

## Mechanische Bodenbelastung: Effekte auf Eigenschaften des Oberbodens und den Ertrag von Erbsen in Reinsaat und im Gemenge

Wild, M.<sup>1</sup>, Böhm, H.<sup>3</sup>, Brandhuber R.<sup>1</sup>, Bruns, C.<sup>2</sup>, Gronle, A.<sup>3</sup>, Lux, G.<sup>4</sup>,  
Schmidtke, K.<sup>4</sup> und Demmel, M.<sup>1</sup>

*Keywords:* Bodenverdichtung, Bodenfruchtbarkeit, Körnerleguminosen, Mischfruchtanbau, Ertrag

### Abstract

*In organic agriculture legumes build the basis of soil fertility. A diminution of the legumes' performance not only restricts their own yield but also the yield of the whole crop rotation. However, legumes – especially peas – are strongly affected by soil-born diseases and react sensitively to soil compaction. Aim of the study is to gain knowledge about the interaction of differentiated soil compaction on soil physical parameters and the yield of peas in a sole- and mixed cropping system with oat. We conducted field trials at four different sites where plots were passed with a wheel load of 2.6 t and 4.6 t before seeding. Results show that bulk density in the topsoil increased significantly with increasing wheel load, while soil porosity decreased. Compaction with 4.6 t resulted in 19 % less yield compared to unpassed plots, which corresponds to 8 % less yield performance per hectare when assuming a tire of 650 mm width and a working width at sowing of 3 m.*

### Einleitung und Zielsetzung

Im ökologischen Landbau bilden Leguminosen die Grundlage der Bodenfruchtbarkeit. Dies bedeutet, dass Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit der Leguminosen nicht nur deren eigenen Ertrag sondern auch die Leistungsfähigkeit der gesamten Fruchtfolge begrenzen. Körnerleguminosen – insbesondere Erbsen – reagieren allerdings sehr empfindlich auf Beeinträchtigungen, wie das Vorhandensein von boden- oder samenbürtigen Pathogenen, Verdichtungen im Wurzelraum und eine geringe Verfügbarkeit von Nährstoffen wie Phosphor und Kalium. Die Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau ist vergleichsweise intensiv, das Risiko für Bodenverdichtungen daher durchaus hoch. Ziel ist es, den Einfluss differenzierter Bodenbelastung auf bodenphysikalische Parameter und den Ertrag von Erbsen zu analysieren. Zusätzlich soll geklärt werden, ob ein Anbau von Erbsen im Gemenge mit Hafer Vorteile gegenüber ei-

---

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttingerstr. 36, 85354 Freising,  
<http://www.lfl.bayern.de/itt/pflanzenbau/>

<sup>2</sup> Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen  
<http://www.wiz.uni-kassel.de/phytomed/index.html>

<sup>3</sup> Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847 Westerau, <http://www.vti.bund.de/oei>

<sup>4</sup> Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden,  
<http://www.htw-dresden.de/pillnitz/fakultaet.html>

ner Reinsaat bringt. Dazu wurden an vier Standorten in Deutschland im Rahmen eines interdisziplinären BMELV Verbundprojektes<sup>1</sup> „Belastungsversuche“ angelegt.

## Methoden

An vier langjährig ökologisch bewirtschafteten Standorten in Nord-, Ost-, Mittel-, und Süddeutschland (siehe Tab. 1) wurden zwischen 2009 und 2011 nach einer tiefwendenden Grundbodenbearbeitung im Herbst (Pflug 20 – 28 cm) neun zweifaktorielle randomisierte Blockanlagen angelegt. Geprüft wurden die Versuchsfaktoren Fruchtart und Bodenbelastung in 4 Wiederholungen. Die Parzellen hatten eine Mindestgröße von 1,50 m x 13 m. Mit einem speziell angefertigten Belastungswagen wurde der Boden im Frühjahr in tragfähigem Zustand mit 2,6 t und 4,6 t Radlast mit einem Radialreifen (650/65 R 38) einfach überrollt, um somit Belastungssituationen zum Zeitpunkt der Saatbettbereitung bzw. der Aussaat zu simulieren. Der Reifenluftdruck wurde nach Reifenluftdrucktabelle des Herstellers auf Feldarbeit eingestellt: 0,6 bar bei 2,6 t und 1,6 bar bei 4,6 t Radlast. Zusätzlich gab es Kontrollparzellen, die unbelastet blieben (0 t). Nach der Überrollung erfolgte die Saatbettbereitung mit der Kreiselegge (8 cm Arbeitstiefe) und die Aussaat von Erbse ('Santana') und Erbse-Hafer-Gemenge ('Santana' mit 'Dominik'). Die Saatstärke betrug bei Erbse 80, im Gemenge 80 + 60 keimfähige Körner m<sup>-2</sup>. Die gewählten Radlasten und Reifeninnendrucke entsprachen guter fachlicher Praxis. Zur Analyse bodenphysikalischer Parameter wurden aus jeder Parzelle zwei ungestörte Proben aus 10-15 cm Tiefe (unterhalb der Saatbettbereitung) und je eine gestörte Probe entnommen. Die Analyse der Trockenrohddichte erfolgte nach DIN ISO 11272. Die Luftkapazität wurde aus der Reindichte (Helium-Pyknometer), der Trockenrohddichte und dem Wassergehalt bei pF 1,8 (pF-Laborstation mit Saugplattenmodul nach DIN ISO 11274) ermittelt. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Proc Mixed in der Software SAS.

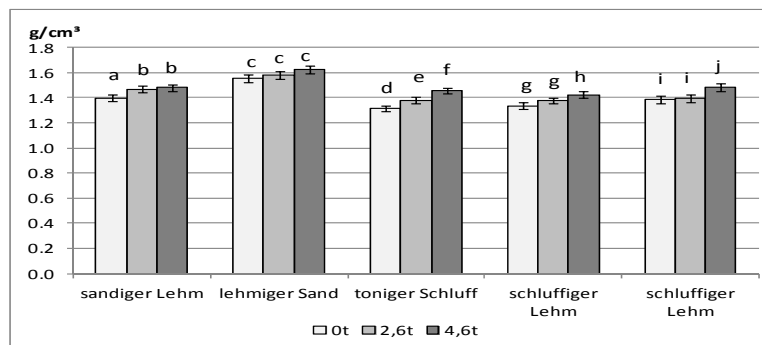
**Tabelle 1: Standortcharakterisierung**

| Standort | Bodenart                               | Niederschlag | Jahresdurchschn.Temp. |
|----------|--|--------------|-----------------------|
| 1        | mittel sandiger Lehm (Ls3)             | 740 mm       | 8,7 °C                |
| 2        | schwach lehmiger Sand (Sl2)            | 600 mm       | 8 °C                  |
| 3        | mittel - stark toniger Schluff (Ut3/4) | 670 mm       | 8,5 °C                |
| 4        | schluffiger Lehm (Lu)                  | 850-1000 mm  | 7,5 °C                |
| 5        | schluffiger Lehm (Lu)                  | 750-800 mm   | 7,5 °C                |

## Ergebnisse

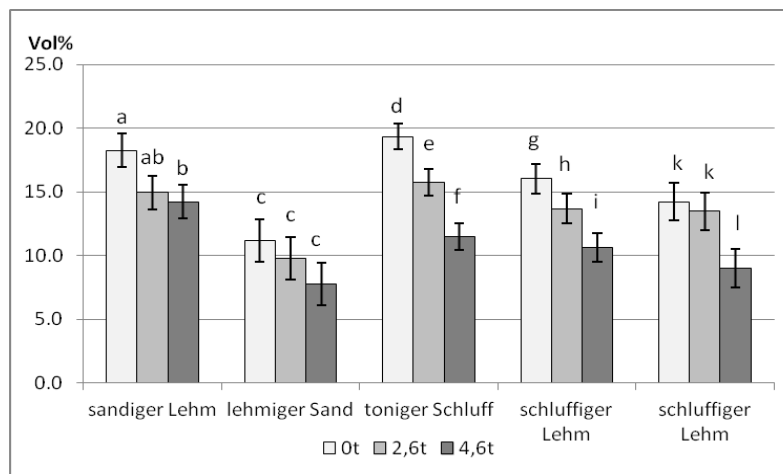
Ergebnisse aus den Jahren 2009 – 2011 zeigten auf allen Standorten, dass mit steigender Radlast die Trockenrohddichte (Abb. 1) in der Krume zu- und die Luftkapazität (Abb. 2) dementsprechend abnimmt (Untersuchung zwei bis vier Wochen nach der Saat). Auf 4 von 5 Standorten trat ein signifikanter Unterschied der Trockenrohddichte zwischen der unbelasteten Kontrolle und der Belastung mit 4,6 t auf. Einzig auf dem Standort mit lehmigem Sand und von Natur aus hoher Trockenrohddichte zeigte sich kein signifikanter Einfluss der Belastung (Abb. 1).

<sup>1</sup> „Steigerung der Wertschöpfung ökologisch angebaute Marktfrüchte durch Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit“ ([www.bodenfruchtbarkeit.org](http://www.bodenfruchtbarkeit.org)), gefördert im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.



**Abbildung 1:** Trockenrohdichte der vier Standorte in einer Tiefe von 10 - 15 cm im unbelasteten Zustand (0 t) und nach Überrollung mit 2,6 t und 4,6 t Radlast. Mittelwerte der Jahre 2009 – 2011  $\pm$  SE (n>72). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der einzelnen Standorte (Tukey, p<0.05).

Die Luftkapazität zeigte auf 4 von 5 Standorten einen signifikanten Rückgang mit Anstieg der Belastung, was zu einem geringeren Luftaustausch im Oberboden führte (Abb. 2).

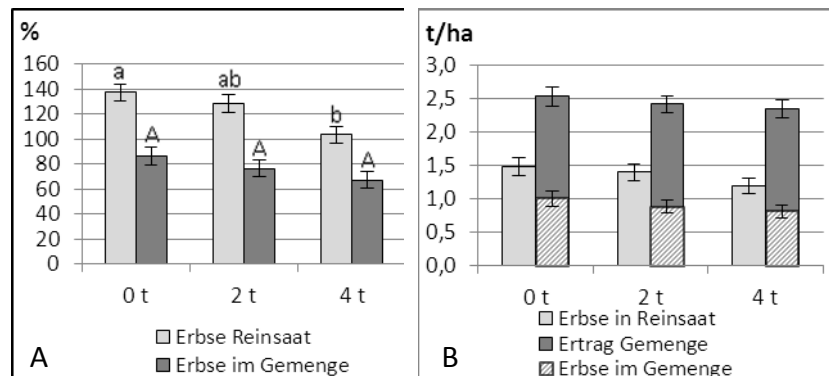


**Abbildung 2:** Luftkapazität der vier Standorte in einer Tiefe von 10 - 15 cm im unbelasteten Zustand (0 t) und nach Überrollung mit 2,6 t und 4,6 t Radlast. Mittelwerte der Jahre 2009 – 2011  $\pm$  SE (n>72). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der einzelnen Standorte (Tukey, p<0.05).

Die Erbsen in Reinsaat reagierten mit deutlichen Ertragseinbußen auf die Belastung: 6 % Minderertrag bei 2,6 t und 19 % bei 4,6 t im Vergleich zur unbelasteten Kontrolle (Abb. 3A). Bei einer Arbeitsbreite von 3 m würde dies einen Ertragsrückgang von

3 % - 8 % pro Hektar bedeuten. Im Anbau mit Hafer zeigte die Erbse ein deutlich niedrigeres Ertragsniveau, aber auch eine weniger ausgeprägte und statistisch nicht signifikante Reaktion auf die Belastung (Abb. 3A).

Obwohl das Ertragsniveau der Erbse im Gemengeanbau niedriger war als in Reinsaat, lag der Gesamtertrag des Gemenges (= Erbse + Hafer) in allen Varianten deutlich über dem der Erbse in Reinsaat (Abb. 3B).



**Abbildung 3: A) Relativer Kornenertrag der Erbse (%) in Reinsaat und im Gemenge im unbelasteten Zustand (0 t) und in den Belastungsvarianten (2,6 t und 4,6 t Radlast). Bezugsgröße ist der mittlere Erbsenertrag der Jahre 2009 – 2011 aller Standorte. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Tukey,  $p < 0.05$ ). B) Absoluter Kornenertrag der Erbse (t/ha) in Reinsaat verglichen mit dem Gesamtertrag des Gemenges und des Erbsenertrags im Gemenge. Mittelwerte  $\pm$  SE der Jahre 2009-2011 aller Standorte ( $n > 72$ ).**

### Diskussion und Schlussfolgerungen

Ein Anbau von Erbse in Reinsaat unter praxisüblicher mechanischer Bodenbelastung bei der Bestellung führte zu deutlichen Ertragseinbußen. Obwohl die Werte der Trockenrohdichte bei 4,6 t Radlast auf allen Standorten in der mittleren Klasse „Ld3“ von 5 lagen, ist nach Renger *et al.* (2008) noch normales Wurzelwachstum möglich ist. Daher ist es beim Erbsenanbau besonders wichtig auf eine gute Bodenstruktur, tragfähige Bodenbedingungen zur Aussaat, einen angepassten Reifenluftdruck und möglichst geringe Radlasten zu achten. Die geringeren Erbsenerträge im Gemenge (bei gleicher Saatstärke wie in Reinsaat) lagen zum einen an einem ungünstigeren Erntezeitpunkt durch die späte Abreife des Hafers, zum anderen vermutlich an der hohen Konkurrenzkraft des Hafers. Durch Verwendung einer schwachwüchsigeren Hafersorte könnte der Erbsenertrag im Gemenge höher ausfallen.

### Literatur

Renger M., Bohne K., Facklam M., Harrach T., Riek W., Schäfer W., Wessolek G., Zacharias S. (2008): Ergebnisse und Vorschläge der DBG-Arbeitsgruppe „Kennwerte des Bodengefüges“ zur Schätzung bodenphysikalischer Kennwerte. In: Bericht 2008.