

Zusammenfassung

Im Rahmen eines vom Bundesprogramm Ökologischer Landbau geförderten zweijährigen Projektes wurde vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Dresden-Pillnitz im Jahr 2007 und 2008 die biologische N₂-Fixierung (BNF) von Öko-Gemüseerbsen auf insgesamt 19 Praxisschlägen in Sachsen mittels der erweiterten Differenzmethode untersucht.

Bei den betriebsüblich gepflegten Beständen wurden dabei eine BNF von 0 bis 63 kg N/ha, im Durchschnitt 31 kg N/ha, ermittelt. Auf unkrautfreien Parzellen lag die BNF zwischen 0 und 69 kg N/ha. Hier zeigte sich im ersten Versuchsjahr auch ein deutlicher Zusammenhang mit dem Marktertrag, während eine Abhängigkeit vom bodenbürtigen N-Angebot trotz z. T. extrem hoher N-Angebote nicht beobachtet werden konnte. Im zweiten Versuchsjahr wurde die BNF, wie zu erwarten, auch vom N-Angebot beeinflusst, wobei ab einem N-Angebot von ca. 130 kg N/ha keine BNF mehr festzustellen war.

Versuchsfrage und -hintergrund

Im Rahmen eines Projektes zur Erfassung der Unkrautkonkurrenz im Öko-Gemüseerbsenanbau bestand die Möglichkeit, auch die N₂-Fixierung der Erbsen zu untersuchen.

Material und Methoden

Die innerhalb landwirtschaftlich geprägter Fruchtfolgen (allgemein vieharm) eingegliederten Schläge wurden 2007 ab Mitte März bestellt. 2008 konnte witterungsbedingt nur in den Tagen um den 1. April gesät werden, die Schläge 21 und 22 wurden erst Mitte April bestellt. Die Schläge 6 bis 10 sowie 20 bis 22 wurden zuvor gepflügt, alle anderen Schläge lagen in Herbst- bzw. Winterfurche. Die Aussaatstärke betrug 110 bis 140 Korn/m². Angebaut wurden nur die frühen Markerbsensorten 'Avola' (Syn. 'Spring') und 'Prelado' (S&G).

Durch mangelhafte Saatgutqualität konnten 2007 insbesondere auf den Schlägen 1, 7, 8 und 9 nur unzureichende Erbsen-Bestandesdichten etabliert werden. Im Falle des extrem betroffenen Schlages 1 wurde der Bestand später sogar umgebrochen, so dass hier keine Auswertung stattfinden konnte. Die Bestände wurden von den Landwirten 2007 zumeist zweimal im Laufe des Aprils gestriegelt. 2008 waren im April wiederholt Niederschläge zu verzeichnen, so dass mehrere Schläge nur einmal gestriegelt werden konnten. 2007 zeigten die 5, 8, 10 und 11, 2008 die Schläge 13, 15, 17, 18 und 22 eine starke Verunkrautung bzw. hohe unkrautbedingte Verluste. (Zu Details siehe gesonderte Versuchsberichte zur Unkrautkonkurrenz und Nährstoffgehalt).

Nach den letzten Striegelgängen wurden 2007 in der Zeit von Mitte bis Ende April (2008: Ende April bis Anfang Mai) die Versuchspartzellen in vierfacher Wiederholung (Blockanlage) auf den Praxisschlägen abgesteckt. Vorgewende- und Spurbereiche wurden dabei ausgespart. Die Größe der Kernparzelle betrug 1,5 × 4,5 m = 6,75 m².

In einer Mischprobe über die verschiedenen Parzellen wurde zu diesem Zeitpunkt auch der N_{min}-Vorrat an den Standorten ermittelt. 2007 erfolgte dies in der Tiefe 0-60 cm, 2008 im Rahmen einer Diplomarbeit an der HTW-Dresden (HOFFMEISTER 2009) bis 90 cm. Pro Schlag bzw. Versuch wurde auf 8 der 12 Parzellen je ein Einstich durchgeführt.

In der Variante 'unkrautfrei' wurden im weiteren Verlauf alle vorhandenen Unkräuter auf einer Fläche von 2,0 × 5,0 m (davon 25 cm Rand) durch Jäten (keinerlei Bodenbearbeitung) beseitigt. Die Unkrautfreiheit wurde bis zur Ernte aufrechterhalten. In der Variante 'betriebsüblich' wurden versuchsseitig keinerlei Maßnahmen durchgeführt. Insofern entsprach die Behandlung dieser Parzellen der schlagüblichen Bewirtschaftung.

In 4 weiteren Parzellen erfolgte eine Einsaat einer nicht-legumen Referenzkultur. 2007 wurde hierzu Phacelia (*P. tanacetifolia*), 2008 Hafer (*Arvena sativa*) verwendet. Dabei wurden die Erbsenpflanzen (maximal im 3-Blattstadium) herausgezogen/-gehackt und das Phacelia-saatgut eingereicht bzw. der Hafer in Säfurchen ausgelegt.

2007 lief die Phacelia durch die ungewöhnlich trockene Aprilwitterung auf vielen Schlägen zunächst nur sehr zögerlich auf, keimte dann aber spätestens mit Einsetzen der Niederschläge Anfang Mai flächendeckend. Da der Hafer teilweise durch Vogelfraß geschädigt wurde, wurde 2008 auf allen Schlägen nochmals Phacelia nachgesät. Diese keimte durch die sehr trockenen Witterungsbedingungen im Mai aber nur sehr zögerlich. Letztendlich bildeten sich auf allen Schlägen aber doch ausreichend dichte Haferbestände aus.

2007 begann die Beerntung der Versuchspartellen bereits am 4. Juni, 2008 am 10. Juni, jeweils möglichst zeitgleich mit der regulären Ernte der Schläge. Da versuchsseitig pro Tag maximal 2 Schläge beerntet werden konnten, war es insbesondere 2007 aber nicht möglich, alle Schläge zum optimalen Reifezustand mit einem Tenderometerwert (TW) von ca. 120 zu beernten. Insbesondere Schlag 2 (Notreife durch einen massiven Befall mit *Fusarium solani* f. sp. *pisi*) und Schlag 9 + 10 wurden mit einem TW von über 200 deutlich zu spät geerntet. Da es sich aber nur um eine maximal wenige Tage verspätete Ernte handelte, dürfte das N₂-Fixierungsergebnis hiervon praktisch nicht beeinflusst worden sein. (Zur besseren 'Einordnung' der erzielten Erträge sind für 2007 die Erträge für einen auf 20,8 % korrigierten TS-Gehalt angegeben.)

Bei der Ernte wurden die Erbsenpflanzen auf den Kernpartellen herausgezogen und in Säcke verpackt. In der Variante 'betriebsüblich' wurden anschließend die Unkräuter auf zu Versuchsbeginn abgesteckten Bereichen von 2 × 0,5 m² pro Wiederholung erfasst. Auch bei der Phacelia bzw. beim Hafer (inkl. etwaig vorhandener Unkräuter) wurden 2 × 0,5 m² pro Wiederholung geerntet. Abschließend wurden in den verschiedenen Varianten N_{min}-Proben gezogen. 2007 geschah dies als Mischproben über die Wiederholungen (insgesamt 8 Einstiche), 2008 wurde 0-90 cm tief beprobt und parzellenweise (2 Einstiche pro Parzelle) ausgewertet.

Die Erbsenpflanzen wurden über Nacht im Kühlraum bei ca. 4°C gelagert und am nächsten Tag auf einer stationären Erbsendreschmaschine ('Mini Sampling Viner', Tickhill Engineering Company) durch 2-maligen Durchgang gedroschen. Anschließend wurde die Masse an Erbsen und Ernterückständen ausgewogen.

Allerdings traten beim Dreschvorgang unvermeidbare Verluste an Erbsen und Ernterückständen auf, die aber kaum über 5 % gelegen haben dürften. Dementsprechend sind die in Tab. 2 Ertragsergebnisse um einen entsprechenden Faktor zu korrigieren. (Andererseits wurden bei der Anlage der Versuchspartellen aber Spurbereiche ausgelassen, so dass die gefundenen Ertragszahlen nicht repräsentativ für die gesamte Fläche sind. In Näherung kann aber davon ausgegangen werden, dass sich die Dreschverluste mit dem Anteil an Fahrspuren in etwa decken, so dass hier ein 'Ausgleich' angenommen werden kann.)

Im Versuchsjahr 2008 (Tab. 3) wurde vor dem Dreschen der gesamte Erbsen-Aufwuchs gewogen. Auf Basis des beim Dreschen ermittelten Verhältnisses von Korn zu Gesamtpflanze (Harvest-Index) wurde der Ertrag hochgerechnet, so dass diese Ergebnisse sich auf die 'Netto'-Fläche (also ohne Fahrspuren etc.) beziehen. (Die dabei errechneten Dreschverluste beliefen sich auf 4,9 %, so dass die o. g. Annahme zutreffend erscheint. Insgesamt ist aber der 'Fehler' von ± 5 % als relativ gering einzustufen.)

An einer Teilprobe über die 4 Wiederholungen (2008: an Teilproben jeder Parzelle) wurde für die spätere Ermittlung der N-Gehalte in der Sprossmasse der Trockensubstanzgehalt durch Trocknung bei 70 °C ermittelt. Auch bei den zuvor frisch gewogenen Unkräutern der betriebsüblichen Variante und der Phacelia bzw. dem Hafer wurde so der TS- bzw. N-Gehalt bestimmt. Allerdings wurde es bei Schlag 5 und 6 versäumt, das Frischgewicht an Unkraut und Phacelia auszuwiegen, so dass für diese Schläge keine BNF errechnet werden konnte.

Ergebnisse

Die 2007 Mitte bis Ende April durchgeführte $N_{\min}$ -Beprobung (0-60 cm) wies mit 53 (Schlag 7) bis 217 kg N/ha (Schlag 11) zum Teil sehr hohe **$N_{\min}$ -Vorräte** aus (Tab. 2 und 3, Abb. 1). Im Falle des Schlages 1 (149 kg/ha) lässt sich dies mit der Vorkultur Klee (Umbruch) erklären (Tab. 1). Der durch eine Nachprobe bestätigte Wert von 217 kg N/ha auf dem Schlag 11 kann auch unter Einbeziehung der Stallmistgabe (auch Schlag 4 und 5 erhielten Stallmist) nur als 'Extremwert' angesehen werden. Ohne diesen Wert lag der $N_{\min}$ -Vorrat 2007 bei durchschnittlich 91 kg N/ha. 2008 lagen die $N_{\min}$ -Vorräte (0-60 cm) bei durchschnittlich 78 kg N/ha. In der Schicht 60-90 cm wurden hier im Mittel 20 kg N/ha vorgefunden.

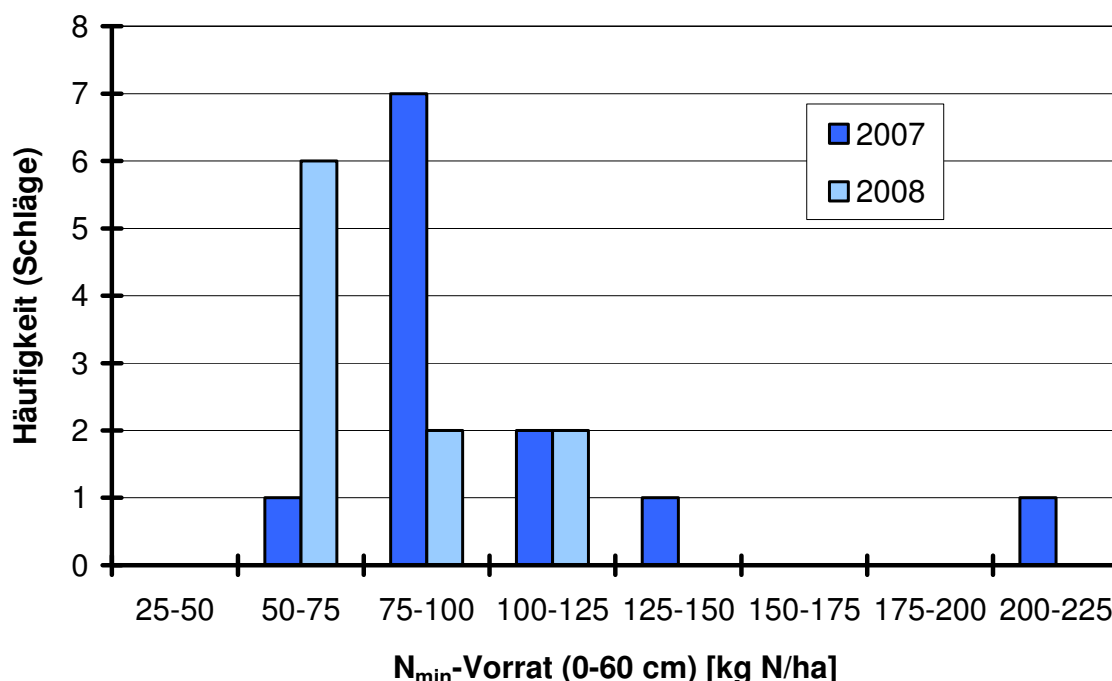


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der $N_{\min}$ -Vorräte auf den Praxisschlägen
(Beprobung nach Ende der betriebsüblichen Unkrautbekämpfungsmaßnahmen; Mischproben über die Wiederholungen)

Die ermittelten **Erbsenerträge** lagen (in Abhängigkeit von der Bestandesdichte, dem Unkrautbesatz und Pathogenbefall) zwischen 9 und 94 dt/ha (Tab. 2 und 3). Dementsprechend lag die N-Menge im Marktertrag (Rohware) zwischen 6 und 72 kg N/ha. Die N-Menge in den Ernterückständen betrug 15 bis 99 kg N/ha, auf Schlag 4 lag sie mit rund 130 kg N/ha ungewöhnlich hoch. Der N-Harvest-Index (= N-Menge im Marktertrag ÷ N-Menge im gesamten Aufwuchs) betrug, bei einer Spanne von 16 bis 62 %, durchschnittlich 31 %.

Die N-Menge in den in der betriebsüblichen Variante vorhandenen Unkräutern lag auf den stark verunkrauteten Schlägen 11 und 17 bei 69 bzw. 49 kg N/ha, sonst meist im Bereich von 20 kg N/ha oder auch darunter. Die Phacelia (2007) nahm bis zu 79 kg N/ha, der Hafer (2008) bis zu 98 kg N/ha auf.

Die **N_{min}-Reste** lagen 2007 (0-60 cm) auf den Erbsenflächen (ohne Schlag 4) mit durchschnittlich 67 kg N/ha relativ hoch. Dabei zeigte sich bei betriebsüblicher Verunkrautung mit im Mittel 61 kg N/ha zumeist ein geringerer N_{min}-Rest als in der unkrautfreien Variante (72 kg N/ha). Auf Schlag 4 wurden mit 139 (betriebsüblich) bzw. 192 kg N/ha (unkrautfrei) extrem hohe Werte gefunden. Zusammen mit den hier auch sehr hohen N-Mengen im Erbsenaufwuchs und den aber nur 'normalen' N-Mengen in der Phacelia errechnet sich nach der erweiterten Differenzmethode eine BNF von 172 bzw. 232 kg N/ha. Diese Werte liegen über der N-Menge im Erbsenaufwuchs und sind daher nicht nachvollziehbar hoch. Hier liegt die Vermutung nahe, dass insbesondere die N_{min}-Werte fehlerhaft sind. Allerdings traten extrem hohe N_{min}-Reste in beiden Varianten auf, so dass wiederum ein 'Ausreißer' unwahrscheinlich ist.

2008 betrugen die N_{min}-Reste (0-90 cm) im Mittel 45 kg N/ha, wobei auch hier die N_{min}-Reste in der unkrautfreien Variante (durchschnittlich 49 kg N/ha) etwas höher ausfielen als in der betriebsüblichen (41 kg N/ha).

Ohne den Schlag 4 lag die **BNF** im Mittel bei 32 kg N/ha (-9 bis 69 kg N/ha). [Setzt man dabei die sich rechnerisch an 3 Stellen ergebenden negativen Ergebnisse gleich 0, so betrug die BNF im Durchschnitt ebenfalls 32 kg N/ha; Abb. 2.] Ein Unterschied zwischen der BNF der betriebsüblichen (im Mittel 31 kg BNF/ha) und der der unkrautfreien Variante (32 kg BNF/ha) war nicht zu erkennen. Insgesamt lag damit die BNF durchschnittlich nur bei ca. $\frac{1}{3}$ des Wertes den JOST (2003) in 11 (konventionellen) Versuchen mit Gemüseerbsen ermittelte. Dagegen zeigte sich bei Untersuchungen im (Trocken)Jahr 2003 auf 2 Öko-Praxisschlägen ebenfalls nur eine BNF von 20 bzw. 29 kg N/ha (LABER 2003).

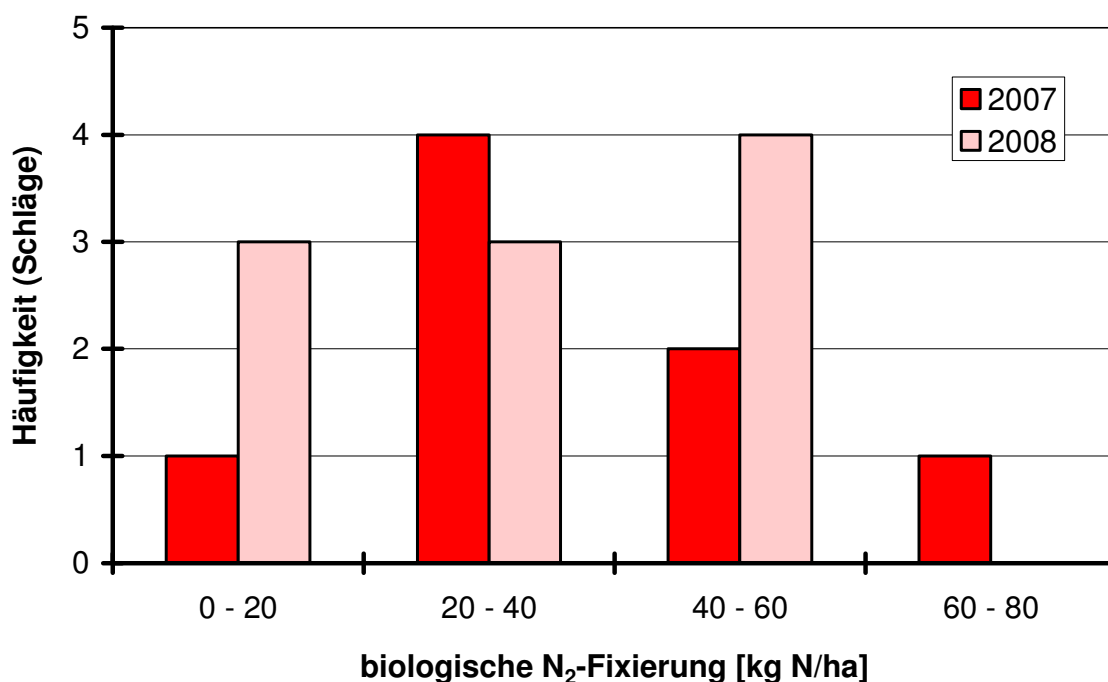


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der biologischen N₂-Fixierung bei betriebsüblicher Bewirtschaftung

Trotz einer Spanne im N_{min}-Vorrat (0-60 cm) von 50 bis über 200 kg N/ha bzw. einem in den Phacelia- bzw. Hafer-Parzellen ermittelten 'bodenbürtigem' N-Angebot in ähnlicher Spannweite konnte, bei gemeinsamer Betrachtung beider Versuchsjahre, keine Abhängigkeit der BNF vom N-Angebot des Bodens (unter Berücksichtigung des N_{min}-Restes der Schicht 0-60 cm) festgestellt werden (Abb. 3; betriebsüblich: praktisch identisch). Betrachtet man allerdings nur das Versuchsjahr 2008, so zeigt sich (bei großer Streuung und nur in der unkrautfreien Variante) eine Abnahme der BNF um rund 0,6 kg N je kg höheres N-Angebot.

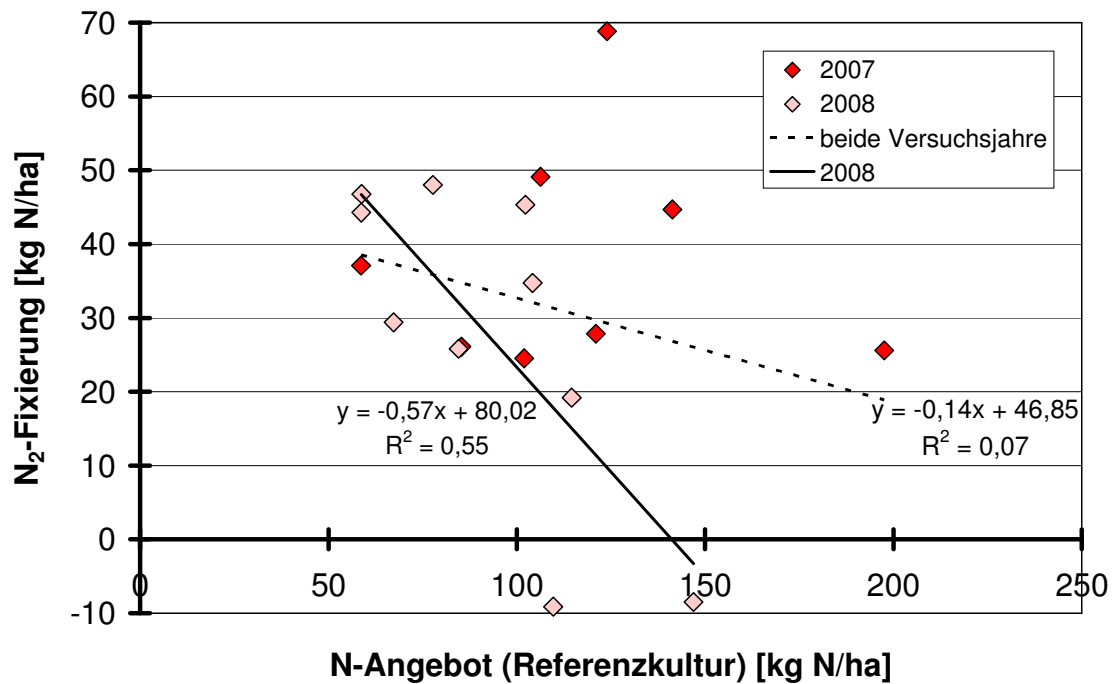


Abb. 3: Biologische N_2 -Fixierung der unkrautfreien Variante in Abhängigkeit von dem in der Referenzkultur ermitteltem N-Angebot
(unter Berücksichtigung des N_{min} -Restes der Schicht 0-60 cm)

Dagegen ließ sich 2007 die Variation der BNF bei der unkrautfreien Variante fast ausschließlich mit den erzielten Erträgen erklären (Abb. 4). Bei betriebsüblicher Bewirtschaftung und damit Verunkrautung zeigte sich dieser Zusammenhang nicht, da auf Schlag 7 und 9 mit 13 bzw. 25 kg N/ha eine deutlich geringere BNF als zu erwarten gefunden wurde. Warum an diesen beiden Standorten eine größere Differenz in der BNF zwischen der betriebsüblichen und der unkrautfreien Variante auftrat bleibt unklar, da (analog zu der relativ geringen Verunkrautung) keine bzw. nur relativ geringe Ertragseinbußen zu verzeichnen waren. Im Versuchsjahr 2008 (mit einer deutlich geringeren Ertrags-Spannweite) bestand kein Zusammenhang zwischen Ertragsniveau und BNF ($R^2 = 0,00$ bzw. $0,04$ bei betriebsüblich).

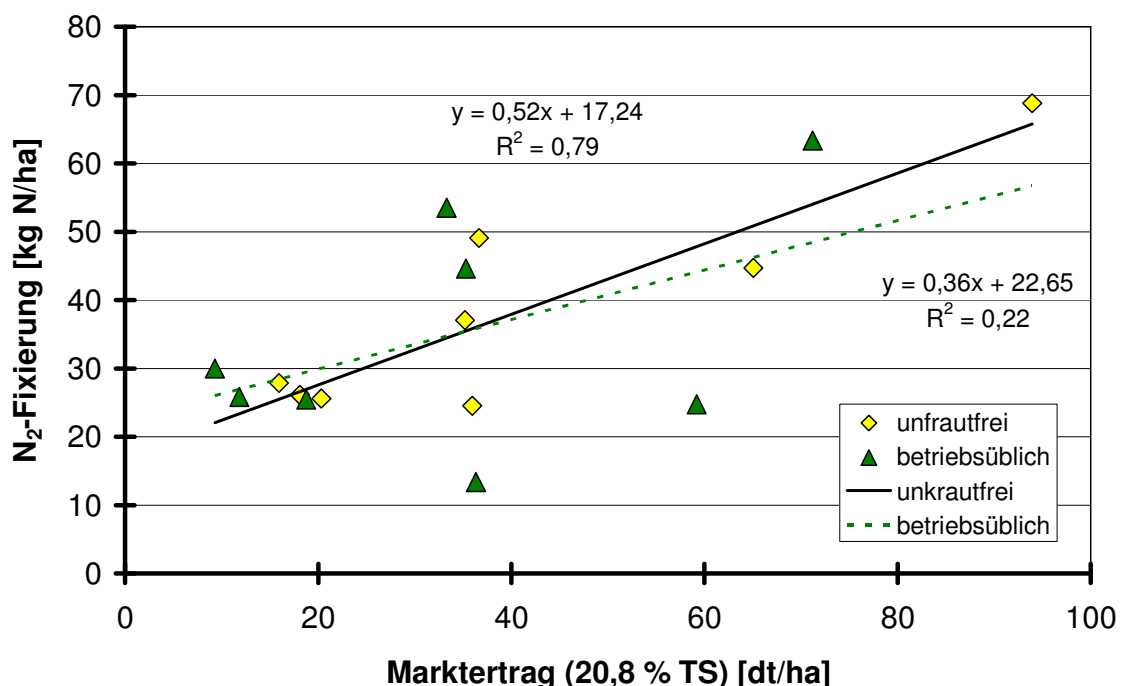


Abb. 4: Biologische N_2 -Fixierung in Abhängigkeit vom Marktertrag; Versuchsjahr 2007

Die ertragsbezogene BNF lag durchschnittlich (ohne Schlag 4) bei 1,4 kg N/dt FM-Ertrag und damit auf 'Faustzahlenniveau' (1,5 kg N/dt [vgl. LABER 2005]). Sie wies allerdings eine große Spannweite von 0 (negative Werte) bis 4,1 (Schlag 16) auf.

Bei diesem, um das unterschiedliche Ertragsniveau (und damit 'allgemeine' Wachstumsbedingungen) korrigierten Wert zeigte sich für das Versuchsjahr 2008 (relativ einheitlich für die unkrautfreie wie auch betriebsübliche Variante) auch eine deutliche Abhängigkeit der BNF vom N-Angebot (Abb. 5). Danach lag die BNF bei einem bodenbürtigen N-Angebot von rund 60 kg N/ha bei ca. 2,5 kg N/dt Marktertrag. Ab einem N-Angebot von ca. 130 kg N/ha war dagegen nicht mehr mit einer BNF zu rechnen.

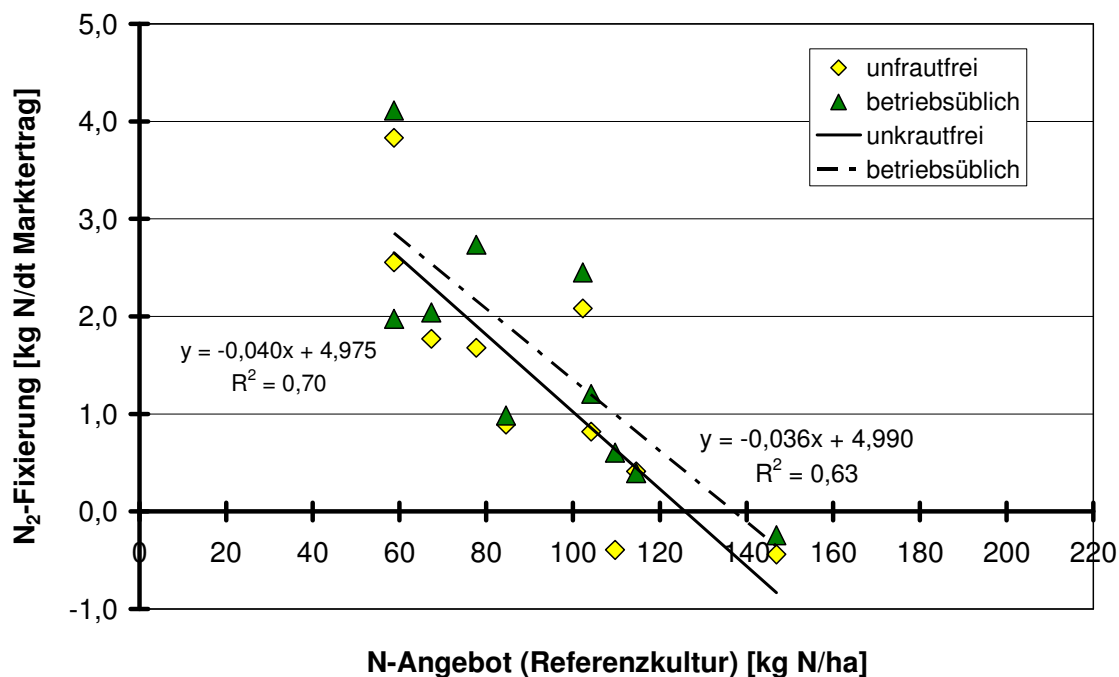


Abb. 5: Biologische N₂-Fixierung pro dt Marktertrag in Abhängigkeit von dem in der Referenzkultur ermitteltem N-Angebot; Versuchsjahr 2008 (unter Berücksichtigung des N_{min}-Restes der Schicht 0-60 cm)

Für das Versuchsjahr 2007 bestand dieser Zusammenhang allerdings in keinsten Weise, auch wenn die Ergebnisse des Schlages 11 außer Acht gelassen wurden, wo sich, trotz eines N-Angebots von nahezu 200 kg N/ha noch eine BNF von 2,19 bzw. 1,26 kg N/dt errechnete ($R^2 = 0,04$ bzw. 0,00 bei betriebsüblich). Warum sich 2007 (auch 'ertragsbereinigt') praktisch keinerlei Abhängigkeit der BNF von dem N-Angebot zeigte bleibt unklar.

Bei einer mittleren BNF von 31 kg N/ha und einer mittleren N-Menge im Marktertrag (= N-Entzug) der betriebsüblichen Variante von 23 kg N/ha belief sich der **N-Saldo** auf durchschnittlich 9 kg N/ha, wobei die verschiedenen Flächen N-Salden von -25 bis zu +35 kg N/ha aufwiesen (Abb. 6). Damit liegt auch dieser Wert deutlich unter dem sich aus den Ergebnissen von JOST (2003) errechnenden Wert, der im Mittel einen Saldo von +54 kg N/ha ausweist (vgl. LABER 2005). Andererseits zeigte sich bei den Untersuchungen auf 2 Öko-Praxisschlägen im Jahr 2003 ebenfalls nur ein ausgeglichener N-Saldo (LABER 2003).

Bei der **N-Nachlieferung** des Bodens (= N-Angebot des Standortes – N_{min}-Vorrat) während des untersuchten Zeitraumes (Mitte/Ende April bzw. Anfang Mai bis zur Ernte) zeigte sich auf den verschiedenen Standorten ein sehr uneinheitliches Bild: Auf 5 der 19 Schläge (2, 3, 11, 16 und 19) wurde in der Referenzfrucht inklusive des N_{min}-Restes weniger N vorgefunden, als sich als N_{min}-Vorrat im Boden befand. Daraus ergibt sich eine negative N-Nachlieferung, die auf diesen Schlägen im Mittel bei -19 kg N/ha lag.

Auf weiteren 5 Schlägen (14, 15, 17, 18 und 20) wurde in der Referenzkultur praktisch die gleiche N-Menge wie beim $N_{\min}$ -Vorrat vorgefunden, so dass sich eine N-Nachlieferung von nur wenigen kg N/ha ergibt.

Bei 9 Schlägen wurde dagegen eine N-Nachlieferung von 21 bis 61 kg N/ha festgestellt (im Mittel 39 kg N/ha), aus der sich eine wöchentliche N-Nachlieferung von 3,8 bis 7,8 kg N/ha errechnet (im Mittel 5,7 kg N/ha). Eine Erklärung, warum auf 10 der 19 Standorte keine bzw. sogar eine negative N-Nachlieferung zu verzeichnen war, konnte nicht gefunden werden.

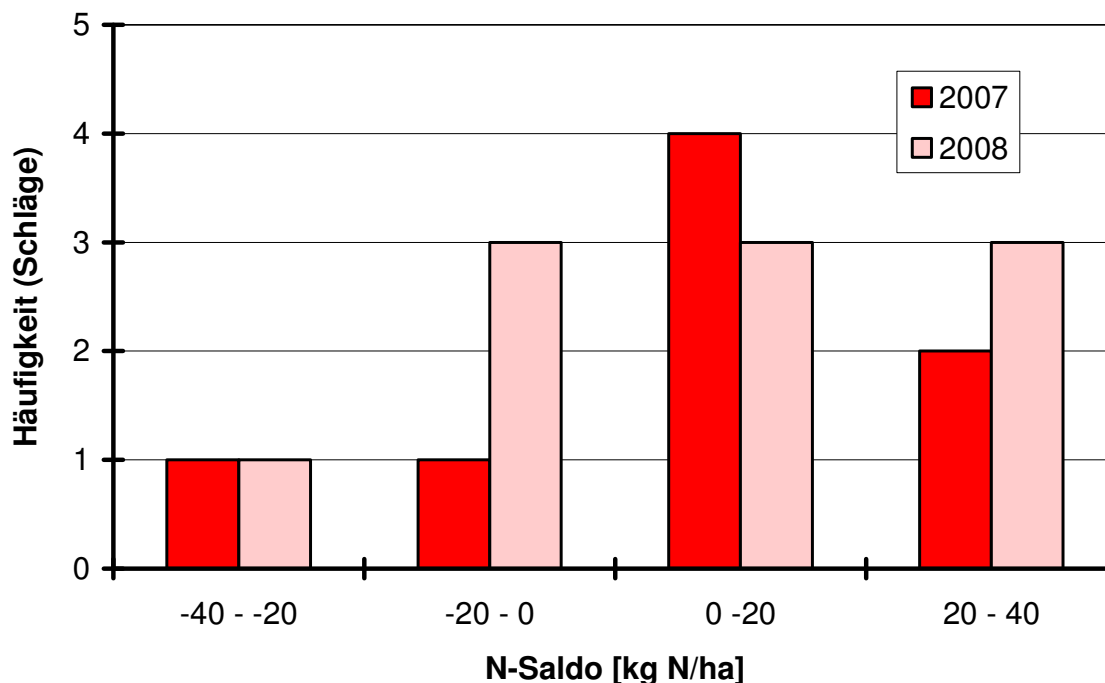


Abb. 6: Häufigkeitsverteilung der N-Salden (= biologische N_2 -Fixierung - N-Entzug) bei betriebsüblicher Bewirtschaftung

Fazit

Die biologische N_2 -Fixierung fiel (analog dem zumeist niedrigem Ertragsniveau) mit durchschnittlich 32 kg N/ha (auch in den unkrautfreien Varianten) relativ gering aus. N-Entzüge in fast ähnlicher Größenordnung führten dazu, dass nur ein gering positiver N-Saldo zu verzeichnen war. Damit wurden die 2003 (allerdings nur auf 2 Praxis schlägen) durchgeführten Untersuchungen bestätigt.

Literatur:

- HOFFMEISTER, R. 2009: Einfluss der Verunkrautung auf Ertrag und symbiontische N_2 -Fixierung von Grünspeiseerbsen. Diplomarbeit Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Fachbereich Landbau/Landespflege
- JOST, B. 2003: Untersuchungen und Kalkulationstabellen zur Schätzung der N_2 -Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von *Lupinus albus* und *Lupinus luteus* in Reinsaat und von *Vicia faba* und *Pisum sativum* in Reinsaat und im Gemenge mit *Avena sativa*. Diss. Univ. Göttingen
- LABER, H. 2003: N_2 -Fixierung von Gemüseerbsen lag bei rund 20-30 kg N/ha, die Entzüge bei 20-50 kg N/ha; Schäden durch Larven des Blattrandkäfers. Versuche im deutschen Gartenbau/ Gemüsebau, Verband der Landwirtschaftskammern [Hrsg.], Rheinischer Landwirtschafts-Verlag, Bonn, S. 35 oder www.hortigate.de
- LABER, H. 2005: Biologische N_2 -Fixierung von Gemüseerbsen und -buschbohnen. Infodienst 02/2005, S. 81-89 (http://jaguar.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/1256_1.pdf) oder www.hortigate.de

Tab. 1: Vorkultur, Düngung und Anbaudaten

Schlag	Boden- zahl ¹⁾	Vorkultur 2006 ^{1), 2)}	Düngung ¹⁾	Pflug- furche ¹⁾	Aus- saat- termin ¹⁾	Bestandes dichte [Pfl./m ²]	Ernte der Versuchs- parzellen ³⁾
Versuch 2007							
1	84	Klee		Herbst	28.3.	44	
2	75	Dinkel		Herbst	28.3.	75	11.6. ⁴⁾
3	ca. 80	Dinkel		Herbst	~15.3.	85	5.6.
4	55	Erbsen, Lein- dotter ⁵⁾	200 dt/ha Schafmist ⁶⁾	Herbst	28.3.	102	11.6.
5	36			Herbst	17.3.	110	7.6.
6	60	Weizen		Frühjahr	13.3.	82	7.6.
7	85	Weizen		Frühjahr	27.3.	63	12.6.
8	47	Körnermais		Frühjahr	15.3.	55	6.6.
9	47	Grünroggen ⁷⁾		Frühjahr	4.4.	54	18.6.
10	47	Körnermais		Frühjahr	30.3.	85	14.6.
11	55	Weizen	200 dt/ha Mist (Rind/Pferd) ⁶⁾	Herbst	13.3.	83	6.6.
12	50	Möhren		Herbst	14.3.	94	4.6.
Versuch 2008							
13	55	Gerste		Herbst	30.3.	88	10.6.
14	40	Roggen		Herbst	1.4.	120	10.6.
15	40	Erbsen, WGras ⁸⁾		Herbst	28.3.	85	11.6.
16	52	Roggen		Herbst	1.4.	100	11.6.
17	42	Winterraps		Frühjahr	30.3.	73	12.6.
18	82	Hafer		Frühjahr ⁹⁾	31.3.	90	12.6.
19	65	Futterhirse	15 m ³ Biogas- gülle/ha	Herbst ⁹⁾	31.3.	95	14.6.
20	47	Körnermais		Frühjahr	2.4.	89	14.6.
21	47	Weizen, Gelbsenf		Frühjahr	22.4.	101	23.6.
22	65	Luzerne ¹⁰⁾		Frühjahr	15.4.	112	23.6.

¹⁾ Angaben des Betriebs; ²⁾ soweit nicht anders angegeben keine Zwischenfrüchte; ³⁾ inkl. N_{min}-Probe;

⁴⁾ auf Grund eines starken Befalls mit *Fusarium solani* (Notreife) wurde der Schlag bereits am 7.6. beerntet;

⁵⁾ Gemüseerbsen, anschließend Leindotter; ⁶⁾ zur Herbstfurche 2006/2007;

⁷⁾ Ölrettich/Buchweizen/Phacelia-Gründüngungsgemenge, anschließend Grünroggen mit Futternutzung;

⁸⁾ Gemüseerbsen, anschließend Weidelgras; ⁹⁾ gegrubbert; ¹⁰⁾ sehr lückiger Bestand

Tab. 2: N_{min}-Werte, N-Menge im Aufwuchs sowie daraus berechnete N₂-Fixierung 2007

Schlag	Variante	N _{min} -Vorrat ¹⁾ 0-60 cm	Markt- ertrag ²⁾ [dt FM/ ha]	Erbsen		N im Auf- wuchs ³⁾	N _{min} - Rest (0-60 cm)	Summe N ⁵⁾	N ₂ -Fixierung ⁶⁾	
		[kg N/ha]		N im Markt- ertrag	N in Ernte- rückst.					[kg N/ dt FM]
1		149								
2	betriebs- üblich	96	19	12	19	31 21 ⁴⁾	59	111	25	1,36
	unkrautfrei		18	12	15	27	84	111	26	1,44
	Phacelia					21	64	85		
3	betriebs- üblich	82	35	26 ⁷⁾	43	69 12 ⁴⁾	22	103	45	1,27
	unkrautfrei		35	26 ⁷⁾	43	69	27	96	37	1,05
	Phacelia					24	34	59		
4	betriebs- üblich	106	57	46	123	169 12 ⁴⁾	139	320	(172) ⁸⁾	(3,01)
	unkrautfrei		64	51	137	189	192	381	(232) ⁸⁾	(3,65)
	Phacelia					73	76	148		
5	betriebs- üblich	111	23	16	65	81	104			
	unkrautfrei		28	20	80	100	87	187		
	Phacelia						80			
6	betriebs- üblich	75	27	17	43	60	33			
	unkrautfrei		27	18	44	63	34	96		
	Phacelia						36			
7	betriebs- üblich	53	36	23	38	61 10 ⁴⁾	44	115	13	0,37
	unkrautfrei		36	24	47	71	55	126	25	0,68
	Phacelia					50	52	102		
8	betriebs- üblich	98	9	6	33	39 30 ⁴⁾	82	151	30	3,23
	unkrautfrei		16	11	49	60	89	149	28	1,75
	Phacelia					55	66	121		
9	betriebs- üblich	80	59	50	55	105 6 ⁴⁾	55	166	25	0,42
	unkrautfrei		65	51	52	103	83	186	45	0,69
	Phacelia					70	71	141		
10	betriebs- üblich	78	71	58	35	93 26 ⁴⁾	69	187	63	0,89
	unkrautfrei		94	72	52	123	70	193	69	0,73
	Phacelia					74	50	124		
11	betriebs- üblich	217	12	10	53	63 69 ⁴⁾	91	223	26	2,19
	unkrautfrei		20	17	83	100	123	223	26	1,26
	Phacelia					79	119	198		
12	betriebs- üblich	76	33	23	61	84 21 ⁴⁾	54	160	54	1,61
	unkrautfrei		37	26	63	89	66	155	49	1,34
	Phacelia					45	62	106		

¹⁾ N_{min}-Beprobung zwischen dem 17. und 25. April (nach den Striegelbehandlungen);

²⁾ Ertrag berechnet auf einem TS-Gehalt von 20,8 % (entspricht einem Tenderometerwert von ca. 120);

³⁾ bei Erbsen: N im Marktertrag + N in den Ernterückständen, bei Phacelia: inkl. geringer Mengen an Unkraut;

⁴⁾ N im Unkraut-Aufwuchs; ⁵⁾ N im Aufwuchs (bei betriebsüblich inkl. N im Unkraut) + N_{min}-Rest. Entspricht in der Phacelia-Variante dem N-Angebot des Standortes; ⁶⁾ Summe-N_{betriebsüblich} bzw. unkrautfrei – Summe-N_{Phacelia};

⁷⁾ N-Gehalt in der TS auf Grund fehlender Analysewerte auf Basis der durchschnittlichen Gehalte geschätzt;

⁸⁾ berechnete N₂-Fixierung offensichtlich fehlerhaft. Daten bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt

Tab. 3: N_{min}-Werte, N-Menge im Aufwuchs sowie daraus berechnete N₂-Fixierung 2008

Schlag	Variante	N _{min} - Vorrat ¹⁾ 0-90 cm (0-60 cm) [kg N/ha]	Markt- ertrag [dt FM/ ha]	Erbsen		N im Auf- wuchs ²⁾ [kg N/ha]	N _{min} - Rest (0-90 cm) (0-60 cm) [kg N/ha]	Summe N ⁴⁾	N ₂ -Fixierung ⁵⁾	
				N im Markt- ertrag	N in Ernte- rückst.					[kg N/ dt FM]
13	betriebs- üblich	143 (104)	15	19	45	64 31 ³⁾	65 (41)	160	-4	-0,24
	unkrautfrei		19	24	54	78	77 (63)	155	-8	-0,44
	Hafer					52	112 (95)	164		
14	betriebs- üblich	88 (68)	20	24	63	86 4 ³⁾	40 (34)	130	39	1,98
	unkrautfrei		18	24	69	93	45 (32)	138	47	2,56
	Hafer					26	65 (33)	91		
15	betriebs- üblich	72 (61)	10	11	27	37 18 ³⁾	41 (30)	96	20	2,04
	unkrautfrei		17	18	35	53	53 (44)	106	29	1,77
	Hafer					32	45 (35)	77		
16	betriebs- üblich	88 (61)	11	11	47	58 12 ³⁾	44 (26)	114	46	4,11
	unkrautfrei		12	11	51	62	51 (36)	113	44	3,83
	Hafer					38	31 (21)	69		
17	betriebs- üblich	83 (70)	15	15	32	47 49 ³⁾	30 (21)	126	40	2,73
	unkrautfrei		29	27	55	82	52 (42)	134	48	1,68
	Hafer					46	40 (32)	86		
18	betriebs- üblich	94 (73)	19	20	39	59 20 ³⁾	40 (28)	118	19	0,99
	unkrautfrei		29	30	52	83	42 (34)	125	26	0,89
	Hafer					33	66 (52)	99		
19	betriebs- üblich	140 (109)	19	19	62	81 30 ³⁾	54 (38)	165	46	2,45
	unkrautfrei		22	23	64	87	78 (58)	164	45	2,08
	Hafer					59	59 (43)	119		
20	betriebs- üblich	116 (99)	22	21	42	63 21 ³⁾	48 (38)	132	13	0,60
	unkrautfrei		23	22	45	67	43 (34)	110	-9	-0,40
	Hafer					55	64 (54)	119		
21	betriebs- üblich	66 (55)	44	36	99	135 12 ³⁾	17 (13)	163	53	1,21
	unkrautfrei		43	36	89	124	21 (17)	146	35	0,82
	Hafer					93	18 (11)	111		
22	betriebs- üblich	91 (80)	35	28	60	88 19 ³⁾	27 (22)	134	14	0,39
	unkrautfrei		47	39	69	108	31 (24)	139	19	0,41
	Hafer					98	22 (17)	120		

¹⁾ N_{min}-Beprobung zwischen dem 29. April und 9. Mai (nach den Striegelbehandlungen);

²⁾ bei Erbsen: N im Marktertrag + N in den Ernterückständen, bei Hafer inkl. Unkraut;

³⁾ N im Unkraut-Aufwuchs; ⁴⁾ N im Aufwuchs (bei betriebsüblich inkl. N im Unkraut) + N_{min}-Rest. Entspricht in der Hafer-Variante dem N-Angebot des Standortes; ⁵⁾ Summe-N_{betriebsüblich bzw. unkrautfrei} – Summe-N_{Hafer};