

Der Boden unter Druck

Abgesenkter Reifeninnendruck begrenzt die Bodenbelastung

Es liegt im Interesse des Landwirts und wird in Deutschland auch vom Gesetzgeber verlangt, dass Landbewirtschaftung bei der Bodennutzung Vorsorgepflicht zu erfüllen und Gefahrenabwehr zu berücksichtigen hat. Nach § 17 BBodSchG gehört die Wahrung der Produktions- (Pflanzenenertrag, Kosten), Regelungs- (Gasaustausch, Infiltration) und Lebensraumfunktionen (Bodenorganismen) des Bodens zu den Grundsätzen „guter fachlicher Praxis“. Demnach ist Bodenschadverdichtung insbesondere im Unterboden vorzubeugen. Für quantitative Handlungsempfehlungen werden drei unterschiedliche Konzepte diskutiert.

Dr. Joachim Brunotte und PD Dr.-Ing. Claus Sommer sind Wissenschaftler am Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL in Braunschweig; e-mail: joachim.brunotte@fal.de
 Prof. Dr. Edmund Isensee leitete das Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der CAU in Kiel. Dr. Peter Weisskopf ist Wissenschaftler an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau „Agroscope FAL Reckenholz“, Zürich/Schweiz.

Schlüsselwörter

Bodenschadverdichtung, -schutz, Reifeninnendruck

Keywords

Soil compaction, soil protection, tyre inflation pressure

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 05318 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Die gestiegene Leistung von Traktoren, Erntemaschinen und Transportfahrzeugen bedeutet Vorteile: Einsparung von Zeit und Kosten, zeitgerechte Nutzung von Schlagkraft auch hinsichtlich des Bodenschutzes. Andererseits bergen höhere Gesamtmassen und Radlasten das Risiko von Bodenschadverdichtung auch in größeren Tiefen, wenn Böden unter feuchten Bedingungen befahren werden.

Es gilt, Indikatoren bereitzustellen, deren Verwendung die Vorsorge gegen Bodenschadverdichtung verbessern ließe [4].

Vor diesem Hintergrund werden derzeit folgende, zum Teil quantitativ konkretisierte Konzepte diskutiert:

- Radlastbegrenzung nach der Vorbelastung
- Degressiv Kontaktflächendruck-bezogene Radlast
- Begrenzung der Bodenbelastung über Richtwerte zum Reifeninnendruck

Grundsätzlicher Zusammenhang zwischen Bodenfunktion und mechanischer Belastung

Der grundsätzliche Zusammenhang zwischen einer zu schützenden Bodenfunktion und den veränderlichen Bodendruck, Kontaktflächendruck und Radlast bis hin

zur maximal zulässigen Radlast ist in einem Nomogramm aufgezeigt (Bild 1).

Im Quadranten A wird das Wurzelwachstum (als Teil der Produktionsfunktion) gewählt, dessen Abhängigkeit vom Bodendruck der Literatur entnommen wird. Als Indikatoren für die Bodenschadverdichtung kommen in Kombination weitere in Betracht: die Luftkapazität (Schwellenwert in Unterböden 5 Vol.-%), die gesättigte Wasserleitfähigkeit (Schwellenwert in Unterböden 10 cm/Tag) und morphologische Bodeneigenschaften [10].

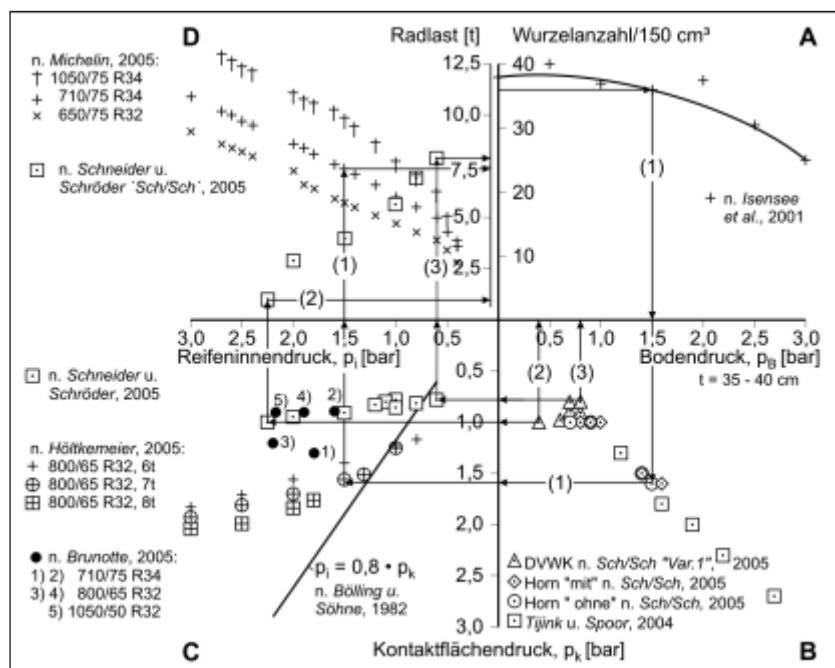
Im Quadranten B steht die Beziehung zwischen dem Bodendruck p_B und dem Kontaktflächendruck (Zielgröße). In der Literatur finden sich dafür theoretische Ansätze und auch Messungen (Bild 1).

Im Quadranten C wird der Kontaktflächendruck p_K (leider meist nur auf fester Fahrbahn ermittelt) auf der Basis von Messwerten, Berechnungen oder Gleichungen mit dem Reifeninnendruck verknüpft. In Bild 1 sind p_K -Messungen auf dem Feld bei unterschiedlichem Reifeninnendruck hinzugefügt [2].

Schließlich sind im Quadranten D für drei Reifen zulässige Radlasten (Zielgröße) in

Bild 1: Nomogramm zur Darstellung des Zusammenhangs Bodenfunktion - Radlast

Fig. 1: Nomogram to describe the relation between soil function - tyre load



Abhängigkeit vom Reifeninnendruck nach Reifentabelle sowie „vertretbare Werte“ nach Schneider und Schröder [12] aufgetragen.

Zur Erläuterung der Zusammenhänge ist in Bild 1 das Beispiel (1) eingezeichnet: das Wurzelwachstum nehme bei 1,5 bar Bodendruck p_B ab, der entsprechende Kontaktflächendruck ist mit 1,6 bar höher; daraus ergibt sich als Reifeninnendruck 1,5 bar, woraus wiederum eine maximal zulässige Radlast für den 710-Reifen von 7,5 t folgt.

Konzepte zur Vorbeugung von Bodenschadverdichtung

Radlastbegrenzung nach der Vorbelastung

Eine Forderung von Bodenkundlern „Begrenzung der Achslasten und Gesamtgewichte“ stützt sich auf das so genannte „Vorbelastungskonzept“ [6]. Aus der Gegenüberstellung von errechnetem Bodendruck und im Labor ermittelter Vorbelastung wird die maximal zulässige Radlast berechnet [7].

Bewertung: Die Validierung der DVWK-Berechnungen unter Feldbedingungen steht aus. Die Radlast wäre in erster Annäherung aus Gesamtmasse und Zahl der Räder zu ermitteln. Jedoch hängen die Folgen erheblich von der aktuellen Bodenfeuchte sowie von der Größe der Kontaktfläche in-situ ab. Beide Faktoren berücksichtigt das Verfahren nicht explizit. Generelle Grenzwerte für die Radlast festzulegen, könnte mit erheblichen Fehleinschätzungen des Verdichtungsrisikos verbunden sein [16]. Daraus folgt, dass mit pauschalen Vorgaben zur Begrenzung der Radlast keine bodenschutzrelevante, praktikable Lösung gegeben wäre.

Degressiv Kontaktflächendruck-bezogene Radlast

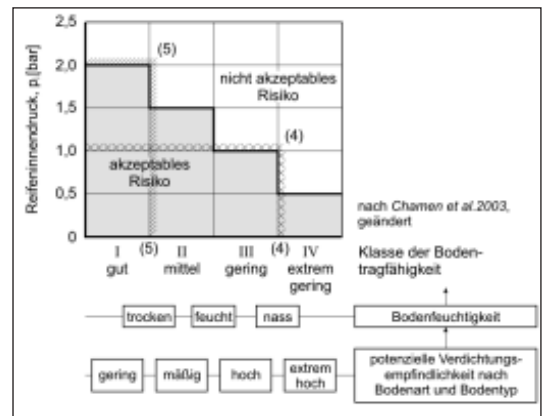
Vorschläge für „degressiv Kontaktflächen-druck-bezogene Radlasten“ auf feuchten Böden machen Schneider und Schröder [12] auf der Basis von Literaturstellen. Feuchte Böden (p_F 2) geringer bis mittlerer Belastbarkeit sollen an der Oberfläche mit maximal 1 bar belastet werden. Als zusätzliches Schutzpotenzial wird eine Reduzierung des Reifeninnendrucks mit zunehmender Radlast vorgeschlagen (Beispiele (2) und (3) im Quadranten D in Bild 1).

Bewertung: Aus der Sicht des praktischen Einsatzes ist zunächst zu fragen, warum für einen Reifen, der mit 0,6 bar Reifeninnendruck 7,8 t Radlast tragen soll (Beispiel (3) im Quadranten D), für Radlasten $<7,8$ t höhere Reifeninnendrucke vorgeschlagen werden - er also etwa für die Radlast 1 t auf ≥ 2 bar aufgepumpt werden sollte (Beispiel (2) im Quadranten D)?

Der Ansatz soll der Forderung einer „überproportionalen Reduzierung des Kontakt-

Bild 2: Schema für die Abhängigkeit des Reifeninnendrucks von der Bodentragfähigkeit

Fig. 2: Scheme for the relation between tyre inflation pressure and soil bearing capacity



flächendrucks bei zunehmender Radlast“ Rechnung tragen. Zwar ist die Kontaktfläche tatsächlich ein wichtiger Parameter für Boden schonende Fahrwerke, jedoch in-situ auf dem Acker sowie in Echtzeit nicht zu ermitteln. Daraus ergibt sich, dass der Vorschlag einer Kontaktflächendruck-bezogenen Belastungsbegrenzung keine praxisrelevante Lösung darstellt, da die Zielgröße im Einsatz auf dem Feld nicht bestimmbar ist.

Begrenzung der Bodenbelastung über Richtwerte zum Reifeninnendruck

Zielführende Indikatoren sind vonnöten; Radlast und Kontaktflächendruck gehören, wie begründet, nicht dazu. Ein Indikatorenvergleich Radlast/Reifeninnendruck ergab, dass der Reifeninnendruck der bessere Indikator ist [13]. Heutige Radialreifen lassen, im Vergleich zu den in der Praxis meist üblichen Werten, sehr niedrige Reifeninnendrucke zu.

Solche werden zur Bodenschonung schon länger vorgeschlagen [15]. Die Absenkung des Reifeninnendrucks lässt die Bodenbelastung im Sinne des Bodenschutzes in zwei Richtungen beeinflussen (Bild 1): der Kontaktflächendruck nimmt ab (s. Quadrant C) und damit auch der Bodendruck (s. Quadrant B) und die maximal zulässige Radlast wird begrenzt (s. Quadrant D). Letzteres ist die Brücke zu den beiden anderen Konzepten.

Allerdings sieht das Konzept „Reifeninnendruck-kontrollierte Bodenbelastung“ zur Umsetzung in der Praxis vor, dass der Reifeninnendruck dem Verdichtungsrisiko des Bodens angepasst wird. Er muss umso niedriger sein, je empfindlicher der Boden ist. Nach dem Vorschlag einer EU-Arbeitsgruppe [5] wird die Empfindlichkeit anhand der bodeneigenen Anfälligkeit für Verdichtung abgeschätzt und um die aktuelle Bodenfeuchte korrigiert.

Vier solchen Klassen werden vier Stufen des Reifeninnendrucks ≤ 2 bar landwirtschaftlicher Radialreifen zugeordnet und dabei „akzeptables Risiko“ von „nicht akzeptablem Risiko“ getrennt (Bild 2).

Der maximale Wert von 2 bar soll berücksichtigen, dass Bodenschutzmaßnahmen wie zum Beispiel konservierende Bodenbearbeitung oder Onland-Pflügen etabliert sind und anerkannt werden.

Wenn auf dem Feld nicht konkret etwas zur potenziellen Verdichtungsempfindlichkeit und zur Bodenfeuchtigkeit (im Unterboden!) gesagt werden kann, werden Richtwerte für den Reifeninnendruck vorgeschlagen [9]: <1 bar (Beispiel (4) in Bild 2) auf lockerer Krume und feuchtem Unterboden (etwa zur Zeitspanne der Bestellung und Gülleausbringung im Frühjahr) und <2 bar (Beispiel 5 in Bild 2) auf abgesetztem und bis in den Krumbasisbereich trockenen Boden (etwa in den Zeitspannen der Ernte im Sommer/Herbst).

Fazit und Ausblick

Von den drei Konzepten zur Konkretisierung von Handlungsempfehlungen gegen Bodenschadverdichtung ist aus fachlichen und praktikablen Gründen Richtwerten zum Reifeninnendruck der Vorzug zu geben. Die zulässige Radlast allgemein festzulegen, würde dem Feldeinsatz und dem Bodenschutz nicht gerecht; eine Kontaktflächen-druck-bezogene Radlastbegrenzung scheitert an der fehlenden Möglichkeit, die Berührungsfläche zwischen Reifen und Boden in praxi zu bestimmen.

Richtwerte zum Reifeninnendruck, die sich an der aktuellen Belastbarkeit des Bodens orientieren (Bild 2), fordern die Landtechnik und die Eigenverantwortlichkeit des Landwirts. Sie haben mehrere Vorteile: einfach zu kontrollieren und mit Reifenreglern zu regeln, korrelieren mit der Tragfähigkeit des Reifens, sind Bodenschutz relevant und ökonomisch vorteilhaft (höhere Triebkraft, geringerer Kraftstoffverbrauch).

Die Darstellung der grundsätzlichen Zusammenhänge in Bild 1 muss noch verfeinert und besser quantifiziert werden.

Als Zukunftsvision wird an der Entwicklung eines Befahrbarkeitssensors gearbeitet.

Dank

Die Autoren danken Herrn Dr. F. G. J. Tjink, Institute of Sugar Beet Research, Bergen op Zoom, Niederlande, für wertvolle Diskussionen.