch düngen dürfen (BZL 2023). Weitere Gründe sind die schlechten Marktpreise von Körnerleguminosen, die weit unter ihrem Futterwert liegen. Die Folge des geringen Anbauumfanges waren fehlende Vermarktungsmöglichkeiten sowie eingeschränkte Pflanzenschutzmittelzulassungen. Aufgrund dieser schlechten Marktlage und Anbausituation sind auch die Forschungs- und Züchtungsprogramme massiv reduziert worden (SPECHT 2009 S.302).

Aktuell erleben die Körnerleguminosen eine Art Renaissance: gentechnikfreie und heimische Futtermittel sowie Fleischersatzprodukte seien als Stichworte genannt. Im Ackerbau bringen die jahrelang engen Fruchtfolgen einige Probleme zum Vorschein, welche zum Teil durch den Anbau und damit die Auflockerung der Fruchtfolge durch Körnerleguminosen lösbar erscheinen. Dabei ist die Ausweitung des Anbaus auch ein politisches Ziel, sodass durch einen wachsenden Markt der Forschungsbedarf steigt (BZL 2023). Die Anbaufläche entwickelte sich von 2010 (16.300 ha Ackerbohnen) auf 66.300 ha in 2025 (Destatis 2025)). Daher soll in diesem Forschungsvorhaben untersucht werden, ob sich die Erträge und Qualitäten von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) durch unterschiedliche Saattechniken, Aussaatstärken oder aber eine Unterfußdüngung mit Mikronährstoffen steigern lassen.

## 2 Theoretische Grundlagen

### Saatverfahren

Je nach Ablageart wird zwischen unterschiedlichen Saatverfahren unterschieden. Bei der Drillsaat wird das Saatgut in eine Reihe gelegt, ohne

dabei einen definierten Abstand innerhalb der Reihe zu haben (=Unterschied zur Einzelkornsaat) (MEINEL 2019 S.69ff.).

Die Saat mit streifenförmiger Lockerung wird als Strip Till bezeichnet und kombiniert die Bodenbearbeitung in Streifen mit der Aussaat in diesem. Das Saatgut wird also in den gelockerten Streifen abgelegt oder im Anschluss mit z.B. Einzelkornsäegeräten in die vorher gelockerten Streifen platziert. So sollen die Vorteile der Direktsaat und der konventionellen Bearbeitung kombiniert werden. Weitläufig bekannt ist dieses Verfahren in der Aussaat von Mais mit vorheriger organischer Düngung in den Streifen (GLÄSER 2021 S.1f.). Die Claydon ist ebenfalls eine Strip-Till Drillmaschine, welche den Boden in Abständen von 33 cm lockert und dort auch das Saatgut ablegt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Drillmaschinen mit Scheibenscharen arbeitet die Claydon mit Zinkenscharen (CLAYDON o.J. S.14ff.).

Herkömmliche Drillmaschinen können Probleme bekommen, die erforderliche Ablagetiefe einzuhalten (MEIßNER und HOFFSTALL 2022 S.348; WINDT et al. 2000 S.563). Ackerbohnen sollten, je nach Literatur, auf schweren Böden zwischen 6-8 cm und auf leichten Böden zwischen 8-10 cm (MEIßNER und HOFFSTALL 2022 S.348; ROEB und KOCH 2025 S.593; WINDT et al. 2000 S.563) tief gedrillt werden. Möglich sind auch Ablagetiefen zwischen 8-12 cm (KAHNT 2008 S.130); Spatenversuche haben ergeben, dass Ackerbohnen auch aus 25 cm Tiefe heranwachsen können. Der häufigste begrenzende Faktor im Bezug auf die Ablagetiefe von Bohnen ist die Technik (WELNA et al. o.J.). Die tiefe Ablage ist erforderlich, um den hohen Keimwasserbedarf zu decken und aufgrund der hypogäischen Keimung unproblematisch (WINDT et al. 2000 S.563).

Der Reihenabstand, in dem die Bohnen gesät werden, ist primär nicht ertragsrelevant. Grundsätzlich sind Reihenweiten zwischen 15-50 cm ertragsneutral, da Ackerbohnen ein sehr hohes Kompensationsvermögen besitzen (HEBBLETHWAITE et al. 1983 zitiert in KELLER et al. 1999 S.638). In einigen Literaturquellen wird davon berichtet, dass sich mit einem weiteren Reihenabstand die Erträge um bis zu 10% steigern lassen, die Tausendkornmasse TKM bleibt davon unberührt (WINDT et al. 2000 S.563; WAKWEYA und MELETA 2016 S.88f.) Relevant ist die Technik, die auf den

landwirtschaftlichen Betrieben vorhanden ist und wie die Beikrautregulierung erfolgen soll. Gerade bei Biobetrieben bieten sich Reihenweiten von 45-50 cm an, wenn entsprechende Hacktechnik vorhanden ist (KOLBE et al. 2002 S.63f.). Ackerbohnen sind früher oft mit niedrigen Saatstärken wie 35 Körnern  $m^{-2}$  gedrillt worden. Begründet wurde das mit niedrigeren Saatgutkosten und einer erhöhten Standfestigkeit. Außerdem lag die Empfehlung bei einem Reihenabstand von 25 cm, was durch die niedrigen Aussaatstärken begründet wurde (SAUERMAN und SASS 2016 S.7f.). Den Praxiserhebungen nach können Ackerbohnen schwankende Aussaatstärken von 28-85 Körnern  $m^{-2}$  kompensieren. Ebenso ist die Anzahl aufgelaufener Pflanzen relativ ertragsneutral (SCHMIDT et al. 2021 S.15). In anderen Versuchen wurde gezeigt, dass mit einer zunehmenden Bestandsdichte die Anzahl der Hülsen pro Pflanze abnimmt, der Ertrag jedoch bleibt gleich beziehungsweise steigt (MARCELLOS und CONSTABLE 1983 zitiert in LÓPEZBELLIDO et al. 2005 S.371). Dieser Effekt ist auch in anderen Versuchen gezeigt worden (BURKHARD und KELLER 1985 zitiert in KELLER et al. 1999 S.627). Mit zunehmender Bestandsdichte steigt der Blattflächenindex LAI  $m^{-2}$ , die Blattfläche pro Pflanze sinkt im gleichen Zug (KELLER et al. 1999 S.627). Ältere Versuche zeigten, dass der Ertrag signifikant mit der Anzahl der Hülsen  $m^{-2}$  korreliert und damit auch mit der Anzahl der Körner  $m^{-2}$  (PILBEAM et al. 1989 S.211). Die TKM des Saatgutes spielt beim Ertrag keine Rolle (IDRIS 2008 S.148).

In den Jahren seit 2021 wurden Versuche zu Ackerbohnen mit unterschiedlichen Fragestellungen und Varianten im Versuchsgut Merklingsen der Fachhochschule Südwestfalen durchgeführt. Eine statistische Verrechnung dieser unterschiedlich aufgebauten Versuche ist somit nicht möglich. In allen Jahren mit variiertem Saatstärke zeigte sich eine klare Tendenz, dass mit einer Erhöhung dieser der Ertrag gesteigert werden konnte. Eine Erhöhung von 30 auf 40 Körner  $m^{-2}$  brachte im Mittel etwa 1,8% mehr Ertrag, die Erhöhung von 30 auf 50 Körner  $m^{-2}$  erhöhte den Ertrag um 7,7%. Die Art der Unkrautbekämpfung wirkte sich im Mittel der drei Versuchsjahre um 1,6% zugunsten des Einsatzes von Herbiziden aus. Insgesamt zeigten die Versuchsjahre sehr deutlich die hohen Ertragsschwankungen von

Ackerbohnen: Das Jahr 2024 brachte mit gemittelt 62,70 dt ha<sup>-1</sup> den höchsten Ertrag, während im Jahr 2025 mit etwa 39,11 dt ha<sup>-1</sup> nur rund 62% des Höchstertrages erreicht wurden. Nachfolgend erfolgt die genauere Betrachtung der Einzeljahre:

In 2021 wurde der Einfluss der Unkrautbekämpfung auf den Ertrag untersucht. Hier lag die Strip-Till Variante mit mechanischer Unkrautbekämpfung deutlich vor der Einzelkornsaat mit Herbizideinsatz bei gleicher Aussaatstärke. Es zeigte sich eine leicht negative Korrelation zwischen hoher TKM und Ertrag: Mit steigendem Ertrag wurde die TKM geringer.

2022 wurde der Einfluss der Aussaatstärke mit unterschiedlichen Saatechniken überprüft. Im Allgemeinen zeigte sich, dass mit einer Steigerung der Aussaatstärke (20, 30 und 40 Körner m<sup>-2</sup>) in allen Saatechniken eine Erhöhung des Ertrages um bis zu 9,5% einherging. Die mit Einzelkornsämaschine gelegten Bohnen übertrafen in diesem Jahr die ebenfalls in 45 cm Reihenabstand gedrillten Strip-Till Varianten über alle Saatstärken.

Im folgenden Jahr 2023 war nochmal die Unkrautbekämpfung die Versuchsfrage. Hier übertraf die Drillsaat mit hohen 55 Körnern m<sup>-2</sup> als Saatstärke und chemischer Unkrautbekämpfung die Einzelkornsaat mit üblichen 43 Körnern m<sup>-2</sup> und ausschließlichem Einsatz von Hacke und Striegel zur Unkrautbekämpfung um 30%. Der Proteingehalt blieb davon eher unbeeinflusst.

2024 wurde in Merklingsen ebenfalls der Einfluss unterschiedlicher Saatechniken und variiertes Unkrautbekämpfung auf den Ertrag und Proteingehalt untersucht. Den höchsten Ertrag lieferte hier die Strip-Till Saat mit nur chemischer Unkrautbekämpfung, die Strip-Till Variante mit ausschließlich mechanischer Unkrautbekämpfung unterlag mit rund 15% weniger Ertrag. Auch hier blieb der Proteingehalt weitestgehend unbeeinflusst. In diesem Jahr war in den Strip-Till Varianten der Feinwurzelanteil und die Anzahl an Knöllchen gegenüber der Direktsaat-Varianten deutlich erhöht. Die Standard-Drillsaat wich nicht nennenswert von der Strip-Till-Saat ab.

## **Mikronährstoffversorgung von Ackerbohnen**

**Bor** ist anders als viel andere Mikronährstoffe nicht als Bestandteil von Enzymen wichtig, sondern als Baustoff für die Pflanze (OEHMICHEN et al. 2006 S.480). Bor ist somit am gesamten Pflanzenwachstum beteiligt, sowohl ober- als auch unterirdisch. Über den Einfluss auf die Stomata ist Bor auch in der Wassereffizienz involviert (BAKER et al. 1956 zitiert in WIMMER und EICHERT 2012 S.29). Da Bor mit dem Massenfluss zur Wurzel gelangen muss und in der Ackerbohne selber nur über das Xylem transportiert werden kann, gilt es als immobil und nicht verlagerbar (OEHMICHEN et al. 2006 S.428; MÜCKE und SEIDEL 2014 S.1f.). Bor gelangt deshalb immer in die Pflanzenteile mit der höchsten Wasserverdunstung (GRÖSCHL 2013 S.6). In Topf-Versuchen wurde gezeigt, dass die Gabe von Bor zu einer deutlichen Steigerung des Wachstums und Ertrages führte. Ganz besonders stark war in diesem Fall die verbesserte Bildung von Knöllchen (ARENZ und SCHROPP 1939 S.204). Die Form der Düngung hat einen erheblichen Einfluss auf die Wirksamkeit des Bors. Borat, welches neben dem Bor noch Calcium, Magnesium, Schwefel und Silizium enthält, als Düngung über den Boden gegeben, ist wirksamer als Borsäure, welches als Blattdünger appliziert wird (URBATZKA et al. 2023 S.1f.). Calcium behindert die Aufnahme von Bor, es handelt sich um einen Aufnahmeantagonismus. Versuche in Ackerbohnen zeigten jedoch, dass höhere Ca-Düngungen womöglich den Bedarf an B erhöhen und nicht als direkter Antagonist auftreten (SCHROPP und ARENZ 1940 S.65f.).

**Molybdän** ist für Leguminosen ebenfalls ein sehr wichtiger Mikronährstoff, da es Bestandteil des Aktivzentrums der Nitrogenase ist, dem Enzym, das wichtig für die  $N_2$ -Assimilation ist (RENGEL et al. 2023 S.329). So führt eine Düngung mit Molybdän zu einem deutlich verbesserten Erfolg der Saatgutimpfung mit Rhizobien. In Versuchen wirkten sich  $2 \text{ kg ha}^{-1}$  positiv auf die Ausbildung von Knöllchen mit beimpftem Saatgut und der  $N_2$ -Fixierungsleistung aus (MERBACH und GÖTZ 1997 S.48). Molybdän ist besonders bei hohen pH-Werten verfügbar (GRÖSCHL 2013 S.6). Zu Schwefel besteht ein starker Aufnahmeantagonismus, da Molybdän und Schwefel über den gleichen Transportweg aufgenommen

werden (RENGEL et al. 2023 S.329). Eine erhöhte Mo-Aufnahme erfolgt nicht nur bei einem S-Mangel, sondern auch, wenn die Nährstoffe Eisen, Mangan, Zink, Kupfer oder Bor im Mangel sind (MAILLARD et al. 2016 zitiert in RENGEL et al. 2023 S.329). Ein Mangel an Mo führt im Allgemeinen zu einer Anreicherung von Nitrat  $\text{NO}_3^-$  und Mangel an Aminosäuren (OEHMICHEN et al. 2006 S.483).

**Zink** ist im Boden das beweglichste Schwermetall, innerhalb der Pflanze jedoch weniger verlagerbar (OEHMICHEN et al. 2006 S.484). Es kommt in vielen Proteinen als Strukturelement vor, in einigen Proteinen ist es als Cofaktor vorhanden (MARET 2019 zitiert in RENGEL et al. 2023 S.310). Als Bestandteil des Enzyms Kohlendioxidanhydrase ist es auch an der Photosynthese beteiligt. Ackerbohnen haben innerhalb der Leguminosen den höchsten Bedarf an Zink (TLLLR 2021 S.1,6). Es ist bei hohen pH-Werten nur gering verfügbar. Aufgenommen werden kann es nur durch den direkten Wurzelkontakt, gegenüber Phosphor besteht ein starker Antagonismus (GRÖSCHL 2013 S.6). Ein Mangel an **Eisen** führt bei Leguminosen zu einer Störung der Teilung der an den Knöllchen beteiligten Kortezellen. Weitere Effekte sind die Reduzierung der Bakteroidenzahl, des Leghämoglobingehaltes und der Nitrogenaseaktivität (SEEHUBER 2015 S.37). Besonders hohe pH-Werte können zu Mangelsymptomen führen, da es dann zu einer Ionenkonkurrenz mit Mangan kommt. Grundsätzlich wird Eisen von der Pflanze als  $\text{Fe}^{2+}$ -Ion oder als Chelat aufgenommen. Da Kupfer und Mangan ebenfalls als Chelat aufgenommen werden können, konkurrieren die Nährstoffe (OEHMICHEN et al. 2006 S.483). Innerhalb des Blattes sind etwa 80% des Eisens in den Chloroplasten enthalten (RENGEL et al. 2023 S.294).

**Mangan** kommt im Stoffwechsel der Pflanzen in vielen Stellen vor. Aufgrund seiner Fähigkeit zum Valenzwechsel ( $\text{Mn}^{2+} + e^- \leftrightarrow \text{Mn}^{3+}$ ) ist es als Cofaktor und Enzymaktivator wichtiger Partner in Redox- und Carboxylierungsreaktionen des Kohlenhydrat- und Proteinstoffwechsels (OEHMICHEN et al. 2006 S.482; SCHMIDT und HUSTED 2019 zitiert in RENGEL et al. 2023 S.294). Ein Mangel an Mangan führt bei Sojabohnen (*Glycine max* (L.) Merr.) zu Ertragseinbußen. Zusätzlich nimmt die Ölsäurekonzentration ab und die Linolsäurekonzentration zu (WILSON et al. 1982 zitiert in RENGEL et al. 2023

S.298). Innerhalb der Pflanze ist Mn deutlich mobiler als Bor, Mangelerkrankungen treten erst an mittleren und älteren Blättern auf. Aufgrund des ähnlichen Ionenradius von  $Mn^{2+}$  zu  $Ca^{2+}$ -Ionen besteht hier ein Antagonismus. Weitere Antagonismen bestehen zu  $NH_4^+$  und  $Fe^{2+}$ -Ionen (OEHMICHEN et al. 2006 S.482).

### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Beschreibung des Versuchsstandortes**

Der Versuch wurde auf dem Versuchsgut Merklingsen der Fachhochschule Südwestfalen durchgeführt. Das VG liegt etwa 80 m ü. NN. Jährlich fallen in Merklingsen etwa 750 mm Regen, die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt etwa 10,4 °C. Merklingsen liegt im Kreis Soest in der Soester Börde. Aufgrund der teils meterhohen Lössauflage sind die Böden sehr fruchtbar und haben am Standort des Versuchsgutes eine sehr hohe nutzbare Feldkapazität (nFK) von bis zu 220 mm von 0-100 cm Tiefe. Die Felder des Versuchsgutes haben überwiegend zwischen 70-75 Bodenpunkte BP und eine Zustandsstufe L3 Lö bis L4 Lö. Bodenkundlich handelt es sich um einen Ut2 Boden, einen schwach tonigen Schluff (KÖPP et al. 2025 S.3; GD NRW 2020 S.3).

Die Versuchsfläche ist das Feld „Süke“. Der pH-Wert lag zum Versuchszeitpunkt bei 7,0, der Humusgehalt bei 2,10%. Der Bodentyp ist eine Pseudogley-Parabraunerde mit der Horizontfolge Ap, (Sw) Ap, (Sw) Al, Sw Bt, Sd Bt, Gro, Gor, Gr.

#### **3.2 Witterung**

Abbildung 1 zeigt die Aufzeichnungen einer iMetos2 Wetterstation von Pessl Instruments im Versuchszeitraum vom 01.02.2025 bis zum 31.08.2025. Die Station ist auf dem Versuchsgut in Merklingsen installiert.

Niederschlag [mm]

Temperatur [°C]

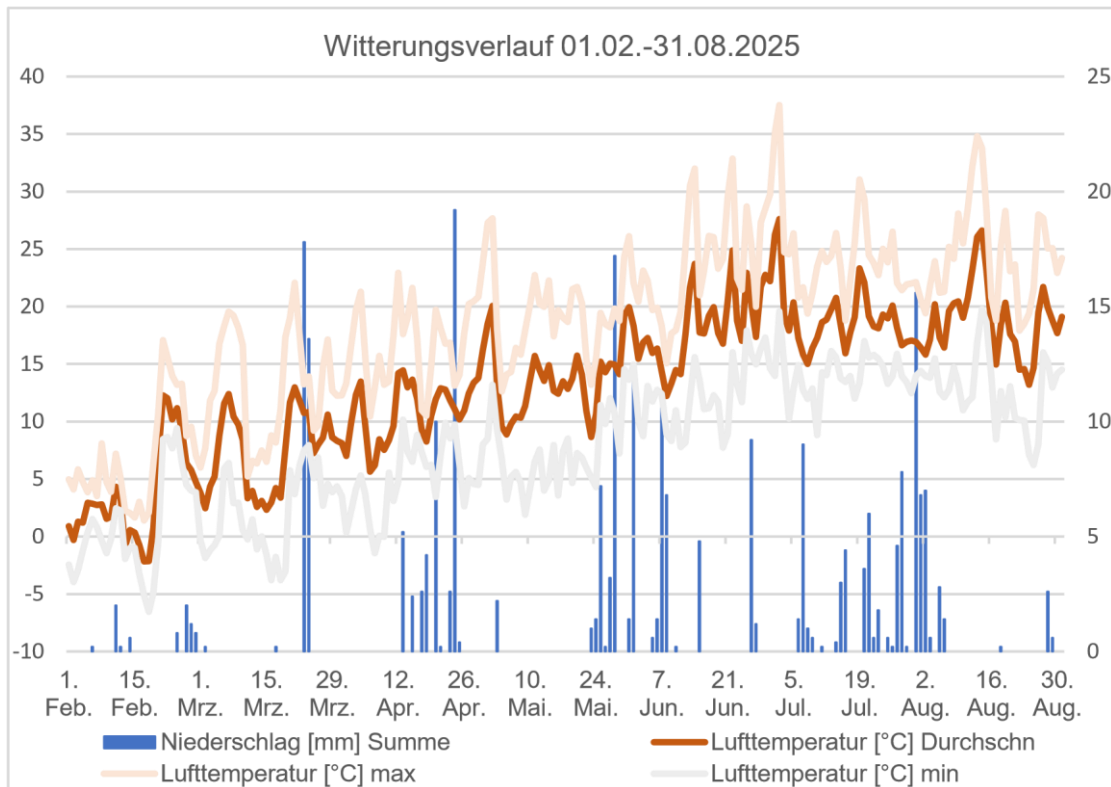


Abbildung 1: Witterung während des Versuchszeitraums in Merklingsen

Im gesamten Versuchszeitraum sind zwischen Saat und Ernte 243,4 mm Regen gefallen, der niederschlagreichste Tag war der 24. April mit 19,2 mm. Der Monat mit dem höchsten Gesamtniederschlag war der Juli mit 61 mm. Die Verteilung des Regens war insgesamt nicht besonders gleichmäßig, kennzeichnend waren eher kurze, ergiebige Zeiträume. Der insgesamt wärmste Monat war ebenfalls der Juli mit einer durchschnittlichen Temperatur von 19,0 °C. Auch der wärmste Tag lag in diesem Monat: Der 02. Juli hatte eine Durchschnittstemperatur von 27,6 °C und eine Maximaltemperatur von 37,5 °C.

### 3.3 Varianten und Versuchsdurchführung

In einem Feldversuch wurde nach Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) mit nachfolgender Zwischenfrucht der Einfluss von variiertes Saattechnik, -stärke

und einer Unterfußdüngung mit Mikronährstoffen auf den Ertrag und die Qualität von Ackerbohnen der Sorte Tiffany untersucht.

Verglichen wurden folgende drei Aussaattechniken: Drillsaat mit einem Reihenabstand von 12,5 cm, Kubota SD1301M, Strip-Till Saat mit einem Reihenabstand von 45 cm, Kverneland Kultistrip mit Fronttank sowie ClaydonStrip-Till Saat mit einem Reihenabstand von 33 cm, Claydon Evolution F3. Die Aussaatstärken waren einmal 40 Körner m<sup>-2</sup> als niedrige und 50 Körner m<sup>-2</sup> als hohe Saatstärke für die Claydon und die Drillsaatvariante sowie je 30 und 40 Körner m<sup>-2</sup> für die Strip-Till Variante. Als Dünger wurde einmal keiner und einmal 75 kg ha<sup>-1</sup> Excello 331 der Firma Jost unterfuß gegeben. In Tabelle 1 sind die Inhaltstoffe des Düngers pro kg und pro ha bei 75 kg ha<sup>-1</sup> Aufwandmenge aufgelistet. Der Dünger wurde von der Firma JOST GmbH zur Verfügung gestellt. Tabelle 2 gibt den Variantenplan wieder.

Tabelle 1: Nährstoffgehalte des eingesetzten Düngers Excello 331

Nährstoff	Gehalt [g pro kg]	Gehalt [g pro ha]
<i>B</i>	10,00	750,00
<i>Mn</i>	30,00	2250,00
<i>Zn</i>	30,00	2250,00
<i>Mo</i>	0,05	3,75
<i>MgO</i>	111,00	8325,00
<i>CaO</i>	271,00	20325,00

(Quelle: nach Joost 2024)

Der Versuch ist als Streifenanlage mit je zwei echten und zwei unechten Wiederholungen angelegt worden. Die einzelnen Parzellen, die sich daraus ergeben, sind 3 m breit und 10,5 m lang. So liegen ohne die Randbereiche zwölf gleiche Streifen mit einer Länge von je 21 m nebeneinander, nach einem Wendebereich liegen wieder zwölf Streifen mit je 21 m Länge nebeneinander. Abbildung 2 gibt einen Überblick über den Versuchsplan. Die Anlage erfolgte quer zur eigentlichen Bearbeitungsrichtung.

Tabelle 2: Variantenplan

Faktor 1: Aussaattechnik		Faktor 2: Aussaatstärke Kö m <sup>-2</sup>				Faktor 3: Unterfußdünger	
1	Drillsaat	1	40	30	40	1	ohne
2	Strip-Till	2	50	40	50	2	75 kg ha <sup>-1</sup>
3	Claydon						

Länge Wdh. Block		Rand															
51,5	4	D	R	2	2	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	R	
				2	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
				2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1		
				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
42,0	3	C	R	2	2	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	R	
				2	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
				2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1		
				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
31,5				Wendebereich													
21,0	2	B	R	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	R	
				1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2		
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
10,5	1	A	Tech	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	R	
			SaSt	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2		
			Dü	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
			Wdh	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
lfd. Meter			3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	

Abbildung 2: Versuchsplan

### 3.3.1 Aussaat

Vor der Saat wurde in allen Varianten mit einem Köckerling Vario auf etwa 10 cm Tiefe am 17.02.2025 der Boden gelockert. Die Aussaat erfolgte dann in der Drillsaatvariante am 19.02.2025, die Claydon und die Strip-Till Variante wurden am 20.02.2025 gesät. Das lag an dem in der Zwischenzeit sehr stark gefrorenen Boden am 19.02.2025, in diesem wirkten die Claydon und die Strip-Till Drille wie ein Anker und ließen sich nicht durchziehen. Das eingesetzte Bohnensaatgut war nicht gebeizt, hatte eine TKM von 563,6 g und eine Keimfähigkeit von 95%. Die Ablagetiefe wurde kontinuierlich kontrolliert.

Bei der Standard-Drillmaschine handelt es sich um eine Kubota SD1301M, eine pneumatische Sämaschine mit Doppelscheibenscharen, die auf einer 3 m breiten Kreiselegge aufgesattelt ist. Der Antrieb des Gebläses erfolgt mechanisch über die Zapfwelle, der der Dosierung über ein Spornrad, welches hinter dem Saatstriegel über den Acker läuft. Die Ablagetiefe lag mit maximal eingestelltem Schardruck bei etwa 6 cm, die Fahrgeschwindigkeit betrug 5 km h<sup>-1</sup>. Nach dem Einstellen des Dosierers und der Abdrehprobe wurden zunächst die Parzellen mit der geringen Aussaatstärke, dann nach einer kurzen Umstellpause die mit der hohen Aussaatstärke gedrillt. Die Aussaatmenge lag bei 237 kg ha<sup>-1</sup> für 40 Körner m<sup>-2</sup> und 297 kg ha<sup>-1</sup> für 50 Körner m<sup>-2</sup>. Die Sämaschine wurde von der Firma Kverneland Group Soest GmbH zur Verfügung gestellt.

Das Strip-Till Gerät arbeitet mit sechs Reihen, die in einem Abstand von 0,45 m zueinander montiert sind. Die Gesamtbreite beträgt demnach 2,70 m. Der Antrieb des Gebläses erfolgt hydraulisch, der der Dosierung mechanisch über eine am Fronttank montiertes Spornrad. Die Ablagetiefe betrug etwa 8 cm, die Fahrgeschwindigkeit lag bei 5 km h<sup>-1</sup>. Zunächst wurden die Parzellen mit der geringen Aussaatstärke, bei diesem Gerät also 30 Körner m<sup>-2</sup>, gedrillt. Nach einer kurzen Umstellpause erfolgte die Aussaat der anderen Parzellen mit 40 Körnern m<sup>-2</sup>.

Die Claydon-Variante wurde mit einer Claydon Evolution F3 mit einem Reihenabstand von 0,33 m am gleichen Tag gedrillt. Diese Sämaschine hat 9 Reihen, die Gesamtarbeitsbreite beträgt 3 m. Bei der Claydon Drillmaschine

handelt es sich um eine Maschine mit zwei Tanks, der Dünger und die Saat konnten gleichzeitig abgelegt werden. Die Fahrgeschwindigkeit lag bei  $6 \text{ km h}^{-1}$ , die Ablagetiefe betrug etwa  $8 \text{ cm}$ . Der Antrieb des Gebläses erfolgt hydraulisch, der der Dosiereinheit elektrisch. Daher musste nach der Saat der Parzellen mit der niedrigen Aussaatstärke mechanisch nichts an der Maschine umgestellt werden; der elektrische Antrieb kann sich für die hohe Stärke entsprechend schneller drehen. Die Claydon wurde von der Firma Gebrüder Peiffer GmbH & Co. KG zur Verfügung gestellt.

### **3.3.2 Unterfußdüngung**

Bei dem Dünger Excello 331 von Jost handelt es sich um einen Granulatdünger. Für die Unterfußdüngung ist dieser in der Drillsaat-Variante vorher mit der Claydon ausgebracht worden, da die Standard-Sämaschine keine Unterfußdüngung erlaubt. Die Claydon verfügt über einen zweiten Tank mit eigener Dosiertechnik, über die dann eine Düngerablage am Lockerungsschar ermöglicht wird. Unmittelbar vor der Saat ist dieser Tank befüllt und der Dosierer eingestellt worden, womit eine Düngerablage auf etwa  $12 \text{ cm}$  Tiefe erfolgen konnte. Mit der Claydon wurde dann mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von  $6 \text{ km h}^{-1}$  der Dünger in den Parzellen der Drillsaat-Variante ausgebracht, wo eine Unterfußdüngung gegeben werden sollte. Die vor dem Saatschar laufenden Lockerungszinken haben ebenfalls einen Reihenabstand von  $0,33 \text{ m}$ . Der Dünger lag so nicht exakt unter der Saat, aber maximal in einem Abstand von  $0,165 \text{ m}$  entfernt.

Die Platzierung des Unterfußdüngers in der Strip-Till Variante erfolgte ebenfalls vor der Saat mit dem Strip-Till Gerät von Kverneland. Dazu wurde der Tank zunächst mit dem Dünger befüllt und der Dosierer eingestellt und mittels Abdrehtprobe überprüft. Ebenso wurde die Ablagetiefe auf etwa  $12 \text{ cm}$  eingestellt, der Dünger im Anschluss mit  $6 \text{ km h}^{-1}$  in allen Parzellen ausgebracht, die eine UFD erhalten sollten. Durch die automatische Lenkung des Schleppers mit RTK und Korrektursignal kann die Fahrspur wiederholgenau auf etwa  $2 \text{ cm}$  Genauigkeit getroffen werden, sodass auch im

abgesetzten Verfahren der Dünger ausreichend genau unter dem Saatband platziert werden kann.

Die Unterfußdüngung der Claydon-Variante ist gleichzeitig zur Saat erfolgt. Der Dünger lag dabei exakt unter dem Saatband auf einer Tiefe von 12 cm, die Bohnen auf einer Tiefe von 8 cm.

### **3.4 Bonitur und Datenerhebung**

Vor der Saat wurden am 17.02.2025 in dem Versuchsbereich Bodenproben gezogen. Dazu wurde mit drei Bohrstöcken der Boden in 25 Einstichen aus den Tiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm getrennt entnommen, schichtweise gemischt und in drei Tüten gefüllt. Diese Tüten sind gekühlt an das Labor der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Nordrhein-Westfalen (NRW) geschickt worden. Dort wurde der Boden der ersten 30 cm nach dem VDLUFA Methodenbuch Band I, A 5.1.1 01-2016 (pH), A 6.2.1.1 01-2012 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O), A 6.2.4.1 01-1991 (Mg) und A 6.4.1 012002 (B, Cu, Mn, Zn) analysiert. Zusätzlich wurden alle Schichten nach dem VDLUFA Methodenbuch Band I, A 6.1.4.1 2002-01 auf mineralisierten Stickstoff N<sub>min</sub>, Nitrat-Stickstoff und Ammonium-Stickstoff analysiert.

Nach der Saat wurde am 05.03.2025 stichprobenartig die Länge der Keimlinge im Randbereich bonitiert, indem die Saatreihen vorsichtig aufgegraben, die gekeimten Bohnen entnommen, vermessen und wieder eingegraben wurden.

Am 26.03.2025 ist der Feldaufgang der Drillsaaten mit einem 1m<sup>2</sup> großen Zählrahmen bonitiert worden. Dazu wurde der Rahmen pro Parzelle dreimal zufällig auf den Boden geworfen und alle Pflanzen innerhalb sind gezählt worden. Der Feldaufgang der Strip-Till- und der Claydon-Varianten wurde am 02.04.2025 bonitiert, da diese erst später aufgelaufen sind. Aufgrund der weiteren Reihenabstände ist hier nicht der Zählrahmen genutzt worden, sondern es wurde mittels einer Zählstrecke gearbeitet. Hierfür wurde ein Gliedermaßstab pro Parzelle wieder je drei Mal zufällig geworfen und an der Stelle, an der gelandet ist, an der Reihe ausgerichtet. Für die Strip-Till Saaten sind dann alle Pflanzen auf einer Länge von 2,22 m ausgezählt worden

(1 m/0,45 m = 2,22 m), in den Claydon Varianten auf einer Länge von 3,03 m (1 m/0,33 m = 3,03 m).

Aufgrund des starken Blattrandkäferbefalls ist am 22.04.2025 in EC16 der Fraß der Käfer an den Blatträndern bonitiert worden. Es wurde eine Boniturskala festgelegt, welche die Noten 1 für kein Befall bis 9 für starken Befall enthält. Mithilfe dieser Skala sind pro Parzelle an je drei Zählstellen 20 Pflanzen bonitiert worden. Vergeben wurden lediglich die Noten 3 (Abbildung 8), 5, 7 und 9 (Abbildung 7).



Abbildung 3: Angefressenes Blatt APS 3



Abbildung 4: Angefressenes Blatt APS 9

Am 08.05.2025 wurde stichprobenartig die Anzahl der Knöllchen pro Pflanze bestimmt, indem aus dem Randbereich von jeder Variante in zwei Wiederholungen je drei Bohnenpflanzen in EC36 mit dem Spaten ausgegraben wurden. Diese Bonitur ist nur als Stichprobe erfolgt, damit der Effekt auf die Parzellen nicht das Endergebnis verfälscht. An den ausgegrabenen Pflanzen sind die gebildeten Knöllchen an der Hauptwurzel gezählt worden, eine Unterscheidung in aktive und inaktive ist nicht erfolgt, die Knöllchen an den Seitenwurzeln wurden nicht mitbewertet, da einige der Seitenwurzel herausgerissen worden sind und somit eine Verfälschung stattgefunden hätte. Die Wuchshöhe der Ackerbohnen ist am 20.05.2025 gemessen worden. Geplant war die Messung mit einer Drohnenüberfliegung, dafür waren die Bestände jedoch zu lückig. Deshalb wurde in den Parzellen an je vier Stellen die Wuchshöhe mit einem Gliedermaßstab gemessen.

Am 13.06.2025 wurden mit einem N-Tester der Firma Yara die obersten Blätter der Pflanzen bonitiert. Der N-Tester misst dabei an der Stelle den Gehalt des Chlorophylls in den Blättern, für z.B. Weizen bietet Yara eine Auswertung anhand dieser Ergebnisse mittels App um die restliche Düngemenge abzuschätzen. Um einen Wert zu erhalten wurden die obersten Blätter von je 15 Pflanzen pro Parzelle untersucht. Der Wert ist dann aber nur relativ zu den anderen Parzellen zu betrachten, da er keinen absoluten Bezug wiedergibt.

Weitere Parameter wurden am 25.07.2025 erhoben. Dazu wurden im Randbereich (außerhalb des noch folgenden Kerndrusches) jeder Parzelle vier Pflanzen ausgegraben. Von diesen Pflanzen wurde zunächst die Anzahl der Knöllchen an der Hauptwurzel ausgezählt. Anschließend wurden die Hülsen und die Körner pro Pflanzen bestimmt. Diese Pflanzen sind inkl. Wurzeln, Hülsen und Körnern als Mischprobe für jede Variante in einem Fleischwolf am Versuchsgut geschreddert und dann gekühlt zur LUFA NRW geschickt worden. Diese zwölf Proben sind mittels einer optischen Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-Methode) auf ihre elementare Nährstoffzusammensetzung untersucht worden.

Während der gesamten Vegetation wurden regelmäßig Feldbegehungen und Notizen zum allgemeinen Pflanzenwachstums gemacht.

Die Ernte erfolgte am 11.08.2025 mit einem Parzellenmähdrescher des Herstellers Haldrup vom Typ C85 als 1,50 m breiter Kerndrusch aus der Mitte der insgesamt 3 m breiten Parzellen. Nach jeder Parzelle musste der Drescher kurz anhalten, damit die Druschorgane, die Waage und das Feuchtigkeitsmessgerät leerlaufen und automatisch gereinigt werden konnten. In der Kabine kam nach jeder Parzelle eine Probe an, welche in Tüten verpackt und mit einem Etikett versehen wurden, um weitere Analysen aus der jeweiligen Parzelle im Labor zu ermöglichen. Der Ertrag und die Kornfeuchte wurden direkt von dem Parzellenmähdrescher erfasst. Der Ertrag ist dann im Nachgang um die theoretische Mähbreite mithilfe der Reihenabstände korrigiert worden.

Im Anschluss an die Ernte sind die sehr von den Samen der Hundspetersilie verunreinigten Proben im Labor am 22.08.2025 mit zwei Sieben vorgereinigt

worden. Vor und nach der Reinigung ist die Probenmenge gewogen worden, um den Abgang zu bestimmen. Dieser Wert wurde genutzt, um den Ertrag um die Verunreinigung zu korrigieren. Das erste Sieb war so groß (12 mm), dass die Bohnen alle hindurchpassten und Strohreste verblieben. Das zweite Sieb war so klein (6 mm), dass die Samen der Unkräuter hindurchpassten und nur die Bohnen übrig blieben. Anschließend erfolgte eine Reinigung im Steigsichter mit höchster Gebläsestufe, sodass die sauberen Bohnen zur Bestimmung der Tausendkornmasse TKM vereinzelt werden konnten. Nach der Vereinzelnung sind die Körner händisch auf Bruchkörner, leere Schalen und Verunreinigungen überprüft und ggf. durch neue getauscht worden. Es wurden pro Probe zweimal je 250 Körner gezählt und gewogen, das Ergebnis der Wiegen ist dann hochgerechnet worden. Die gesamte Probenmenge ist dann zerstörungsfrei in einem NIT-Gerät (Near-Infrared Transmittance) der Firma Foss auf die Feuchtigkeit und den Proteingehalt untersucht worden.

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Pflanzenbauliche Parameter**

Die **Keimwurzeln** waren am 05.03.2025 in den Drillsaaten durchschnittlich 1,9 cm lang, in den Strip-Till Varianten 1,7 cm und in den Claydonsaaten 2,2 cm. Aufgrund der geringen Probenmenge ist eine statistische Absicherung nicht möglich gewesen.

Optische Unterschiede im Pflanzenwachstum gab es zwischen den Parzellen nur zu Beginn der Vegetation. Vollständig aufgelaufen waren die Drillsaaten am 26.03.2025, die beiden anderen Technikvarianten am 31.03.2025. Der Beginn der Blüte (EC61) wurde am 19.05.2025 von allen Parzellen gleichermaßen erreicht. Der 27.05.2025 markierte die Mitte der Blüte (EC65), das Ende der Blüte wurde am 04.06.2025 erreicht. Genaue Daten sind insofern schwierig anzunehmen, da die Blüte der Ackerbohnen sehr verzettelt abgelaufen ist. So ist auch der Beginn zur Abreife relativ schleichend gewesen. Mitte Juni erreichte der Bestand über alle Varianten das Stadium EC73. Das

Stadium EC86 wurde zur Monatsmitte Juli erreicht, der Hitzeschub Ende Juni hatte einen starken Einfluss auf den Beginn der Abreife. Insgesamt ließen sich kaum nennenswerte Unterschiede feststellen. Eine relevante Beobachtung war, dass sich die Strip-Till Saaten deutlich häufiger verzweigt hatten, in den Claydon Varianten war dieser Effekt sehr gering in den niedrigen Saatstärken zu beobachten, in den Drillsaaten hingegen fast nicht. In den Strip-Till Varianten war insgesamt über den Versuch deutlich mehr Unkraut vorhanden als in den beiden anderen Technikvarianten. In der folgenden Abbildung 5 ist der mittlere Feldaufgang dargestellt.

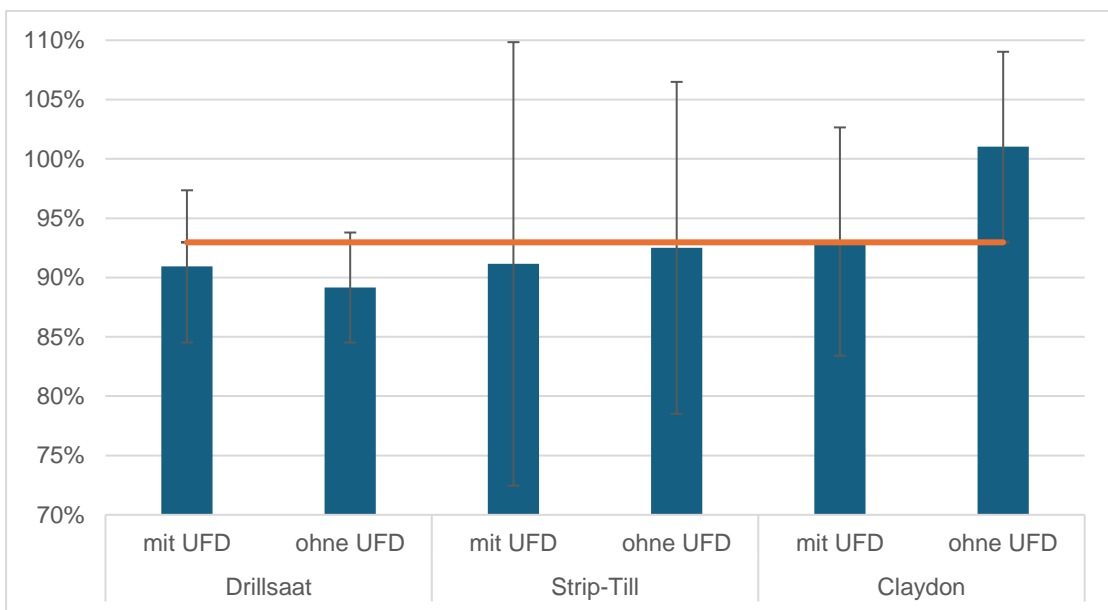


Abbildung 5: Mittlere Auflafrate am 02.04.2025 gruppiert nach Prüffaktor ( $\bar{x} \pm SD$ )

Absolut betrachtet besteht zwischen dem Feldaufgang und der Wuchshöhe eine starke Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,702$ . In diesem Fall ist der Feldaufgang gleich der Bestandesdichte zu setzen. Zwischen dem absoluten Feldaufgang und dem um den Abgang korrigierten Ertrag besteht ebenfalls eine starke Korrelation mit  $r = 0,697$ .

Die Ergebnisse der **Wuchshöhenmessung** am 20.05.2025 sind in Abbildung 6 dargestellt. Die durchschnittliche Wuchshöhe betrug im gesamten Versuchsbereich 75,2 cm mit einer Standardabweichung von  $\pm 5,7$  cm. Signifikante Unterschiede gab es nicht.

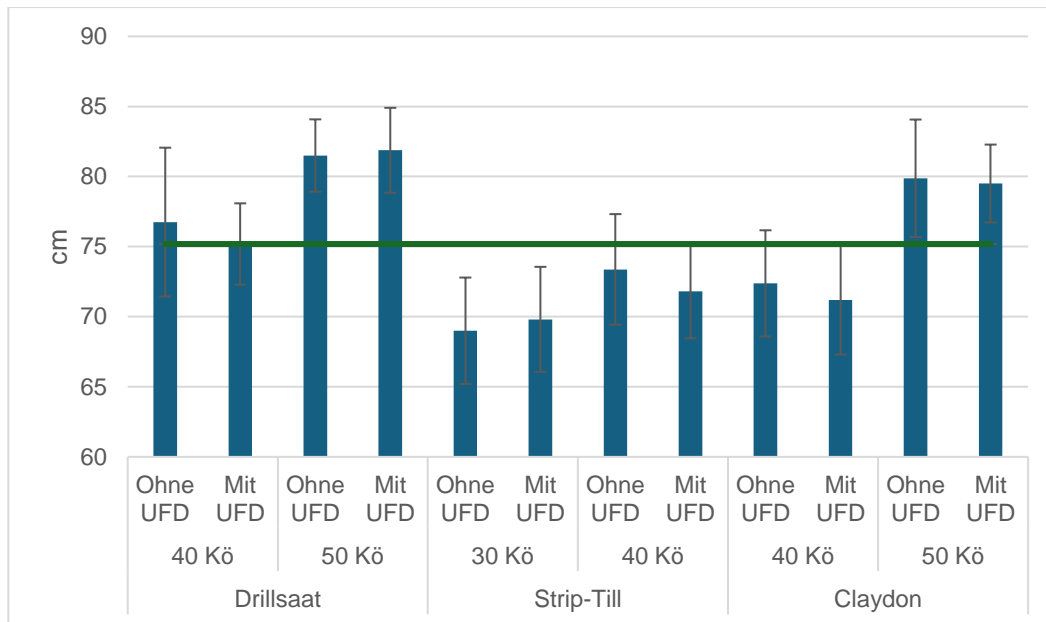


Abbildung 6: Gemittelte Wuchshöhe am 20.05.2025 ( $\bar{x} \pm SD$ )

Eine erhöhte Saatstärke führte in allen eingesetzten Saattechniken zu einer erhöhten Wuchshöhe mit einer gemittelten Differenz von 5,6 cm. Der Einsatz der UFD hingegen hatte keinen Effekt, sondern führte tendenziell zu einer geringeren Wuchshöhe (-0,5 cm).

## 4.2 Schaderreger

Die Ergebnisse des am 22.04.2025 bonitierten Befalls mit **Blattrandkäfern** zeigen keinen signifikant unterschiedlichen Befall. Die Parzellen sind nahezu identisch befallen worden (ASP 7,6 „Befall Blattrandkäfer“).

## 4.3 Ertragsfaktoren

Die **Knöllchenbonituren** wurden am 08.05.2025 zum Blühbeginn in EC61 sowie am 25.07.2025 kurz vor der Ernte in EC85 durchgeführt und zeigten keine signifikanten Unterschiede (siehe Abbildung 7). An beiden Boniturterminen lag die Anzahl der Knöllchen im Vergleich der Saattechniken bei der Drillsaat am geringsten (37,17 und 11,44 Knöllchen Pflanze<sup>-1</sup>). Die Strip-Till und Claydon Varianten waren relativ ähnlich mit 55,33 und 52,25 Knöllchen Pflanze<sup>-1</sup> am 08.05.2025 beziehungsweise 14,13 und 15,33 Knöllchen Pflanze<sup>-1</sup> am 25.07.2025. An beiden Terminen hatte eine höhere

Saatstärke einen niedrigeren Knöllchenbesatz zur Folge mit einer Differenz von 10,72 Knöllchen Pflanze<sup>-1</sup> am ersten Termin und 4,96 Knöllchen Pflanze<sup>-1</sup> am zweiten Termin. Die UFD erhöhte an beiden Terminen den Knöllchenbesatz um 4,06 bzw. 0,96 Knöllchen Pflanze<sup>-1</sup>.

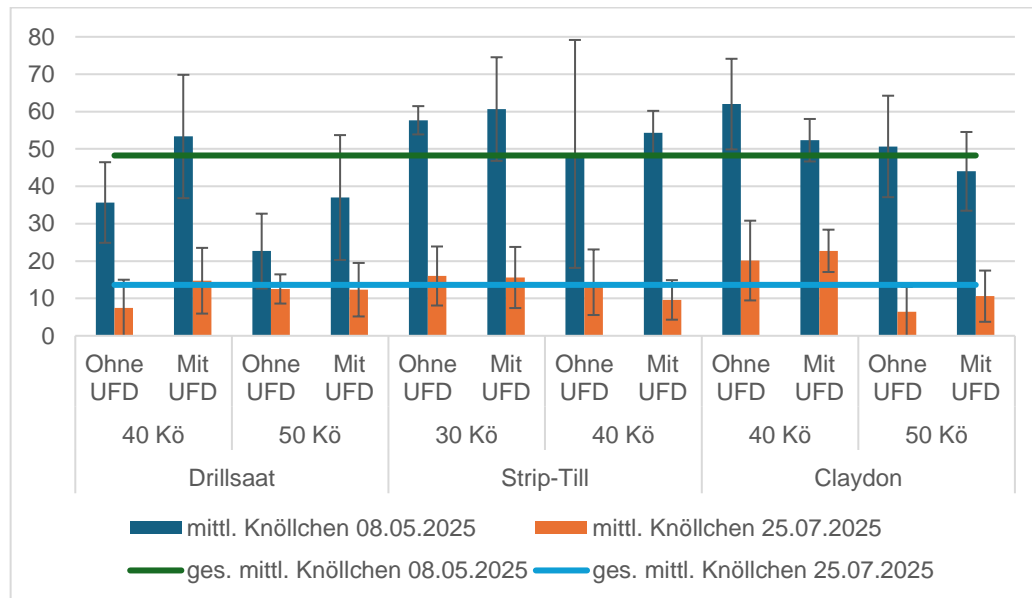


Abbildung 7: Mittlere Knöllchenanzahl am 08.05.25 und 25.07.25 ( $\bar{x} \pm SD$ )

Die Anzahl der Knöllchen vom 08.05.2025 korrelieren auch leicht mit dem Gesamt-Bor ( $r = 0,751$ ) sowie Gesamt-Magnesium ( $r = 0,663$ ) Gehalt der Pflanzenanalyse vom 25.07.2025 nach Spearman-Rangkorrelation.

Der **Hülsen- und Körneransatz** ist zusammen mit der letzten Knöllchenbonitur am 25.07.2025 erfasst worden. Die Ergebnisse sind nachfolgend in Abbildung 8 dargestellt. Da es sich um Sammelproben handelte, konnten die Werte nicht auf signifikante Unterschiede getestet werden. Im Gesamtdurchschnitt setze jede Pflanze 14,84 Hülsen mit  $SD=7,18$  und 49,18 Körner mit  $SD=23,26$  an. Die Erhöhung der Aussaatstärke führte zu einer Abnahme der Hülsen um 1,15 Hülsen Pflanze<sup>-1</sup> und zu einer Abnahme der Körner um 5,2 Körner Pflanze<sup>-1</sup>. Die UFD zeigte weder bei dem Hülsen-, noch bei dem Körneransatz einen Effekt.

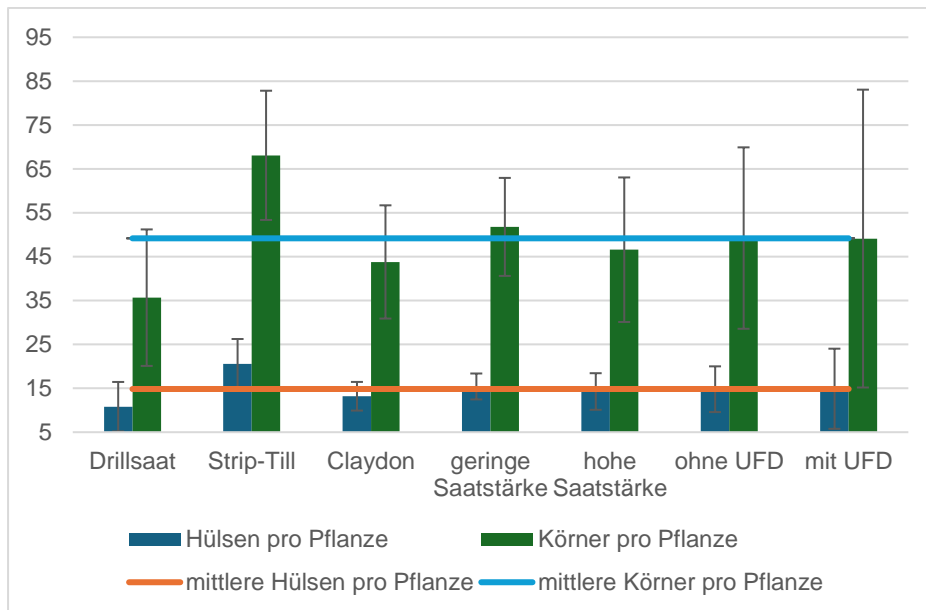


Abbildung 8: Gemittelter Hülsen- und Körneransatz am 25.07.2025 ( $\bar{x} \pm SD$ )

Nach Spearman-Rangkorrelation korreliert der Hülsen- mit dem Körneransatz sehr stark ( $r = 0,972$ ). Eine leichte Korrelation besteht auch zwischen dem Gesamt-Bor-Gehalt der Pflanzen und dem Hülsen- ( $r = 0,754$ ) und Körneransatz ( $r = 0,723$ ). Eine schwache Korrelation besteht zusätzlich zum Kaliumgehalt ( $r = 0,581$  für den Hülsen- und  $r = 0,557$  für den Körneransatz).

Die Messung des Chlorophyllgehaltes mit dem **Yara-N-Tester** erfolgte am 13.06.2025, die Ergebnisse sind nachfolgend in Abbildung 9 dargestellt. Da die Werte keinen Bezug zu absoluten Größen haben, sind sie nur in Relation zueinander zu betrachten. Signifikante Unterschiede konnten nicht festgestellt werden.

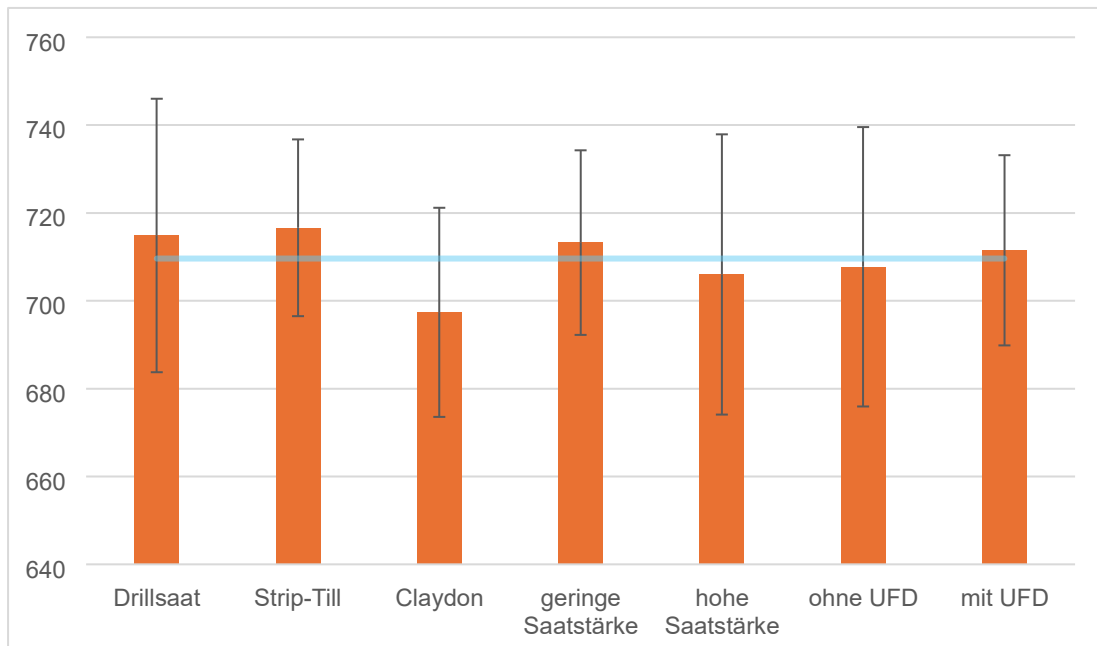


Abbildung 9: Werte des Yara-N-Testers am 13.06.2025 ( $\bar{x} \pm SD$ )

#### 4.4 Nährstoffanalyse

Die Ergebnisse der Nährstoffanalyse aus der Gesamtpflanze inklusive Samen, Hülsen und Wurzeln, durch die LUFA NRW, sind in den folgenden Grafiken dargestellt. Da es sich um Sammelproben handelt, konnte nicht auf Signifikanz untersucht werden. Abbildung 10 zeigt den gemittelten Phosphorgehalt über alle Varianten, der Durchschnitt lag bei 0,238%.

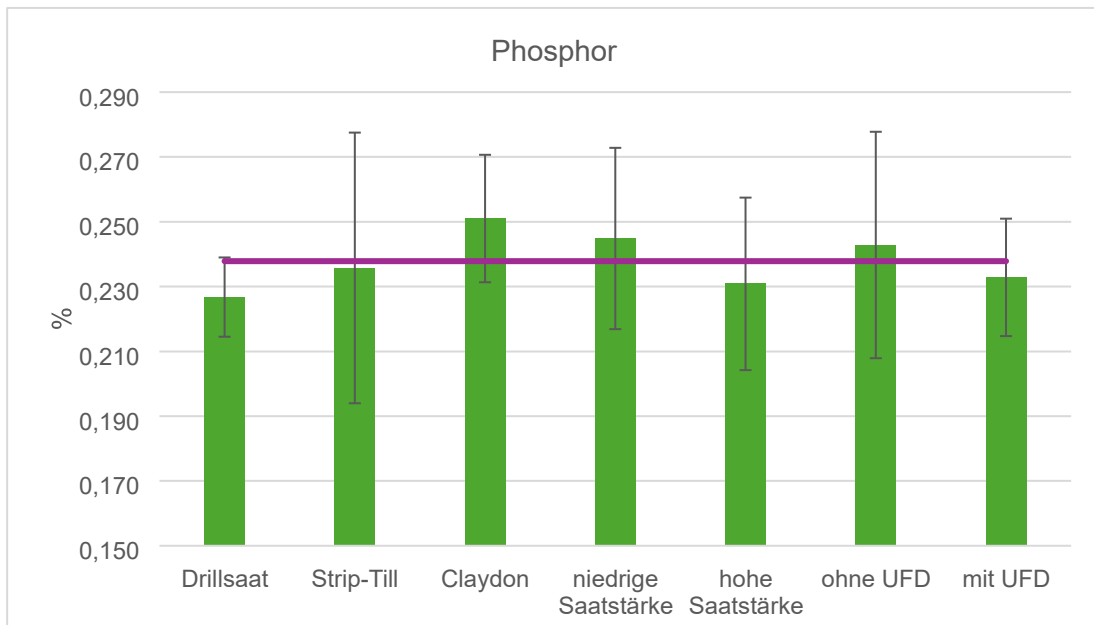


Abbildung 10: Gemittelter Phosphorgehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm SD$ )

—

Abbildung 11 zeigt den gemittelten Kaligehalt über alle Varianten, wobei der Durchschnitt bei 1,884 % mit SD = 0,027%.

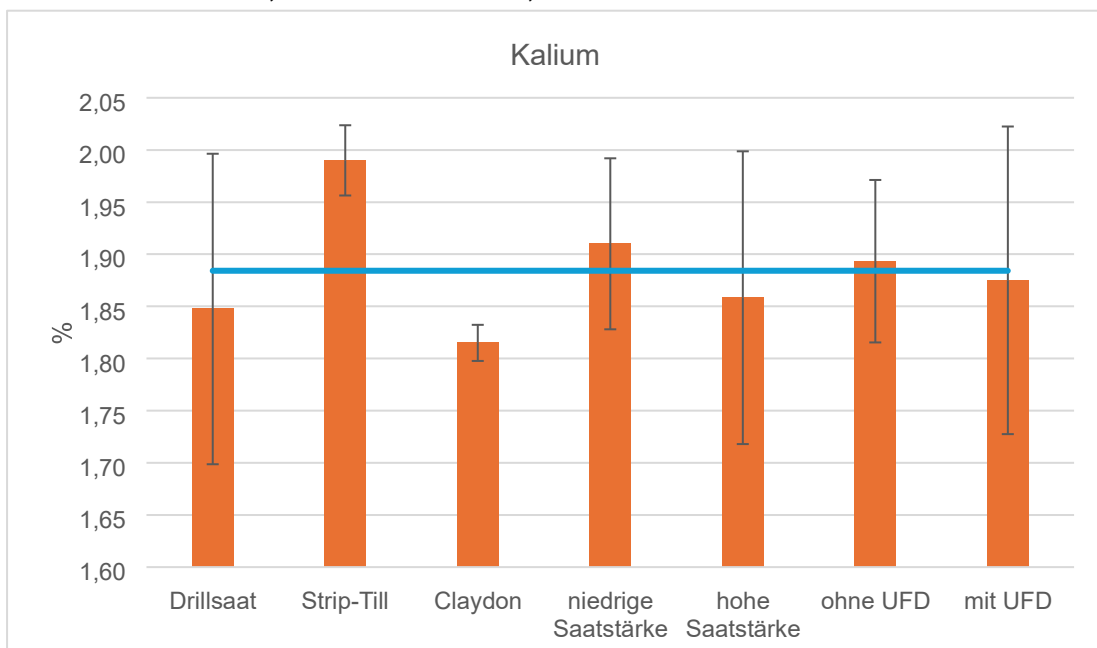


Abbildung 11: Gemittelter Kaligehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm SD$ )

Der durchschnittliche Magnesiumgehalt wird in Abbildung 12 dargestellt.

Insgesamt enthielten die Pflanzen im Schnitt 0,106% mit einer Streuung von  $\pm 0,0054\%$ .

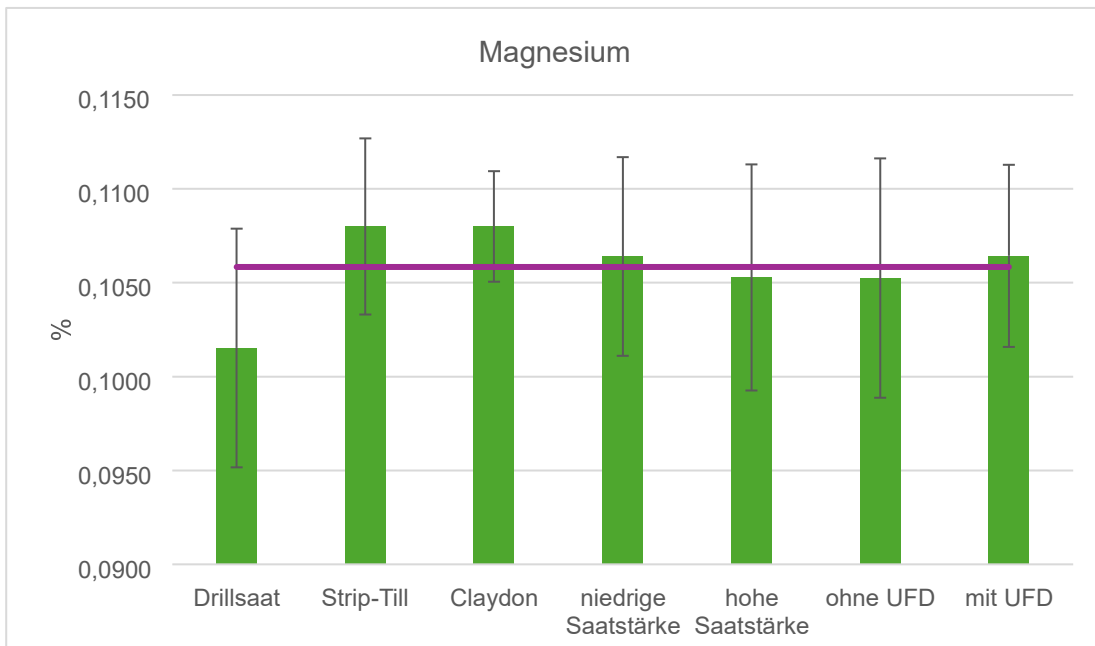


Abbildung 12: Gemittelter Magnesiumgehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm SD$ )

In Abbildung 13 ist der mittlere Calciumgehalt dargestellt, der Durchschnitt über alle Varianten betrug 0,534% mit einer Standardabweichung von 0,0487%.

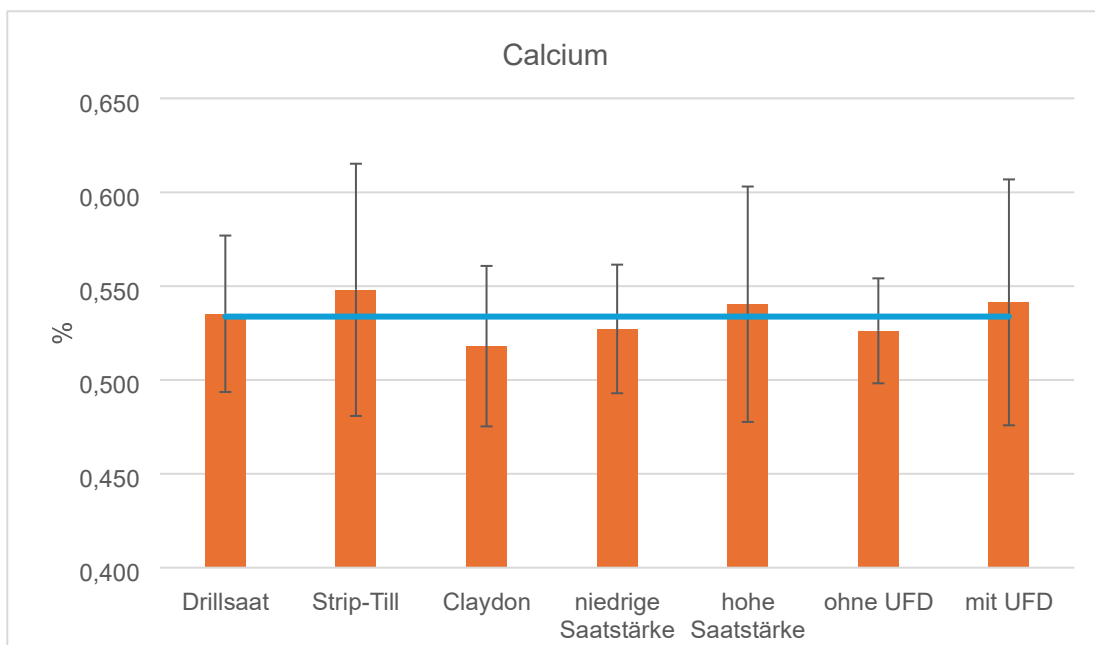


Abbildung 13: Gemittelter Calciumgehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm SD$ )

Abbildung 14 stellt den gemittelten Schwefelgehalt der Pflanzen über alle Varianten dar. Der Gesamtschnitt betrug 0,129%  $\pm$  0,00843%.

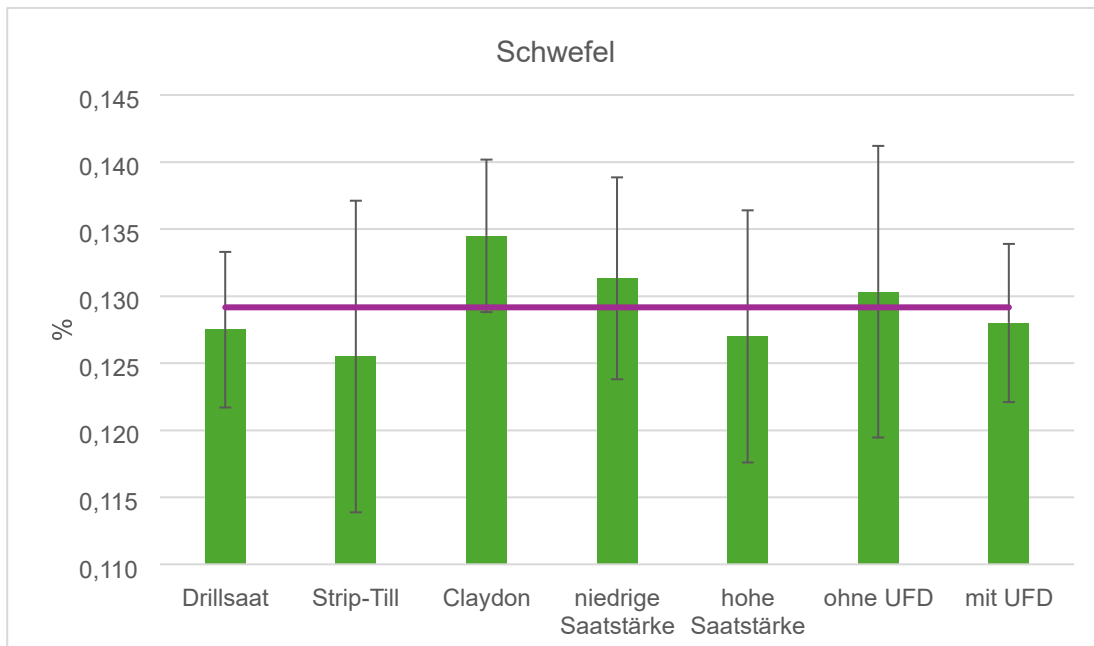


Abbildung 14: Gemittelter Schwefelgehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm SD$ )

Der mittlere Natriumgehalt betrug 0,0272% mit einer Standardabweichung von 0,0044%. Dargestellt wird er in Abbildung 15.

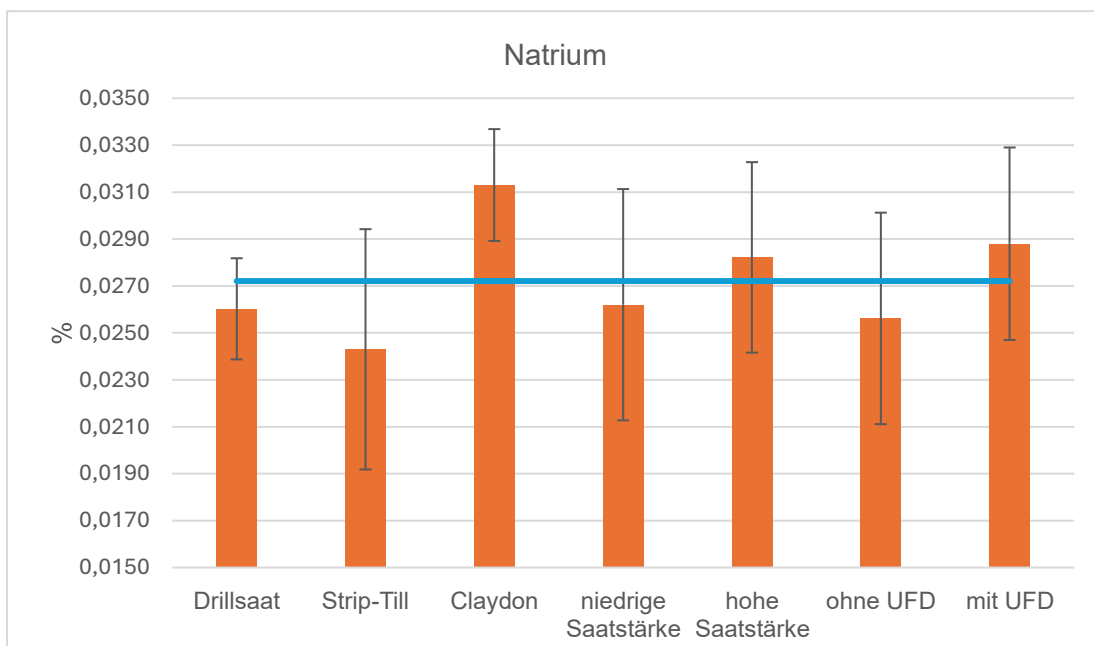


Abbildung 15: Gemittelter Natriumgehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm SD$ )

Der durchschnittliche Zinkgehalt im Vergleich aller Varianten wird nachfolgend in der Abbildung 16 in  $\text{mg kg}^{-1}$  dargestellt. Im gesamten Durchschnitt enthielten die Pflanzen  $35,4 \text{ mg kg}^{-1}$  Zink  $\pm 4,418 \text{ mg kg}^{-1}$ .

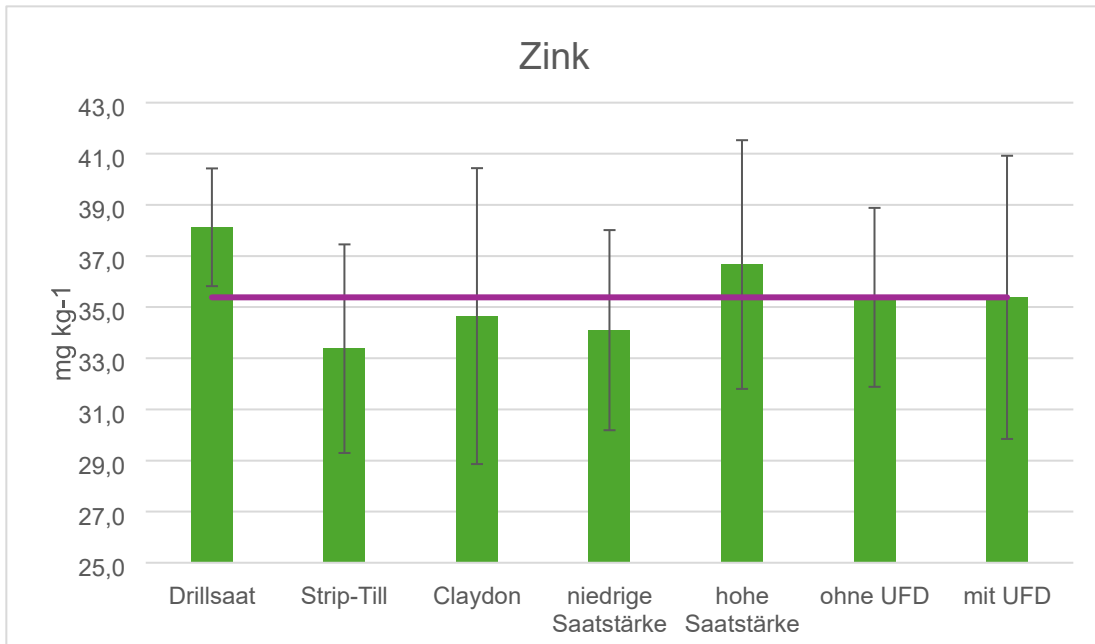


Abbildung 16: Gemittelter Kupfergehalt der Gesamtpflanzen in  $\text{mg kg}^{-1}$  ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )

Abbildung 17 zeigt den mittleren Kupfergehalt der Gesamtpflanzen in  $\text{mg kg}^{-1}$ . Im Gesamtschnitt lag dieser bei  $6,67 \text{ mg kg}^{-1}$  mit  $\text{SD} = 0,56 \text{ mg kg}^{-1}$ .

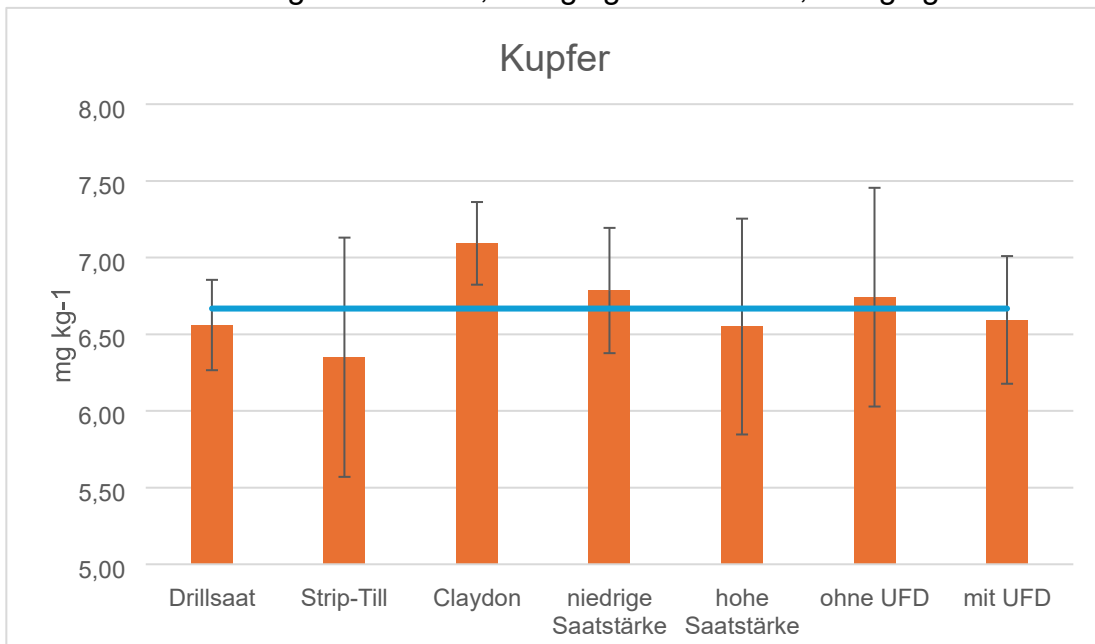


Abbildung 17: Gemittelter Kupfergehalt der Gesamtpflanzen in  $\text{mg kg}^{-1}$  ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )

Der mittlere Eisengehalt wird in folgender Abbildung 18 in  $\text{mg kg}^{-1}$  dargestellt. Die Bohnen enthielten im Gesamtmittel  $422,67 \text{ mg kg}^{-1}$  Eisen mit einer Standardabweichung von  $119,89 \text{ mg kg}^{-1}$ .

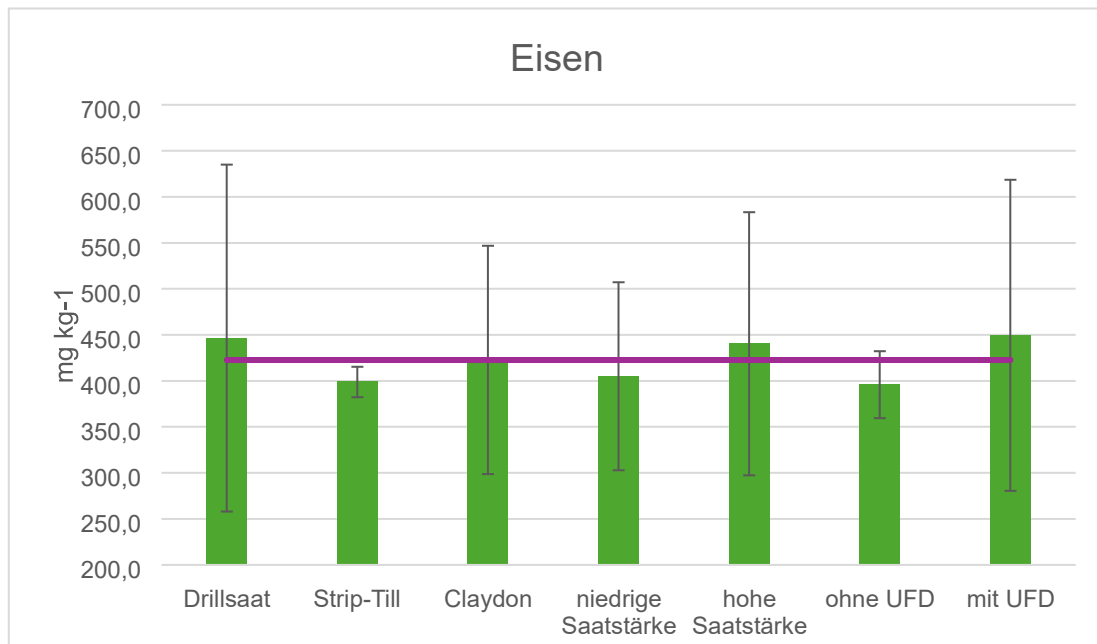


Abbildung 18: Gemittelter Eisengehalt der Gesamtpflanzen in  $\text{mg kg}^{-1}$  ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )

In Abbildung 19 ist der mittlere Mangangehalt dargestellt, der je nach Variante in den Gesamtpflanzen war. Er betrug im gesamten Durchschnitt  $29,89 \text{ mg kg}^{-1}$  mit einer Standardabweichung von  $4,048 \text{ mg kg}^{-1}$ .

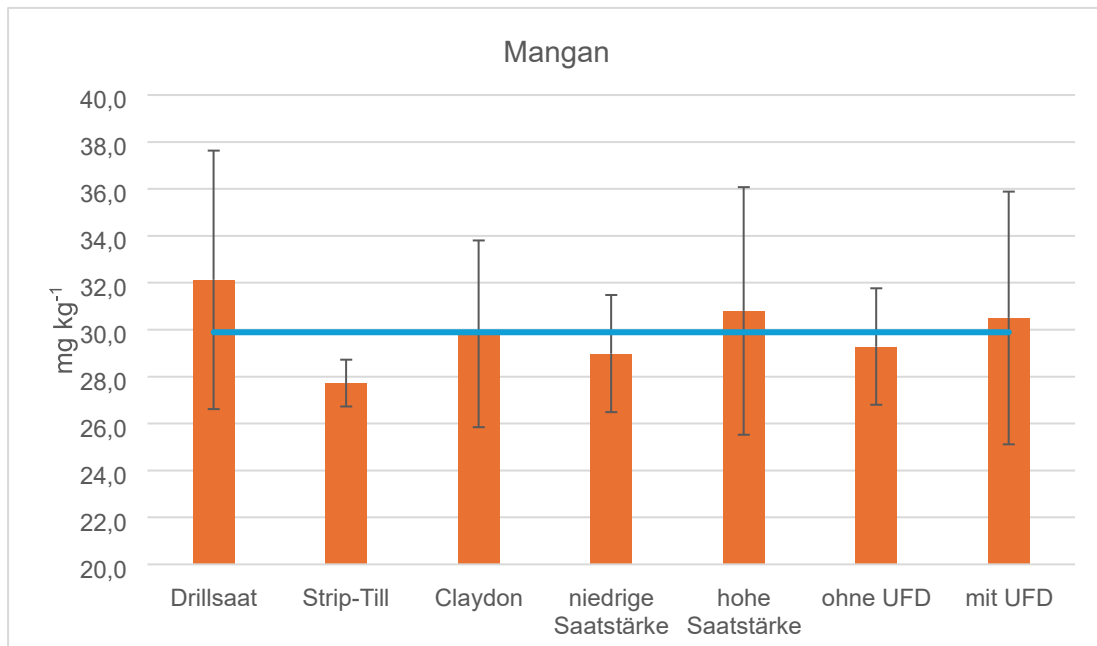


Abbildung 19: Gemittelter Mangangehalt der Gesamtpflanzen in mg kg<sup>-1</sup> ( $\bar{x} \pm SD$ )

Der gemittelte Borgehalt wird in folgender Abbildung 20 dargestellt. Die Ackerbohnen enthielten im Gesamtschnitt 15,95 mg kg<sup>-1</sup> Bor mit einer Streuung von  $\pm 0,95$  mg kg<sup>-1</sup>.

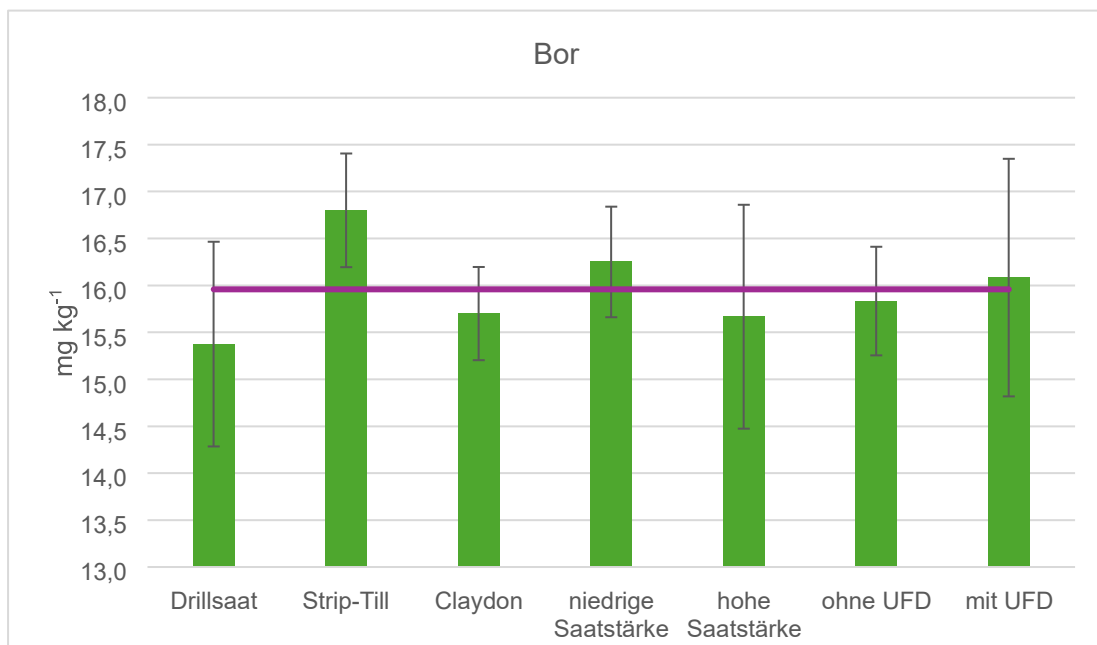


Abbildung 20: Gemittelter Borgehalt der Gesamtpflanzen in mg kg<sup>-1</sup> ( $\bar{x} \pm SD$ )

In Abbildung 21 ist der mittlere Molybdängehalt über die Prüffaktoren dargestellt. Im Gesamtschnitt betrug er  $1,95 \text{ mg kg}^{-1}$  mit einer Standardabweichung von  $0,23 \text{ mg kg}^{-1}$ .

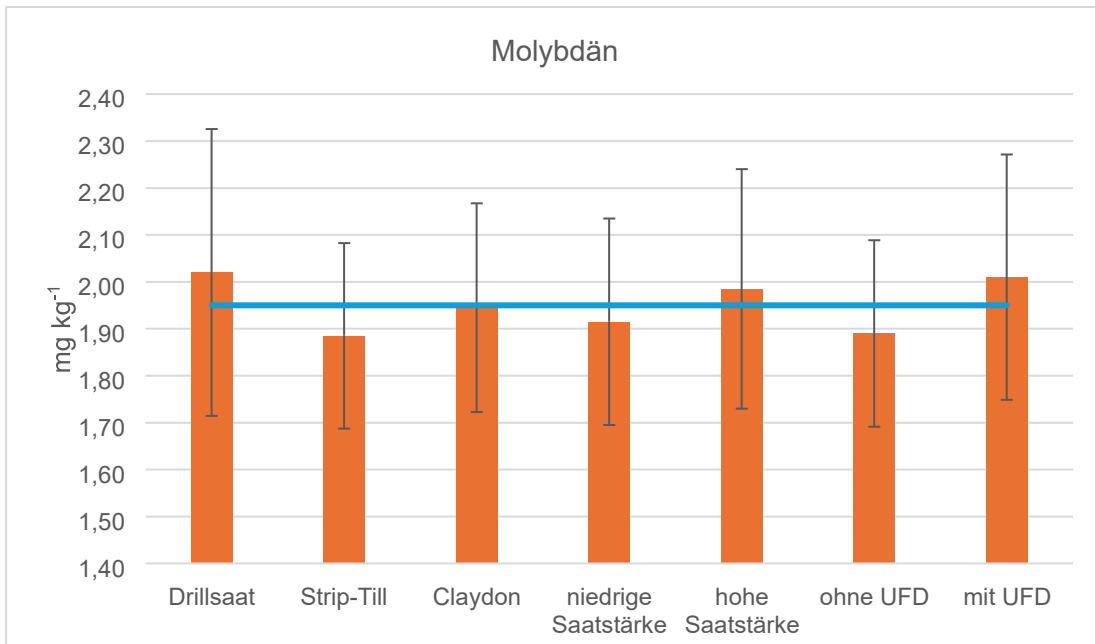


Abbildung 21: Gemittelter Molybdängehalt der Gesamtpflanzen in  $\text{mg kg}^{-1}$  ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )

Der Gesamtstickstoffgehalt der Ackerbohnen ist in Abbildung 22 dargestellt in %. Im Gesamtschnitt enthielten die Pflanzen 2,41% Stickstoff mit einer Standardabweichung von 0,21%.

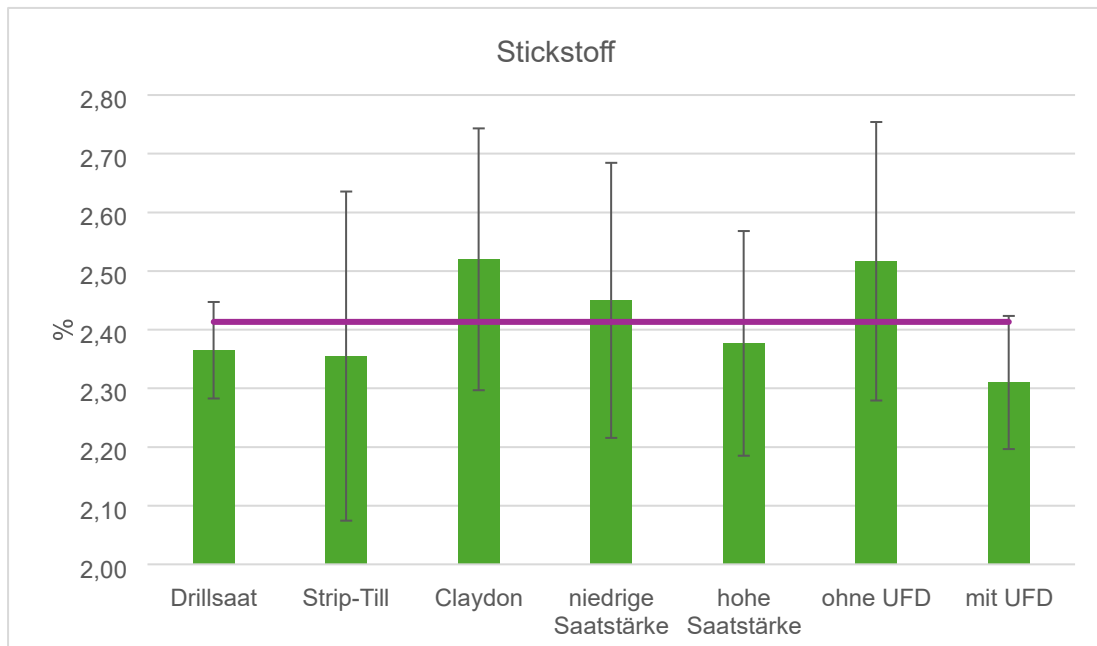


Abbildung 22: Gemittelter Stickstoffgehalt der Gesamtpflanzen in % ( $\bar{x} \pm SD$ )

Die Auswertung der Gesamtpflanzenanalyse ergab auch, dass zwischen einigen Nährstoffen starke Korrelationen bestanden (Spearman-Rang-Korrelationen). So bestand eine sehr starke Korrelation zwischen dem Gehalt an Phosphor und dem Gehalt an Schwefel mit  $r = 0,958$ . Der Gehalt an Stickstoff korrelierte ebenfalls stark mit dem Phosphorgehalt ( $r = 0,816$ ), der Kupfergehalt auch ( $r = 0,893$ ). Eine weitere Korrelation bestand zwischen dem Kupfer- und Schwefelgehalt ( $r = 0,893$ ) sowie dem Stickstoff- und Kupfergehalt ( $r = 0,806$ ). Negative Korrelationen traten zwischen Bor und Zink auf ( $r = -0,67$ ) und zwischen Phosphor und Calcium ( $r = -0,662$ ).

#### 4.5 Ertragsergebnisse und Qualitäten

Die Ergebnisse der **Ertragsmessung** sind, einmal unbereinigt und einmal bereinigt um den Abgang und je auf 14% Feuchtigkeitsgehalt umgerechnet, nachfolgend in Abbildung 23 dargestellt. Leider zeigt sich im Versuch, was aus der Literatur bekannt ist, dass bei der Ackerbohne häufig eine Spätverunkrautung auftritt, die zu Mindererträgen führt. Durch einen Fehler beim Drusch sind für zwei Wiederholungen (1 und 4) in der Claydonvariante mit hoher Saatstärke und UFD keine Proben vorhanden gewesen, somit fehlt

bei diesen die Ertragsbereinigung, die TKM und der Proteingehalt. Der unbereinigte Ertrag betrug im Gesamtdurchschnitt 45,95 dt ha<sup>-1</sup> mit einer Standardabweichung von 3,52 dt ha<sup>-1</sup>. Der bereinigte Ertrag betrug im gesamten Mittel 39,05 dt ha<sup>-1</sup> ± 4,45 dt<sup>-1</sup>. Beim unbereinigten Ertrag schnitten die Drillsaaten am besten mit 47,43 dt ha<sup>-1</sup> ab, die Claydon-Varianten lagen knapp dahinter mit 46,36 dt ha<sup>-1</sup>. Die Strip-Till Varianten lieferten den schlechtesten unbereinigten Ertrag mit 44,07 dt ha<sup>-1</sup>. Statistisch signifikante Unterschiede lagen zwischen dem unbereinigten Ertrag der Drillsaaten und der Strip-Till Varianten. Werden die um den Abgang bereinigten Erträge betrachtet, so setzt sich diese Tendenz fort: Die Drillsaaten (40,46 dt ha<sup>-1</sup>) und die Claydonvarianten (40,55 dt ha<sup>-1</sup>) lieferten die höchsten Erträge, die Strip-tillsaat unterschied sich zu beiden statistisch signifikant mit 36,33 dt ha<sup>-1</sup>. Verglichen mit der gleichen Aussaatstärke von 40 Körnern m<sup>-2</sup> zeigte sich dieser Zusammenhang ebenfalls.

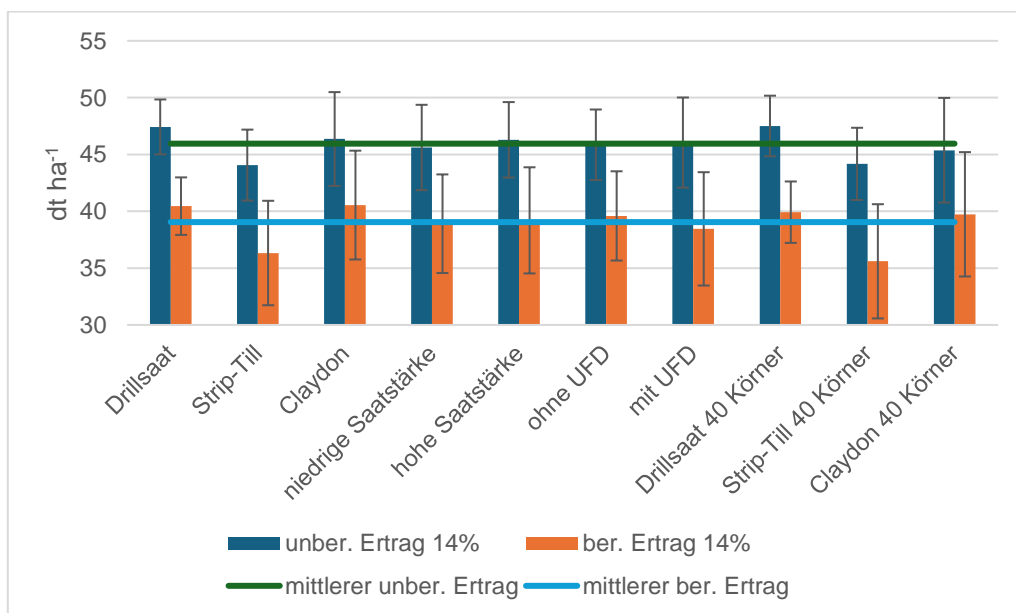


Abbildung 23: Mittlerer bereinigter und unbereinigter Ertrag 14% in dt ha<sup>-1</sup> ( $\bar{x} \pm SD$ )

Sowohl bereinigt als auch unbereinigt lieferten die höheren Saatstärken geringfügig höhere Erträge, der Effekt wurde nach der Ertragsbereinigung jedoch deutlich geringer: 0,67 dt ha<sup>-1</sup> zu 0,29 dt ha<sup>-1</sup>. Die Unterfußdüngung führte unbereinigt zu einer sehr geringen Ertragssteigerung von 0,19 dt ha<sup>-1</sup>, in den bereinigten Ergebnissen änderte sich diese Tendenz und der Ertrag sank durch die UFD um 1,15 dt ha<sup>-1</sup>. Statistische Signifikanz hatten jedoch nur

die Techniken zueinander, die Saatstärke und die UFD unterschieden sich statistisch nicht signifikant.

Der **Proteingehalt** über alle Faktoren ist nachfolgend in Abbildung 24 dargestellt. Statistisch signifikant unterschieden sich nur die Drillsaat-Variante von den Claydonsaaten. Eine erhöhte Saatstärke führte zu nahezu gleichen Gehalten (0,07%). Die Varianten mit UFD hatten einen geringfügig höheren Proteingehalt von 0,12%.

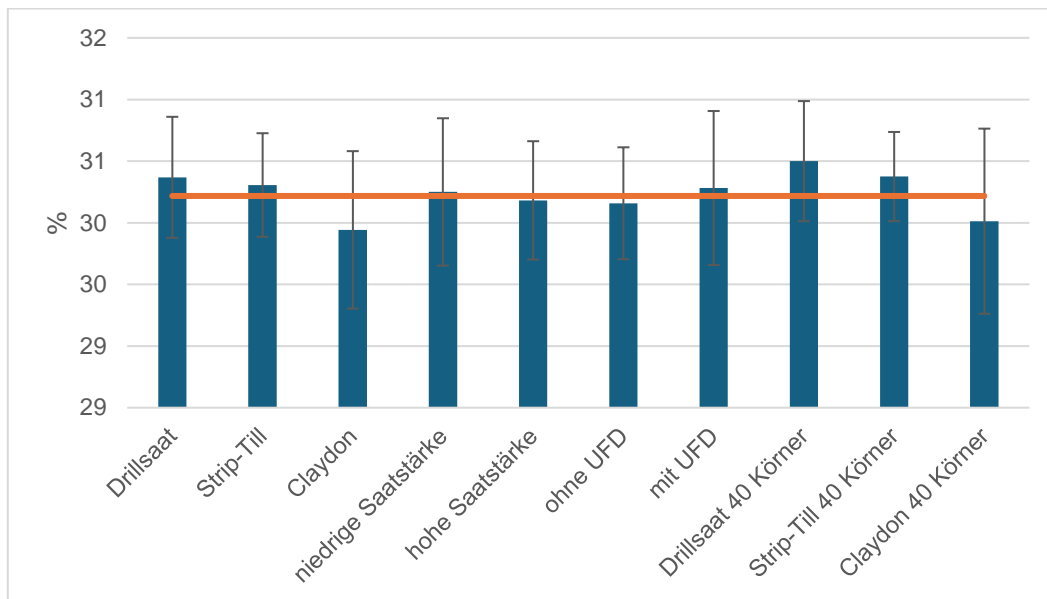


Abbildung 24: Mittlerer Proteingehalt in % ( $\bar{x} \pm SD$ )

Die Ergebnisse der **Tausendkornmasse-Bestimmung** sind nachfolgend in Abbildung 25 dargestellt. Signifikante Unterschiede gab es nicht. Die durchschnittliche TKM über alle Varianten betrug 401,38 g mit einer Standardabweichung von 25,34 g. Der Ertrag, bereinigt ( $r = 0,697$ ) und unbereinigt ( $r = 0,672$ ), korrelierte sehr stark mit der TKM.

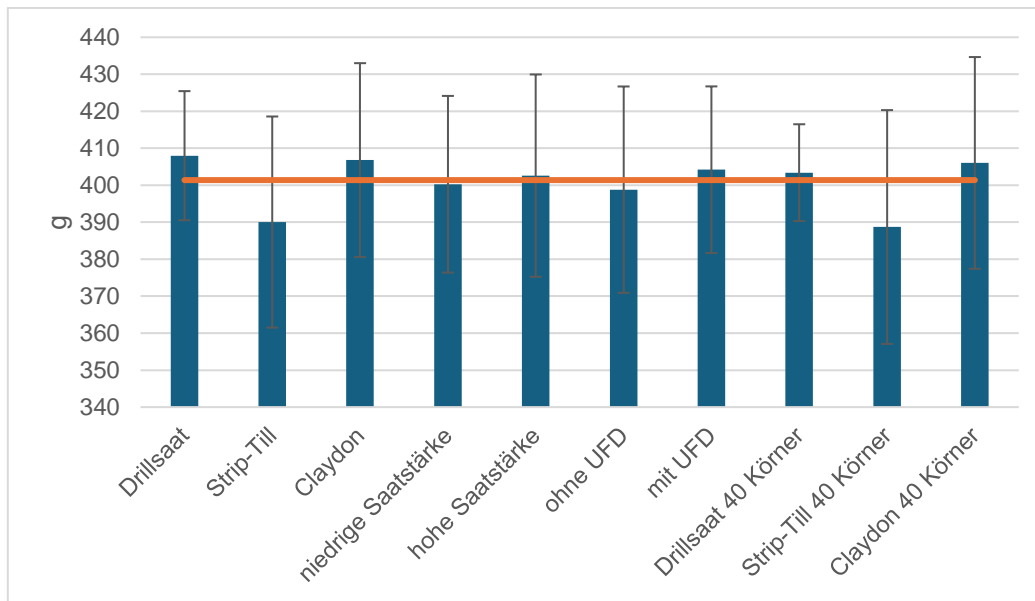


Abbildung 25: Mittlere Tausendkornmasse in g ( $\bar{x} \pm SD$ )

Der durchschnittliche **Abgang** betrug 14,41% mit einer Standardabweichung von 4,02%. Signifikante Unterschiede gab es auch hier nicht. Tendenziell waren die Strip-Till Varianten die mit dem höchsten Abgang (16,35%), die Claydonvarianten mit 11,90% die saubersten. Die Drillsaaten lagen mit 14,67% dazwischen.

## 5 Diskussion

Ziel dieses Forschungsvorhaben war es, den Einfluss von unterschiedlichen Aussaattechniken kombiniert mit variierten Aussaatstärken und einer Unterfußdüngung mit Mikronährstoffen im Hinblick auf den Ertrag und die Qualitäten zu untersuchen. Statistisch signifikante Unterschiede sind nur teilweise durch den Versuch gezeigt worden.

### 5.1 Aussaatverfahren

Die Ergebnisse des Feldversuches zeigen, dass die Aussaattechnik der einzige Faktor ist, der statistisch signifikante Unterschiede in Ertrag und Proteingehalt bringt. Sowohl die Claydon- als auch die Drillsaaten erzielten vergleichbare, höhere Erträge als die Strip-Till Varianten.

Der spätere Auflauf der Claydon und der Strip-Till Varianten könnte an der tieferen Ablage gelegen haben, da eine tief abgelegte Saat Triebkraft kosten kann (KROPF 2011 S.54). Die besseren Auflaufraten dieser beiden Varianten bestätigen WINDT et al. (2000) in der Aussage, dass eine tiefe Ablage dem erhöhten Keimwasserbedarf entgegen kommt. Die im Versuch herausgearbeitete starke Korrelation zwischen dem Feldaufgang und dem Ertrag steht im Gegensatz zu der Aussage von SCHMIDT et al. (2021), dass der Feldaufgang ertragsneutral ist. Dass die Standard-Drille nur auf 6 cm Ablagetiefe gekommen ist, bestätigt MEIßNER und HOFFSTALL (2022) mit der angeführten problematischen Tiefenführung von Standarddrillen bei der Aussaat von Ackerbohnen. Die mögliche Ertragssteigerung durch weitere Reihen, wie sie von WAKWEYA und MELETA (2016) beschrieben wurde, ist in diesem Versuch jedoch nicht bestätigt worden. Im Gegenteil, die Strip-Till Varianten mit dem größten Reihenabstand von 0,45 m schnitten im Versuch am schlechtesten ab – sowohl im Gesamtschnitt als auch um die gleiche Aussaatstärke korrigiert. Dies könnte unter anderem an einer erhöhten Evaporation in diesen Varianten gelegen haben, da die niedrigere Wuchshöhe mit dem weiteren Reihenabstand zu deutlich mehr unbeschattetem Boden geführt haben könnte, welcher eben diese nach sich zieht (OEHMICHEN und WEYER 2006 S.109). Ein weiterer Faktor könnte auch gewesen sein, dass der starke Hitzeschub im Sommer in dem lückigeren Bestand mehr Schaden verursachen konnte als in den anderen Varianten. Die von SCHMIDT et al. (2021) beschriebenen Ertragsverluste von  $-2,5 \text{ dt ha}^{-1}$  pro Tag über  $25^\circ\text{C}$  könnten zusammen mit dem mangelnden Regen im Sommer zu einem Ertragseinbruch durch die verringerte TKM geführt haben. Denn der Hülsen-, Körner-, und Knöllchenansatz war in den Strip-Till Saaten am größten – so könnte kurz vor der Ernte hier der Ertrag zerstört worden sein. Ein weiterer Grund für den schlechteren Ertrag in den Strip-Till Varianten könnte der stärkere Unkrautbesatz sein, welcher zwar nicht bonitiert wurde, sich aber in Form der Proben mit der größten Verunreinigung zeigte.

Der mit steigender Reihenweite verbesserte Ansatz von Hülsen Pflanze<sup>-1</sup> und Körnern Pflanze<sup>-1</sup> (12,5 cm – 10,81 Hülsen, 33,0 cm – 13,19 Hülsen, 45,0 cm

– 20,53 Hülsen) bestätigt das hohe Kompensationsvermögen der Ackerbohnen, welches von HEBBLETHWAITE et al. (1983) zitiert in KELLER et al. (1991) beschrieben wurde. Ein weiteres Indiz dafür ist der steigende Knöllchen-, Hülsen- und Körneransatz bei reduzierter Aussaatstärke, sowie die beobachtete stärkere Verzweigung der Pflanzen in den Strip-Till Saaten. Ebenso stützt die fehlende Signifikanz der meisten Parameter diese Aussage.

## **5.2 Aussaatstärke**

Die fehlenden signifikanten Ertragseinflüsse durch die Saatstärke bestätigen die in der Literatur angegebene Kompensationsfähigkeit der Ackerbohnen (s.o.). Dennoch zeigt sich die Tendenz, dass eine Erhöhung der Saatstärke einen leicht erhöhten Ertrag mit sich bringt.

Die Ackerbohne bildet ihren Ertrag über Hülsen  $m^{-2}$ , wie es von SCHMIDT et al. (2021) und MARCELLOS und CONSTABLE (1983) zitiert in LÓPEZ-BELLIDO et al. (2005) beschrieben wurde. Der Versuch bestätigt dies und zeigt, dass mit steigender Saatstärke die Anzahl der Hülsen und Körner pro Pflanze abnehmen. Die von SAUERMANN und SASS (2016) erwähnte erhöhte Standfestigkeit von niedrigeren Saatstärken wird durch die steigende Wuchshöhe durch höhere Saatstärken bestätigt.

Die leicht negative Korrelation zwischen dem Feldaufgang/der Bestandesdichte und dem Proteingehalt könnte an einer erhöhten Konkurrenz in dichteren Beständen und damit einhergehend einer geringeren  $N_2$ -Fixierungsleistung liegen. Dafür spricht auch zum einen die abnehmende Knöllchenzahl und zum anderen der geringere Chlorophyllgehalt ausgedrückt durch den Wert des N-Testers von Yara mit steigender Aussaatstärke.

Möglicherweise sind es auch die niedrigen Aussaatstärken von 30 bzw. 40 Körnern  $m^{-2}$ , die sich negativ auf die Verunkrautung ausgewirkt haben. Der Abgang verringerte sich durch eine höhere Aussaatstärke um 0,93% und insgesamt waren die Strip-Till Varianten die Parzellen mit der größten Verunreinigung.

Insgesamt bestätigt der Versuch die Empfehlungen von SAUERMAN und SASS (2016), nach denen eine Saatstärke von etwa 40 Körnern m<sup>-2</sup> unter den gegebenen Bedingungen optimal ist, da der geringe Mehrertrag keine höheren Saatgutkosten rechtfertigen würde.

### **5.3 Unterfußdüngung**

Insgesamt hatte die UFD keinen signifikanten Einfluss auf den Ertrag, lediglich der Proteingehalt wurde mit 0,12%, die TKM mit 5,39 g tendenziell positiv beeinflusst.

Eine mögliche Erklärung für den schlechteren Feldaufgang durch den UFD könnte die Technik sein, da dieser in den Drillsaaten und in der Strip-Till-Variante als zuvor erfolgte Bodenbearbeitung ausgebracht wurde.

Ein möglicher Grund für den ausbleibenden Ertragseffekt könnten die ohnehin hohen Gehalte an Mangan und Zink im Boden sein. Insgesamt lag in der Bodenprobe in keinem Bereich ein Mangel vor, sodass die Ergebnisse von MERBACH und GÖTZ (1997) bestätigt werden, dass eine Mikronährstoffdüngung vor allem auf Mangelstandorten ertragssteigernd sein kann.

Der von GRÖSCHL (2016) beschriebene Antagonismus von Zink und Phosphor könnte ebenfalls ein Grund für den fehlenden Ertragszuwachs sein: Der hohe Zinkgehalt und die erfolgte Düngung mit diesem könnten die Ertragsbildung vermindert haben, der P-Gehalt in den Pflanzen hat in den gedüngten Varianten abgenommen. Der trotz Düngung gleichgebliebene Zinkgehalt in den Pflanzen spricht ebenfalls dafür. Alle anderen gedüngten Mikronährstoffe führten auch zu entsprechend höheren Gehalten.

Die Wichtigkeit von Bor als Baustein in Pflanzen, die von OEHMICHEN et al. (2006) genannt wird, wird durch die Nährstoffanalyse bestätigt, da Bor in der Ganzpflanze stark mit dem Hülsen- und Körneransatz korreliert. Die Theorie, dass mit einer Bor-Düngung der Calciumbedarf steigt, die von SCHROPP und ARENZ (1940) beschrieben wird, lässt sich ebenfalls bestätigen bzw. nicht widerlegen: Die Düngung von Bor ist durch den Dünger zeitgleich mit Calcium

hat zu erhöhten Ca-Werten in der Gesamtpflanzenanalyse geführt. Eine weitere mögliche Erklärung für den ausbleibenden Effekt der UFD könnte die Überlagerung der Düngung in EC65 mit Epso-BorTop sein.

Der Antagonismus von Molybdän und Schwefel, der von RENGEL et al. (2023) beschrieben wird, zeigt sich in dem Versuch dadurch, dass mit UFD der Schwefelgehalt in den Pflanzen sinkt. Auch die von MERBACH und GÖTZ (1997) beschriebene Verbesserung der Knöllchen lässt sich bestätigen, da mit UFD die Anzahl der Knöllchen gestiegen ist.

Die statistische Auswertung der Pflanzenanalyse zeigte eine stark negative Korrelation zwischen Zink und Bor, was auf einen möglichen Aufnahmeantagonismus dieser beiden Mikronährstoffe hindeuten könnte. Der Aufnahmeantagonismus von Kupfer und Mangan, der von OEHMICHEN et al. 2006 beschrieben wurde, zeigt sich durch den verminderten Kupfergehalt bei der UFD. Die in der statistischen Auswertung aufgetretenen Korrelationen zwischen Stickstoff und Kupfer sowie Stickstoff und Phosphor könnten bei gleichzeitigen Antagonismen von Mangan und Kupfer sowie Zink und Phosphor zu dem geringeren N-Gehalt in der gedüngten Variante geführt haben.

#### **5.4 Limitationen der Studie und Ausblick**

Im Allgemeinen könnten die hohen Temperaturen im Juli von bis zu 37,5°C zur Abreife zu insgesamt massiven Ertragsverlusten, wie sie von SCHMIDT et al. (2021) beschrieben werden, geführt haben und damit womöglich einige Effekte und Ergebnisse überlagern. Um die Ergebnisse des Versuches abzusichern sollten ähnliche Versuche an unterschiedlichen Standorten stattfinden, um lokalen Wetterextremen vorzukommen.

Der den ganzen Versuch betreffende hohe Unkrautdruck mit den daraus resultierenden Proben könnte ebenfalls einige Effekte beeinflussen, sodass die Aussagekraft zur Ertragsbildung geschwächt ist. Dieser Punkt sollte für künftige Studien genau beachtet werden.

Durch die hohen Nährstoffgehalte konnten die Einflüsse der Unterfußdüngung an diesem Standort nicht umfassend untersucht werden. Um die Erkenntnisse des Versuches abzusichern, sollten Düngeversuche an mehreren Standorten wiederholt werden, um belastbare Daten anhand unterschiedlicher Bodenverhältnisse erarbeiten zu können.

## **5.5 Praktische Relevanz**

Die Wahl der Aussaattechnik hat insofern einen Ertragseffekt, als dass eine ausreichend tiefe Ablage des Ackerbohnsensaatgutes gewährleistet werden muss, da so der beste Auflauf gesichert werden kann.

Die Aussaatstärke hat keinen direkten Effekt auf den Ertrag, höchstens indirekt über die Verunkrautung. So sollten Saatstärken um etwa 40 Körner m<sup>-2</sup> gewählt werden, um die Saatgutkosten nicht zu hoch werden zu lassen.

Der Einsatz einer Unterfußdüngung mit Mikronährstoffen sollte nur bei klaren Mangelerscheinungen bzw. ausgewiesenem Mikronährstoffmangel durch die Bodenanalyse erfolgen. Bei einer ausreichenden Versorgung kann aufgrund fehlender Ertragsleistung darauf verzichtet werden. Die Auswirkungen auf die Knöllchenbildung und -anzahl gilt es noch weiter zu untersuchen.

## **6 Fazit**

In dem vorliegenden Versuch konnten signifikante Ertragsunterschiede durch die Wahl der Saatechnik festgestellt werden. Die Strip-Till Varianten lieferten signifikant weniger Ertrag als die anderen eingesetzten Aussaattechniken. Die Claydon-Varianten hatten gegenüber den anderen Saatechniken einen signifikant schlechteren Proteingehalt. Ein signifikanter Einfluss der Aussaatstärke auf den Ertrag konnte nicht nachgewiesen werden, ebenso nicht der Einsatz einer Unterfußdüngung mit Mikronährstoffen. In sehr leichten Tendenzen steigerte eine erhöhte Aussaatstärke den Ertrag und die TKM, die Düngung mit Mikronährstoffen „unterfuß“ steigerte in leichten Tendenzen den Proteingehalt und die TKM.

## 7 Zusammenfassung

Nachdem Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) lange Zeit in keinem nennenswerten Umfang angebaut wurden und damit auch wenig an ihnen geforscht wurde, gewinnen sie auch aufgrund politischer Vorgaben wieder an Bedeutung und der Bedarf an praxisrelevanter Forschung ist wieder gestiegen.

In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss unterschiedlicher Saatechniken, Aussaatstärken und einer Mikronährstoff-Unterfußdüngung auf den Ertrag und den Proteingehalt von Ackerbohnen der Sorte Tiffany untersucht. Der Versuch wurde im Frühjahr 2025 auf dem Versuchsgut Merklingsen der Fachhochschule Südwestfalen angelegt. Grundsätzlich sind Ackerbohnen für ihre gute Kompensationsfähigkeit im Hinblick auf variierte Aussaatstärken und Reihenweiten bekannt.

Im Versuch wurden drei Aussaattechniken (Standard-Sämaschine, Strip-TillGerät und Claydon-Hybridsämaschine) mit jeweils zwei unterschiedlichen Aussaatstärken (30/40 Körner m<sup>-2</sup> für die Strip-Till Varianten und 40/50 Körner m<sup>-2</sup> für die anderen Varianten) und einer Mikronährstoff-Unterfußdüngung (75 kg ha<sup>-1</sup> Excello331) verglichen. Die Auswertung erfolgte mittels statistischer Verfahren und umfasste Ertrag, Proteingehalt, Tausendkornmasse sowie weitere pflanzenbauliche Parameter.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Wahl des Aussaatverfahrens den stärksten und einzig signifikanten Einfluss auf den Ertrag und den Proteingehalt hatte. Die Drillsaaten und die Claydonvarianten erzielten mit etwa 40,5 dt ha<sup>-1</sup> die höchsten Erträge, die Strip-Till Variante lag signifikant darunter. Beim Proteingehalt erreichte die Drillsaat den höchsten Wert während die Claydon-Saat signifikant darunter lag. Die Aussaatstärke hingegen hatte keinen signifikanten Einfluss auf Ertrag und Proteingehalt, es waren leichten Tendenzen bei Ertrag und Wuchshöhe der Bestände erkennbar. Die Unterfußdüngung zeigte ebenfalls keinen signifikanten Ertragseinfluss, geringe Tendenzen waren bei Proteingehalt und Tausendkornmasse feststellbar.

## 8 Summary

After broad cultivation of faba beans (*Vicia faba* L.) had long been negligible and research on them was limited, they are now gaining importance again, partly due to political guidelines, and the demand for practice-relevant research has increased.

This study investigated the influence of different sowing techniques, seeding rates, and a micronutrient in-furrow fertilization on the yield and protein content of faba beans of the variety Tiffany. The experiment was established in spring 2025 at the Merklingsen experimental farm of the South Westphalia University of Applied Sciences. Faba beans are generally known for their good compensation ability regarding varied seeding rates and row spacings.

In the trial, three sowing techniques (standard seed drill, strip-till equipment, and Claydon hybrid seeder) were compared, each with two different seeding rates (30/40 seeds per m<sup>2</sup> for the strip-till variants and 40/50 seeds per m<sup>2</sup> for the other variants) and a micronutrient in-furrow fertilization (75 kg ha<sup>-1</sup> Excello 331). Evaluation was conducted using statistical methods and included yield, protein content, thousand kernel weight, and other agronomic parameters.

The results showed that the choice of sowing method had the strongest and only significant influence on yield and protein content. The standard drills and the Claydon variants achieved the highest yields of about 40.5 dt ha<sup>-1</sup>, while the strip-till variant was significantly lower. For protein content, the standard drill reached the highest value, whereas the Claydon variant was significantly lower. Seeding rate, on the other hand, had no significant influence on yield and protein content, with only slight tendencies observed in yield and plant height. The in-furrow fertilization also showed no significant effect on yield, with minor tendencies detected for protein content and thousand kernel weight.

## Literaturverzeichnis

- ARENZ, B., SCHROPP, W. (1939): Über den Einfluß des Bors auf das Wachstum der Ackerbohne bei verschiedenem Kali-Stickstoffverhältnis. *Bodenkunde und Pflanzenernährung* (16), Nr.3-4. S.191-205.  
<https://doi.org/10.1002/jpln.19400160307>
- BZL (BUNDESINFORMATIONSZENTRUM LANDWIRTSCHAFT) (2023): Körnerleguminosen: Vorteile für Mensch, Tier, Boden und Umwelt.  
<https://www.praxis-agrar.de/pflanze/ackerbau/koernerleguminosen>  
(17.09.2025).
- CLAYDON (o.J.): Der Boden, seine Gesundheit unsere Zukunft. Produktflyer.
- DESTATIS (STATISTISCHES BUNDESAMT) (2025): Ackerland nach Hauptfruchtgruppen und Fruchtarten.  
<https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/FeldfruechteGruenland/Tabellen/ackerland-hauptnutzungsartenkulturarten.html?templateQueryString=ackerbohne>  
(20.09.2025).
- GD NRW (GEOLOGISCHER DIENST NRW) (2020): Bodenart – Bodenartengruppe – Bodenartenschichtung.  
[https://www.gd.nrw.de/wms\\_html/bk50\\_wms/pdf/BDA.pdf](https://www.gd.nrw.de/wms_html/bk50_wms/pdf/BDA.pdf)  
(23.09.2025).
- GLÄSER, H. (2021): Streifenbearbeitung (Strip Till) bei Mais. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.). S.1-2.  
[https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Merkblatt\\_Streifenbearbeitung\\_Mais.pdf](https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Merkblatt_Streifenbearbeitung_Mais.pdf)
- GRÖSCHL, K. (2013): Die sechs Unersetzlichen. *Top Agrar* (6). S.6.
- IDRIS, A. L. Y. (2008): Effect Of Seed Size and Plant Spacing on Yield and Yield Components of Faba Bean (*Vicia faba* L.). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 4(2). S.146-148.
- JOST (2024): Excello-331. Produktdatenblatt.

- KAHNT, G. (2008): Leguminosen im konventionellen und ökologischen Landbau. 1. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- KELLER, E. R., HANUS, H., HEYLAND, K.-U. (1999): Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. In: Handbuch des Pflanzenbaues. Band 3. Hanus, H., Heyland, K.-U., Keller, E. R. (Hrsg.). 1. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KOLBE, H., KARALUS, W., HÄNSEL, M., GRÜNBECK, A., GRAMM, M., ARP, B., KRELLING, B. (2002): Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau, Informationen für Praxis und Beratung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.). Reprinttechnik, Leipzig.
- KÖPP, D., JENSCHKE, D., HÜNNIES, S. DEBLON, P., HABERLAH-KORR, V., SCHÄFER, T. (2025): Versuchsfeldführer 2025. Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft (Hrsg.). 1. Auflage. Soest.
- KROPF, U. (2011): Getreide: Jetzt die Aussaat checken! Top Agrar 10/2011. S.52-58.  
[https://www.topagrar.com/dl/2/8/6/1/0/2/3/T\\_052\\_059\\_10\\_11.pdf](https://www.topagrar.com/dl/2/8/6/1/0/2/3/T_052_059_10_11.pdf)
- LÓPEZ-BELLIDO, F. J., LÓPEZ-BELLIDO, L., LÓPEZ-BELLIDO, R. J. (2005): Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). European Journal of Agronomy 23 (2005). S.359-378.  
doi:10.1016/j.eja.2005.02.002
- MEINEL, T. (2019): Sätechnik. In: Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion. Köller, K., Hensel, O. (Hrsg.). 1. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. S.58-85.
- MEIßNER, H., HOFFSTALL, H. (2022): Körnerleguminosen. In: Empfehlungen Pflanzenbau und Pflanzenschutz 2022. Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.). Hannover. S.347-364.
- MERBACH, W., GÖTZ, R. (1997): EINFLUSS EINER MOLYBDÄN-GABE AUF DEN ERFOLG EINER IMPFUNG VON ACKERBOHNEN MIT *RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM*. 7. Borkheider Seminar zur

Ökophysiologie des Wurzelraumes. B.G. Teubner Verlagsgesellschaft  
Stuttgart, Leipzig. S.46-50.

MÜCKE, M., SEIDEL, K. (2014): Einfluss einer Bor- und Molybdändüngung auf  
Ertrag und Eiweißgehalt von Körnerleguminosen. Versuchsbericht.  
Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.). Hannover.

OEHMICHEN, J., JACOBS, G., WEYER, T. (2006): Pflanzenernährung und  
Düngung. In: Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 1: Grundlagen. Lütke  
Entrup, N., Oehmichen, J. (Hrsg.). 3. Auflage. AgroConcept Verlag,  
Bonn. S.423-620.

OEHMICHEN, J., WEYER, T. (2006): Bodenkunde. In: Lehrbuch des  
Pflanzenbaues, Band 1: Grundlagen. Lütke Entrup, N., Oehmichen, J.  
(Hrsg.). 3. Auflage. AgroConcept Verlag, Bonn. S.423-620.

PILBEAM, C. J., HEBBLETHWAITE, P. D., CLARK, A. S. (1989): Effect of Different  
Inter-Row Spacings on Faba Beans of Different Form. Field Crops  
Research, 21 (1989). S.203-214.

RENGEL, Z., CAKMAK, I., WHITE, P. J. (2023): Marschner's Mineral Nutrition of  
Plants. 4. Auflage. Academic Press Verlag, London, Vereinigtes  
Königreich.

ROEB, J., KOCH, H.(2025): Körnerleguminosen, Ackerbohnen. In: Ratgeber  
Pflanzenbau und Pflanzenschutz 2025. Landwirtschaftskammer NRW  
(Hrsg.). 30. Auflage. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster. S.592-594.

SAUERMANN, W., SASS, O. (2016): Anbauratgeber Ackerbohne. Union zur  
Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (Hrsg.). 1. Auflage. Berlin.

SCHMIDT, H., LANGANKY, L., ZERHUSEN-BLECHER, P., BRAUN, J., SCHÄFER, T.  
(2021): Ackerbohnen-Anbau in der Praxis, Ackerbau und Ökonomie,  
ökologisch und konventionell. Schmidt, H., Langanky, L. (Hrsg.).  
inpuncto:asmuth druck + medien gmbh, Köln.

SCHROPP, W., ARENZ, B. (1940): Über den Kalzium-Bor-Antagonismus bei  
einigen Hülsenfrüchten. Bodenkunde und Pflanzenernährung 17. 1-2.  
S.55-67.

- SEEHUBER, C. (2015): Nährstoffversorgung zur Optimierung der N<sub>2</sub>-Fixierung und Produktivität von Körnerleguminosen. Dissertation. Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.  
<https://bonndoc.ulb.unibonn.de/xmlui/bitstream/handle/20.500.11811/6224/3888.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SPECHT, M. (2009): Anbau von Körnerleguminosen in Deutschland – Situation, limitierende Faktoren und Chancen. Journal für Kulturpflanzen 61 (9), S.302-305.
- TLLLR (THÜRINGER LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND LÄNDLICHEN RAUM) (2021): Zinkdüngung in der Pflanzenproduktion. Jena.
- URBATZKA, P., SALZEDER, G., HEILES, E., MÜCKE, M. (2023): Vergleich verschiedener Bordünger bei Ackerbohnen. One Step Ahead – einen Schritt voraus! Beiträge zur 16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. 7.-10.03.2023. Frick, Schweiz. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- WAKWEYA, K., MELETA, T. (2016): Effect of sowing method and seed rate on the growth, yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.) under highland conditions of Bale, Southeastern Ethiopia. Research Journal of Agriculture and Environmental Management Vol.5(3). S.86-94.
- WELNA, G., SEIDEL, B., VAN HET LOO, S. (o.J.): Produktionstechnik: Optimale Aussaat von Ackerbohnen und Körnererbsen.  
<https://www.saatenunion.de/leguminosen/ackerbohnen/optimale-aussaat-vonackerbohnen-und-koernererbsen/> (22.09.2025).
- WIMMER, M. A., EICHERT, T. (2012): Review: Mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations.
- WINDT, A., HOLTSCHULTE, B., PUTZ, B., MAKOWSKI, N. (2000): Blattfrüchte. In: Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 2: Kulturpflanzen. Lütke Entrup, N. und Oehmichen, J. (Hrsg.). 1. Auflage. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen. S.428-571.

# Anhang

A 1: Korrelationsmatrix Nährstoffe .....44

A 2: Rohdaten Nährstoffe .....45

A 3: Ergebnisse der Bodenprobe vom 17.02.2025 auf dem Schlag „Süke“ .....46

## A 1: Korrelationsmatrix Nährstoffe

	Knöllchen/Pf	Knöllchen/Pf	Hülsen pro P	Körner pro P	Phosphor %	Kalium %	Magnesium %	Calcium %	Schwefel %	Natrium %	Zink mg/kg	Kupfer mg/kg	Eisen mg/kg	Mangan mg/	Bor mg/kg	Molybdän mg	Stickstoff %
Knöllchen/Pf	1	0,4658501	0,64335664	0,64335664	0,24168163	0,31173428	0,66316512	0,04195804	0,20315268	0,05594406	-0,5244755	0,12587413	-0,0735553	-0,1748252	0,75088182	-0,2857254	0,12259213
Knöllchen/Pf	0,4658501	1	0,29772375	0,42732115	-0,0473684	-0,2105263	-0,0300361	-0,3082316	-0,1403509	-0,1155869	-0,3642738	0,0105079	0,35263158	0,07355528	0,16344489	0,10070923	0,10350877
Hülsen pro P	0,64335664	0,29772375	1	0,97202797	-0,0840632	0,58143697	0,45504415	0,00699301	-0,0875658	-0,0629371	-0,3496503	-0,3006993	-0,3117343	-0,6223776	0,75439061	-0,3986046	-0,2697027
Körner pro P	0,64335664	0,42732115	0,97202797	1	-0,0840632	0,55691854	0,39507709	-0,048951	-0,0945711	-0,1958042	-0,4335664	-0,2657343	-0,2486869	-0,6153846	0,72281147	-0,3915496	-0,2486869
Phosphor %	0,24168163	-0,0473684	-0,0840632	-0,0840632	1	-0,4035088	0,33746426	-0,6619975	0,95789474	0,15061319	0,35376587	0,89317125	-0,1596491	-0,2311737	-0,3233748	0,12897849	0,81578947
Kalium %	0,31173428	-0,2105263	0,58143697	0,55691854	-0,4035088	1	0,35513254	0,56042117	-0,3210526	-0,3993001	-0,2977237	-0,581437	-0,3035088	-0,4028027	0,76098536	-0,4381735	-0,4666667
Magnesium %	0,66316512	-0,0300361	0,45504415	0,39507709	0,33746426	0,35513254	1	0,26808803	0,44877446	0,2857254	-0,1446264	0,35627488	-0,07244	-0,1657913	0,48673253	-0,044484	0,27032477
Calcium %	0,04195804	-0,3082316	0,00699301	-0,048951	-0,6619975	0,56042117	0,26808803	1	-0,5113843	0,11188811	-0,4265734	-0,5034965	0,07005265	0,34265734	0,49824868	-0,1657913	-0,542908
Schwefel %	0,20315268	-0,1403509	-0,0875658	-0,0945711	0,95789474	-0,3210526	0,44877446	-0,5113843	1	0,26970269	0,38178693	0,89317125	-0,1842105	-0,1926448	-0,2987702	0,14134629	0,74385965
Natrium %	0,05594406	-0,1155869	-0,0629371	-0,1958042	0,15061319	-0,3993001	0,2857254	0,11188811	0,26970269	1	0,15384615	0,24475524	-0,1506132	0,24475524	-0,0736847	0,0141099	0,04903685
Zink mg/kg	-0,5244755	-0,3642738	-0,3496503	-0,4335664	0,35376587	-0,2977237	-0,1446264	-0,4265734	0,38178693	0,15384615	1	0,25174825	0,01401053	-0,020979	-0,6701796	0,41976941	0,40280272
Kupfer mg/kg	0,12587413	0,0105079	-0,3006993	-0,2657343	0,89317125	-0,581437	0,35627488	-0,5034965	0,89317125	0,24475524	0,25174825	1	0,1295974	0,07692308	-0,4666695	0,3527474	0,80560544
Eisen mg/kg	-0,0735553	0,35263158	-0,3117343	-0,2486869	-0,1596491	-0,3035088	-0,07244	0,07005265	-0,1842105	-0,1506132	0,01401053	0,1295974	1	0,75656859	-0,2882254	0,77210409	0,14210526
Mangan mg/	-0,1748252	0,07355528	-0,6223776	-0,6153846	-0,2311737	-0,4028027	-0,1657913	0,34265734	-0,1926448	0,24475524	-0,020979	0,07692308	0,75656859	1	-0,2912299	0,51853868	0,01751316
Bor mg/kg	0,75088182	0,16344489	0,75439061	0,72281147	-0,3233748	0,76098536	0,48673253	0,49824868	-0,2987702	-0,0736847	-0,6701796	-0,4666695	-0,2882254	-0,2912299	1	-0,5451404	-0,4674875
Molybdän mg	-0,2857254	0,10070923	-0,3986046	-0,3915496	0,12897849	-0,4381735	-0,044484	-0,1657913	0,14134629	0,0141099	0,41976941	0,3527474	0,77210409	0,51853868	-0,5451404	1	0,23675503
Stickstoff %	0,12259213	0,10350877	-0,2697027	-0,2486869	0,81578947	-0,4666667	0,27032477	-0,542908	0,74385965	0,04903685	0,40280272	0,80560544	0,14210526	0,01751316	-0,4674875	0,23675503	1

A 2: Rohdaten Nährstoffe

Tech nik	Stär ke	UF D	Phosph or %	Kaliu m %	Magnesi u m %	Calciu m %	Schwef el %	Natriu m %	Zink mg/kg	Kupfer mg/kg	Eisen mg/kg	Mangan mg/kg	Bor mg/kg	Molybdän mg/kg	Sticksto ff %
1	1	1	0,239	1,88	0,0974	0,515	0,132	0,0238	37,6	6,67	334,0	27,5	15,5	1,86	2,36
1	1	2	0,227	2,01	0,1110	0,587	0,130	0,0288	35,2	6,46	299,0	28,5	16,8	1,71	2,26
1	2	1	0,210	1,85	0,0991	0,548	0,119	0,0250	39,1	6,21	438,0	32,9	15,0	2,10	2,46
1	2	2	0,231	1,65	0,0986	0,491	0,129	0,0265	40,6	6,90	715,0	39,6	14,2	2,41	2,38
2	1	1	0,296	1,98	0,1120	0,485	0,142	0,0200	38,1	7,45	420,0	27,3	16,0	2,12	2,75
2	1	2	0,227	1,95	0,1050	0,528	0,121	0,0222	29,1	6,31	392,0	27,4	17,1	1,86	2,36
2	2	1	0,200	2,00	0,1030	0,536	0,115	0,0233	31,0	5,66	381,0	27,0	16,7	1,64	2,15
2	2	2	0,220	2,03	0,1120	0,643	0,124	0,0317	35,3	5,98	402,0	29,2	17,4	1,92	2,16
3	1	1	0,257	1,82	0,1080	0,511	0,137	0,0327	35,1	7,00	392,0	29,4	16,1	1,70	2,74
3	1	2	0,223	1,82	0,1050	0,537	0,126	0,0297	29,5	6,82	593,0	33,8	16,0	2,24	2,23
3	2	1	0,255	1,83	0,1120	0,562	0,137	0,0289	31,4	7,46	410,0	31,6	15,7	1,92	2,64
3	2	2	0,269	1,79	0,1070	0,462	0,138	0,0339	42,6	7,09	296,0	24,5	15,0	1,92	2,47

A 3: Ergebnisse der Bodenprobe vom 17.02.2025 auf dem Schlag „Süke“

<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>	<b>Ergebnis</b>	<b>Zielwert</b>	<b>Gehaltsklasse</b>
<i>pH (CaCl<sub>2</sub>)</i>		7,00	6,6-7,0	C
<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (CAL)</i>	mg 100 g <sup>-1</sup>	16,00	10-18	C
<i>K<sub>2</sub>O (CAL)</i>	mg 100 g <sup>-1</sup>	23,00	10-18	D
<i>Mg (CaCl<sub>2</sub>)</i>	mg 100 g <sup>-1</sup>	6,00	4-6	C
<i>Cu</i>	mg kg <sup>-1</sup>	2,90	1,2-4,0	C
<i>B</i>	mg kg <sup>-1</sup>	0,85	0,40-1,20	C
<i>Mn</i>	mg kg <sup>-1</sup>	169,00	40-60	E
<i>Zn</i>	mg kg <sup>-1</sup>	10,00	1,0-3,0	E



Herausgeber:

UNION ZUR FÖRDERUNG VON  
OEL- UND PROTEINPFLANZEN E.V. (UFOP)

Claire-Waldoff-Straße 7 · 10117 Berlin

info@ufop.de · www.ufop.de