Abschätzung des Verdichtungsrisikos der landwirtschaftlich genutzten Böden in der Urner Reussebene

1 Beurteilung des Bodenverdichtungsrisikos

1.1 Einleitung

Die landwirtschaftlich genutzten Böden der Urner Reussebene weisen aktuell kaum Verdichtungsmerkmale auf, die auf unsachgemässe landwirtschaftliche Bewirtschaftung hinweisen würden. Auf weiten Teilen der Urner Reussebene besteht aufgrund der leichten bis mittelschweren Böden nur ein geringes Verdichtungsrisiko. Zudem wird im Kanton Uri nur marginal Ackerbau, sondern fast ausschliesslich Futterbau betrieben. Die beim Futterbau dauerhaft geschlossene Vegetationsdecke schützt den Boden ebenfalls vor Schadverdichtung. Generell werden aber in der Landwirtschaft immer schwerere Maschinen verwendet. Der Einsatz von schweren Maschinen auf nassen Böden kann zu Bodenverdichtungen (Verdichtungen im Oberboden, Schadverdichtungen im Unterboden) führen. Damit wird die Bodenfruchtbarkeit langfristig gefährdet und die Ertragsfähigkeit der Böden vermindert. Nachfolgend wird dargestellt, wie die Verdichtungsgefährdung der Böden in der Urner Reussebene einfach ermittelt und mit welchen Massnahmen das Verdichtungsrisiko vermindert werden kann. Damit soll ein Beitrag zur Vermeidung von Bodenverdichtungen geleistet werden.

1.2 Grundlagen

Anhand des webbasierten, online zugänglichen «Terranimo-Models» [4] kann das Bodenverdichtungsrisiko abgeschätzt werden (Terranimo light-Modell für das rasche, einfache Abschätzen und Terranimo expert-Modell für das differenzierte, genauere Ermitteln des Risikos). Die Beurteilung der Verdichtungsrisikos (Verdichtungsgefährdung) der Böden in der Urner Reussebene basiert auf dem Terranimo light-Modell.

[1] Landtechnik 69(3) 2014: Terranimo - ein webbasiertes Modell zur Abschätzung des Bodenverdichtungsrisikos.
[2] BAFU und BLW 2013: Bodenschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft.
[3] Agridea 2014: Bodenverdichtung vermeiden - so funktioniert's (Merkblatt)
[4] www.terranimo.ch

1.3 Verdichtungsgefährdung gemäss Terranimo-Modell

Die Vollzugshilfe des Bunds «Bodenschutz in der Landwirtschaft» [2] stützt sich für die Beurteilung der Verdichtungsgefährdung auf das Terranimo-Modell ab. Dem Bodendruck (mit landwirtschaftlichen Maschinen erzeugte Bodenbelastung) wird die Bodenfestigkeit gegenübergestellt. Je höher die Bodenfestigkeit (Widerstandfähigkeit des Bodens) und je geringer der Bodendruck, desto geringer ist das Verdichtungsrisiko. Das Risiko der Bodenverdichtung wird in drei Kategorien unterteilt.

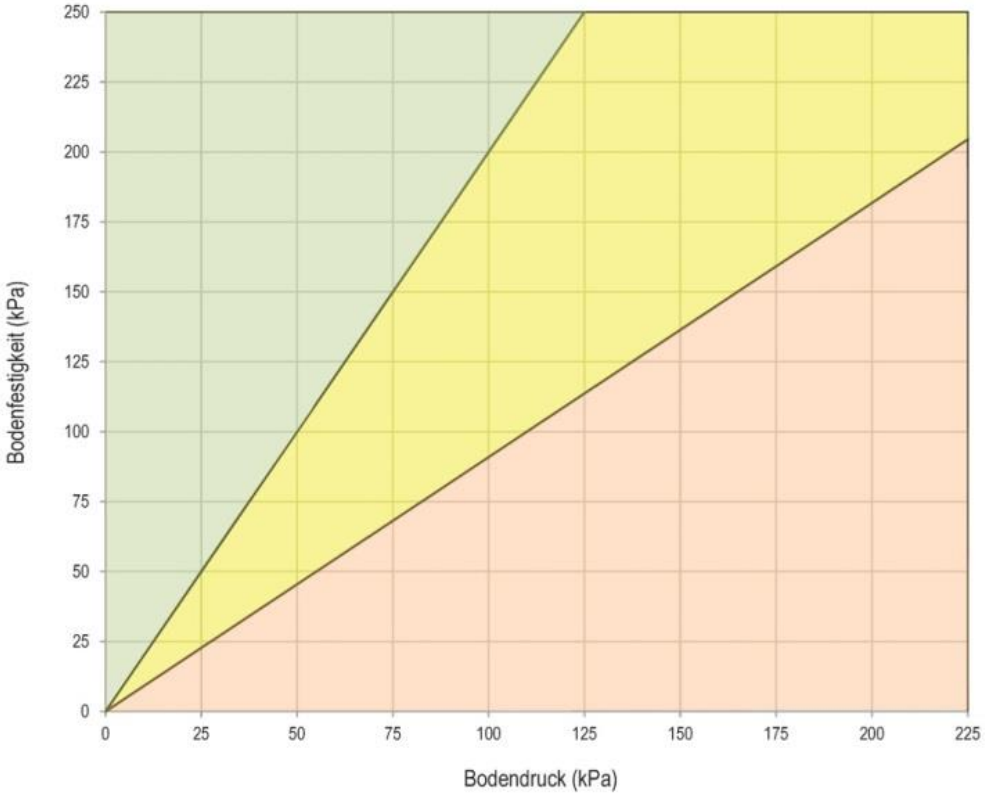


Abbildung 1: Verdichtungsgefährdung nach Terranimo-Modell

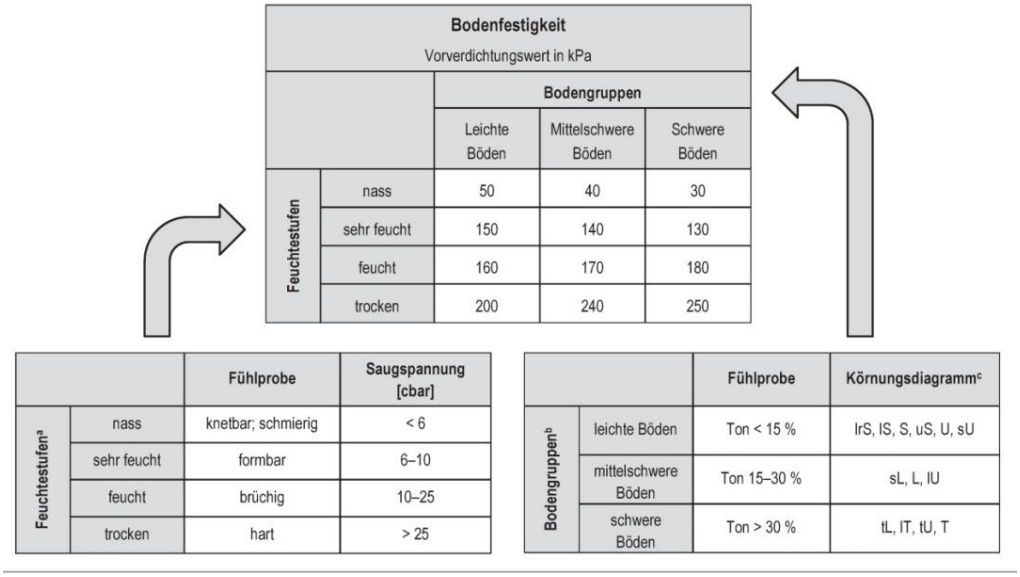
Legende
Grüner Bereich: keine Verdichtungsgefährdung
Gelber Bereich: Verdichtungsgefährdung vorhanden; kritischer Übergangsbereich
Roter Bereich: sehr hohes Verdichtungsrisiko; Verdichtungen, besonders im Unterboden, sind zu erwarten

Der Bodendruck (Bodenbelastung) wird anhand der Kennwerte Radlast und Reifendruck bestimmt, die Bodenfestigkeit anhand der Bodenfeuchtigkeit und dem Tongehalt.

2 Bodenfestigkeit

2.1 Kriterien (Terranimo light-Model) für die Bodenfestigkeit

Die Bodenfestigkeit wird als Funktion von Saugspannung und Tongehalt beschrieben (siehe Abbildung 2). Je feuchter und je schwerer der Boden, umso geringer ist die Bodenfestigkeit.



Bodenfestigkeit
Vorverdichtungswert in kPa

Feuchtestufen	Bodengruppen: Leichte Böden	Mittelschwere Böden	Schwere Böden
nass	50	40	30
sehr feucht	150	140	130
feucht	160	170	180
trocken	200	240	250

Feuchtestufen[a]	Fühlprobe	Saugspannung [cbar]
nass	knetbar; schmierig	< 6
sehr feucht	formbar	6–10
feucht	brüchig	10–25
trocken	hart	> 25

Bodengruppen[b]	Fühlprobe	Körnungsdiagramm[c]
leichte Böden	Ton < 15 %	lrS, lS, S, uS, U, sU
mittelschwere Böden	Ton 15–30 %	sL, L, lU
schwere Böden	Ton > 30 %	tL, lT, tU, T

Abbildung 2: Abschätzen der Bodenfestigkeit (Grundlage: Terranimo light [2])

2.2 Werte der Bodenfestigkeit für die Urner Reussebene (Böden)

Der überwiegende Teil der Böden der Urner Reussebene (alluviale Ebenen entlang der Reuss zwischen Amsteg und dem Reussdelta bei Flüelen sowie die unteren Lagen der grösseren Bachschuttfächer von Silenen, Erstfeld, Attinghausen, Altdorf und Seedorf) sind als leichte bis mittelschwere Böden zu klassieren (Grundlagen aus Bodenkarte der Urner Reussebene sowie aus vielen projektspezifischen Bodenbeschreibungen). Für die Ermittlung der Bodenfestigkeit werden daher vereinfacht die Mittelwerte zwischen leichten und mittelschweren Böden verwendet (Tabelle 1).

Bodenfeuchtigkeit	Saugspannung	Bodenzustand	Bodenfestigkeit [kPa]
nass	< 6 cbar	knetbar, schmierig	45
sehr feucht	6 - 10 cbar	formbar	145
feucht	10 - 25 cbar	brüchig	165
trocken	> 25 cbar	hart	220

Tabelle 1: Festigkeit der Böden der Urner Reussebene in Abhängigkeit der Bodenfeuchtigkeit (vereinfacht)

2.3 Werte der Bodenfeuchtigkeit

Die Bodenfeuchtigkeit (Saugspannungswerte in Centibar [cbar]) wird mit Tensiometern gemessen. Für genaue, parzellen- bzw. betriebsspezifische Saugspannungswerte ist die Bodenfeuchtigkeit vor Ort mit Tensiometern zu messen. Die Bodenfeuchte-Messstation in Erstfeld (www.boden-uri.ch) gibt die aktuellen Saugspannungswerte (online abrufbar) für einen bezüglich Bodenfeuchte durchschnittlichen Boden der Urner Reussebene wieder. Es werden die Saugspannungswerte in 35 cm Bodentiefe berücksichtigt.

3 Bodendruck (Bodenbelastung)

Der Bodendruck wird aufgrund der Radlast und des Reifendrucks berechnet. Geringe Radlasten und tiefe Reifeninnendrucke verkleinern das Verdichtungsrisiko. Die folgende Tabelle 2 (Terranimo light [2]) zeigt für typische Maschinenkonstellationen (typische Arbeitsgänge bzw. Fahrzeuge) anhand der maximalen Radlast und des Reifeninnendruckes den Bodendruck (kPa) in 35 cm Bodentiefe an.

Tabelle 2: Abschätzen des kritischen Bodendruckes (gemäss [2])
Typische Maschinenkonstellationen, Radlasten und Bodendrücke (voll beladene Maschinen, Anbaugeräte angehoben)

Zeitpunkt	Vorgang	Fahrzeug	Bereifung	max. Radlast (kg)	Reifeninnendruck (bar)	Bodendruck (kPa, 35 cm)
ganzes Jahr	Traktor	klein (75 kW)	540/65R34	1500	1.0	80
		mittel (100 kW)	600/65R38	2250	1.0	86
		gross (170 kW)	650/65R42	3000	1.0	92
	Güllen	Güllefass klein (6 m³)	650/65R30.5	3500	1.5	118
		Güllefass mittel (8 m³)	750/60R30.5	5000	2.0	146
		Güllefass gross mit Tandemachse (12 m³)	600/55-26.5	3500	2.0	134
	Mist streuen	Dungstreuer 6 t Zulandung 1-achsig	500/50-20	4500	4.0	180
		Universalstreuer 12 t Zulandung, Tandemachse	580/65R22.5	4000	2.0	138
	Dünger streuen	Traktor klein mit Anbaustreuer 2000 l	420/85R34	3500	2.0	134
	Spritzen	Traktor klein mit Anbauspritze 1000 l	420/85R34	2500	2.0	126
	Pflügen	Traktor mittel, 4-Schar Pflug konventionell[a]	600/65R38	4000	2.0	200
		Traktor mittel, 4-Schar Pflug Onland	600/65R38	3500	1.2	106
	Grubbern	Traktor mittel mit Grubber 2.5 m	600/65R38	3500	1.2	106
		Traktor gross mit Grubber 3 m	650/65R42	4500	1.5	126
	Eggen und Säen	Traktor gross mit Säkombination 3 m	650/65R42	4500	1.5	126
	Futter einführen	Ladewagen klein (15 m³)	380/55-17	2000	2.5	134
		Ladewagen mittel (25 m³)	480/45-17	3500	3.5	165
		Ladewagen gross mit Tandemachse (40 m³)	480/45-17	3000	3.0	152
	Silage bergen	Silierwagen mittel 2-achsig (25 m³)	480/45-17	4000	4.0	176
		Silierwagen gross Tandemachse (45 m³)	600/50R22.5	4500	2.5	154
	Ballen pressen	Ballenpresse gross 1-achsig	28L-26	5000	2.0	146
		Ballenpresse gross Tandemachse	500/55-20	2500	2.0	126
Sommer	Dreschen	Mähdrescher klein (3–4 m)	620/75R26	4000	2.5	150
		Mähdrescher mittel (4–5 m)	680/85R32	5000	2.5	158
		Mähdrescher gross (5–7 m)	680/85R32	7000	3.0	184
	Kartoffelernte	Vollernter gezogen 1-reihig (Bunker 2000 kg)	16.0/70-20	3000	2.5	142
Herbst	Maisernte	Selbstfahrhäcksler mittel (4–6 Reihen)	650/75R32	4500	2.0	142
		Selbstfahrhäcksler gross (8 Reihen)	900/55R32	6000	2.0	154
		Mähdrescher gross (6 m)	680/85R32	7000	3.0	184
	Zuckerrübenernte	gezogen 2-reihig	700/50-26.5	6000	1.5	138
		Selbstfahrer 6-reihig	1050/50R32	11 000	2.5	206

[a] Rad fährt in der Furche, Bodendruck entspricht ungefähr dem Reifeninnendruck.

4 Bestimmung der Verdichtungsgefährdung

Die Werte der Bodenfestigkeit und des Bodendrucks (Belastung) werden in das Entscheidungsdiagramm (Abbildung 1) eingetragen und die Verdichtungsgefährdung wird abgelesen.

5 Massnahmen zur Vermeidung von Verdichtungen

Da die Verdichtungsgefährdung lokal aufgrund unterschiedlicher Bodenverhältnisse variieren kann, sind die lokalen Standortbedingungen bei der Betriebsplanung bezüglich Verdichtungsgefährdung genügend zu gewichten (Beispiel: Maisanbau nur auf wenig verdichtungsgefährdeten Böden).

Beim Zusammensetzen des Maschinenparks (Betriebsplanung) ist den bodenschonenden Maschinen der Vorzug zu geben.

Das Verdichtungsrisiko kann mit Herabsetzung des Reifeninndrucks, mit der Montage von Doppelrädern oder generell mit dem Einsatz von leichteren Maschinen mit geringem Bodendrücken reduziert werden.

Je trockener der Boden beim Befahren ist, desto geringer ist das Verdichtungsrisiko.

Bei hoher Verdichtungsgefährdung (roter Bereich) ist generell auf das Befahren des Bodens zu verzichten. Allenfalls kann mit oben erwähnten Massnahmen das Verdichtungsrisiko auf die Stufe gelb herabgesetzt werden.

Im gelben Bereich ist mit oben erwähnten Massnahmen die Verdichtungsgefährdung soweit möglich zu reduzieren.

Die Wirkung von einzelnen maschinenseitigen Entlastungsmassnahmen, zum Beispiel Reduktion des Reifendruckes, kann unter www.terranimo.ch mit dem Modell «Terranimo expert» beurteilt werden.

Hans Pfister, Pfister Terra GmbH
Harry Ilg, Amt für Umweltschutz Uri, in Zusammenarbeit mit Amt für Landwirtschaft Uri

Altdorf, im Dezember 2015