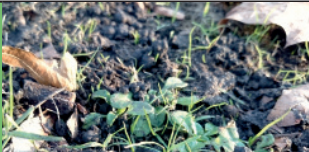
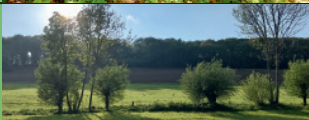


Bestimmungsschlüssel zur Diagnose von Bodenschadverdichtung auf urbanen Standorten (in Anlehnung an Weyer & Boeddinghaus 2009)

einfache fachlich qualifizierte Inaugenseinnahme (= Regelkontrolle)	Merkmale		keine Verdichtung		mittelstarke Verdichtung		starke Verdichtung						
	Struktur der Bodenoberfläche		krümelige Struktur erkennbar, hoher Anteil an Regenwurmlosung, offensichtliche biologische Aktivität (Mäuse, Maulwürfe, Regenwürmer), keine Spuren von Befahrung oder Betretung erkennbar				keine ausgeprägte Oberflächenstruktur erkennbar, Regenwurmlosung abnehmend, leichte, kurzfristige Pfützenbildung, einzelne Fahrspuren erkennbar				Verschlämmung, Pfützenbildung, dadurch ggf. hellgraue bis hellbraune Verfärbung der Oberfläche, Fäulnisgeruch, grüne Farbe durch Algenbildung, Bodenstruktur ist durch starke Nutzung zerstört		
	Qualität des Unterwuchses		üppig				lückig				nicht vorhanden		
	Zeigerpflanzen für Bodenstruktur		dem Standort angepasstes Artenspektrum								z. B. Breitwegerich, Weiß-Klee, Kahles Bruchkraut, Niederliegendes Mastkraut, Vogelknöterich		
	Verursacher		keine Verursacher								Autos, Baumaschinen, Festzelt, hohes Besucheraufkommen, schwere Auflasten		
	an der Oberfläche streichende Wurzeln		keine/kaum an der Oberfläche streichende Wurzeln								sichtbar an der Oberfläche streichende Wurzeln vorhanden		
	Eindringwiderstand		bis mind. 30 cm gering								hoch		
intensive fachlich qualifizierte Inaugenseinnahme mit einfachen technischen Hilfsmitteln (Durchführung, wenn die Zeichen eines erhaltenen Baumes auf ein Problem hindeuten)	Wurzelwachstum		gleichmäßiges Wurzelnetz mit vielen feinen Wurzeln, die den Boden durchziehen, und senkrecht in die Tiefe verlaufende Pfahlwurzeln				Wurzelwachstum vorwiegend entlang der Aggregatoberfläche, grobes Netz, Wurzeln teilweise abgeplattet				Wurzelwachstum fast ausschließlich in Gängen und Rissen, Wurzeln sind gröber, teilweise Seiten- statt Tiefenwachstum		
	Bodengeruch		erdig								faulig nach Schwefelwasserstoff (ähnlich faulen Eiern)		
	Verformungs-schadens-schlüssel nach Gaertig et al. 2000	Bodenfarbe		gleichmäßige, bräunliche Färbung der Bodenschicht, teilweise sehr dunkel durch hohen Humusgehalt				bis stecknadelkopfgroße Bleichzonen und Rostflecken				deutliche Marmorierung, größere Bereiche gebleicht und oxidiert	
		Bodengefüge		krümelig, Krümelanteil 75-100 %				kohärent, einzelne krümelige Anteile (Krümelanteil 10-25 %)				keine Krümel, vollständig kohärent, plattig oder schiefrig	
	Effektive Lagerungsdichte (Ld)		sehr gering (Ld 1: < 1,3) Probe zerfällt schon bei der Probenahme, sehr viele Grobporen sichtbar				mittel (Ld 3: 1,55–1,75) Ein Messer ist mit wenig Kraft in den Boden zu drücken, Probe zerfällt in wenige Bruchstücke, die von Hand weiter zerteilt werden können				sehr hoch (Ld 5: > 1,95) Messer nur sehr schwer in den Boden zu treiben, Probe zerfällt kaum (außer Sande)		
	Makroporenanteil		hoch 5-10 % der Fläche, auffallend viele Regenwurmgänge und Wurzelgänge				mittel 2-5 % der Fläche, Anzahl der Regenwurmgänge und andere Makroporen verringert				gering 1-2 % der Fläche, nur vereinzelt alte Wurzelgänge, Regenwurmgänge selten		

Erläuterungen zu einigen Merkmalen

Zeigerpflanzen
Unter Zeigerpflanzen werden Arten verstanden, deren Vorkommen eine spezifische Beschaffenheit des Standortes kundtut. Viele Pflanzen zeigen die spezielle Ausprägung mehrerer Faktoren an (z. B. Feuchte- und Basenzeiger). Zeigerpflanzen für gute Durchlüftung wurden bislang kaum herausgearbeitet. Eine gute Durchlüftung des Bodens ist eine Grundvoraussetzung für die meisten Pflanzenarten. Zeigerpflanzen für Verdichtung sind häufig Nässezeiger, Arten der Trittrasengesellschaft und Arten der kurzlebigen Trittfluren.
Verursacher
Wenn die Verursacher von Bodenschadverdichtung vor Ort angetroffen werden, sind neben deren Gewicht, Intensität und Bewegungsart die Bodenfeuchte und die Größe der Bereifung von Fahrzeugen für die Beurteilung des verursachten Schadens von Bedeutung. Pauschal gesagt: Je feuchter der Boden, je höher das Gewicht und je geringer die Lastenverteilung (z. B. schmale Reifen) sind, desto größer ist der Schaden am Boden.
An der Oberfläche streichende Wurzeln
Bodenverdichtung kann die Ausbildung oberflächlich streichender Wurzeln begünstigen und somit ein Hinweis darauf sein, dass der Boden nicht tiefgründig erschließbar ist. Aber es gibt auch Arten, die genetisch bedingt ein oberflächennahes Wurzelsystem ausbilden, wie z. B. Ahornblättrige Platane und Silber-Ahorn.
Eindringwiderstand des Bodens
Drücken Sie Ihren Sondierstab senkrecht, langsam und gleichmäßig in den Boden. Hierbei können die unterschiedlichen Widerstände in der Tiefe erspürt werden. Je höher der benötigte Kraftaufwand ist um die Sonde in den Boden zu drücken, desto dichter ist der Boden in der entsprechenden Tiefe gelagert. Bei gleicher Bodenart hat ein feuchter Boden einen geringeren Eindringwiderstand als ein trockener Boden. Trockener Boden kann Verdichtung vortäuschen. Daher sollten Eindringwiderstandsmessungen mit Sonden bei steifer Bodenkonsistenz (80-100 % Feldkapazität) durchgeführt werden, was meist ca. 2 Tage nach längeren Regenperioden der Fall ist. Der Eindringwiderstand hängt neben der Feuchtigkeit auch von der Bodenart ab. Ein hoher Grobbodenanteil kann Verdichtung vortäuschen. Ein hoher Anteil von Steinen kann eine Messung unmöglich machen. Da es sich um eine punktuelle Messung handelt, müssen mehrere Einstiche zur Gewährleistung einer repräsentativen Aussage in einem Areal gemacht werden. Von großem Nutzen ist die Messung einer Referenzfläche, um ein Gefühl für den Eindringwiderstand bei gegebener Bodenfeuchte zu bekommen. 
Bodenfeuchte
Die Bodenfeuchte hat Einfluss auf verschiedene Merkmale zur Bestimmung der Bodenschadverdichtung. Sie kann im Feld indirekt über die Färbung und Konsistenz geschätzt werden. • Bodenfarbe dunkelt bei Wasserzugabe nach: Wasserspannung > 2,7 pF: trocken bis schwach feucht • Boden knetbar, Finger werden feucht: Wasserspannung 1,4-2,7 pF: feucht bis sehr feucht • Konsistenz breiig, quillt beim Pressen zwischen den Fingern durch; bei nicht bindigen Böden durch Klopfen am Bohrer deutlicher Wasseraustritt: Wasserspannung: < 1,4 pF: nass

Bodenfarbe
Die Bodenfarbe wird durch natürliche und geogene Vorgänge hervorgerufen. Stau- und Grundwassereinfluss führen zusätzlich zu einer mehr oder weniger starken kontrastreichen Scheckung des Bodens, den Redoximorphie-merkmalen. Diese sind gekennzeichnet durch Bleichzonen, Rostflecken und schwarze Mangankonkretionen. Bodenschadverdichtungen wirken sich erheblich auf den Wasserhaushalt des Bodens aus und können so Redoximorphie-merkmale hervorrufen.
Bodengefüge
Stechen Sie mit dem Spaten einen rechtwinkligen Bodenmonolithen aus der zu untersuchenden Bodentiefe. Lassen Sie den Monolithen aus ca. 1 m Höhe auf eine harte, ebene Oberfläche fallen (z. B. Brett, Bodenoberfläche). Die entstandenen Bruchstücke können Sie nun anhand der Beschreibung auf der vorherigen Doppelseite den entsprechenden Gefügeformen zuordnen. Krümelfüge: Entstehung durch biologische Aktivität (Regenwürmer); besteht aus mehr oder weniger rundlichen Aggregaten zusammengeballter Bodenteilchen mit sehr rauer Oberfläche. Kohärentgefüge: Die Bodenteilchen bilden eine zusammenhaftende, nicht gegliederte Bodenmasse, deren Bestandteile meist miteinander verklebt sind. Plattengefüge: Besteht aus plattigen Bodenaggregaten mit meist horizontal liegenden Grenzflächen. Das Plattengefüge entsteht oft durch mechanische Verdichtung.
Makroporenanteil
Legen Sie mit dem Spaten oder einem Spachtel eine waagerechte, ca. 10 x 10 cm große Fläche in der zu untersuchenden Tiefe frei. Auf dieser Fläche schätzen Sie nun die Anzahl der mit bloßem Auge sichtbaren Poren. Poren mit einem Durchmesser von 0,2 bis 0,05 mm sind mit bloßem Auge nicht sichtbar. Sie sind im Unterboden jedoch von besonderer Bedeutung. Bei Verdacht auf eine Bodenschadverdichtung sollte daher zusätzlich eine Laboranalyse durchgeführt werden.
Verformungsschadensdreieck nach Gaertig et al. (2000)
Belüftungsstörungen im Boden werden insbesondere vom Krümelanteil des Oberbodens und durch die Ausprägung der Redoximorphie-merkmale angezeigt. Basierend auf dem Krümelanteil in der Bodenprobe und den Redoximorphie-merkmalen entwickelten Gaertig et al. (2000) einen Dreiecksschlüssel, um Verformungsschäden zu diagnostizieren. Aus dem Oberboden wird mit Hilfe eines Spatens eine Bodenprobe entnommen. Daran wird die Gefügeform bestimmt und an der Vertikalen des Dreiecks abgetragen. Im nächsten Schritt wird die Bodenprobe auf die Redoximorphie-merkmale, Rostflecken und Bleichzonen untersucht. Die Ergebnisse werden ebenfalls auf dem Dreieck abgetragen. Die Farbe des Zielbereiches kennzeichnet das Ausmaß des Verformungsschadens. Zusätzlich ist jeder Bereich des Dreiecks mit Ziffern versehen, die Aufschluss über die Ausprägungsform der einzelnen Merkmale geben. Die erste Ziffer zeigt die Gefügeform an, die zweite Ziffer die Ausprägung der Rostflecken und die dritte Ziffer die Größe der Bleichzonen. 