

Luzerner Waldböden: Verdichtungsrisiko durch Befahren

Giswil, 09. Januar 2006

UTAS AG

Büro für Landschaft, Natur und Siedlung
Brünigstr. 64, 6074 Giswil



Tel. 041/675 26 60
Fax 041/675 26 26
E-mail: utas@bluewin.ch

Beat von Wyl, dipl. Biologe SVU

Auftraggeber: Kanton Luzern
Dienststelle Landwirtschaft und Wald lawa
Centralstrasse 33, Postfach
6210 Sursee

Auftragnehmer: UTAS AG, Büro für Landschaft, Natur und Siedlung
Brünigstrasse 64
6074 Giswil

Sachbearbeiter: Beat von Wyl, dipl. Biologe SVU

Auftrag: Einteilung der Waldgesellschaften des Kantons Luzern in verschiedene Empfindlichkeitsstufen in Bezug auf das Verdichtungsrisiko durch Befahren

1. Ausgangslage

1.1. Waldfunktionen und Bodenverdichtung

Die vielfältigen Waldfunktionen werden vorwiegend durch das Baumwachstum sichergestellt. Die Bäume sind durch ihr Wurzelwerk im Boden verankert und nehmen von dort Nährstoffe und Wasser auf. Die einzelnen Baumarten besitzen unterschiedliche Fähigkeiten, verschiedene Bodentypen zu durchwurzeln. In naturnahen Waldbeständen wird jeder Boden von den jeweils geeigneten Baumarten besiedelt.

Die Verdichtung von Böden bewirkt in der Regel ein erschwertes Wachstum der Bäume. In der Anwuchsphase wirken sich derartige Störungen besonders stark aus. Werden Verjüngung und Wachstum der Bäume beeinträchtigt, so können die Waldfunktionen nur mehr in reduziertem Masse erfüllt werden. Zentrale Bereiche werden negativ beeinflusst: der Zuwachs und die Qualität des Holzes, die Standfestigkeit der Bäume, die biologische Entwässerung, die Stabilität der Waldbestände. Es besteht deshalb ein sehr grosses öffentliches Interesse daran, dass die Waldböden nicht verdichtet werden. Dies tangiert in erster Linie die Eigentümer des Waldes, aber ebenso die Öffentlichkeit.

1.2. Ursachen der Bodenverdichtung

Böden können durch mechanischen Druck von oben verdichtet werden. Durch die heutige mechanisierte Holzernte werden Waldbestände mehr und mehr von schweren Erntemaschinen befahren. Diese verdichten das Bodengefüge zum Teil massiv, vor allem im Bereich der Fahrspuren. Durch Schleifspuren von Holzstämmen kann die Wirkung verstärkt werden.

Verdichtete Waldböden können in bestimmtem Masse durch die biologische Aktivität der Bodenlebewesen bzw. durch eine gute Durchwurzelung wieder verbessert werden. Durch eine ungünstige Baumartenwahl, insbesondere durch einseitige Fichtenkulturen, fällt diese Wirkung weitgehend aus. In Fichtenbeständen führt die versauernde Nadelstreu zu einer Reduktion der Bodenlebewesen, zudem beschränkt sich die Durchwurzelung oft auf wenige Dezimeter der obersten Bodenschichten. Tiefere Bodenschichten werden biologisch nicht mehr bearbeitet und ‚sacken‘ zusammen. Der vorliegende Bericht konzentriert sich auf die Verdichtung durch die Holzernte.

1.3. Bodenverdichtung im neuen Waldgesetz des Bundes

Die zunehmende Bodenverdichtung bildet auch in der laufenden Revision des Bundesgesetzes über den Wald (Waldgesetz) ein wichtiges Element. Der Schutz des Bodens vor Verdichtung wird von den meisten Akteuren als wichtiges Ziel postuliert. Auf welche Art diese Verdichtung vermieden werden kann, ist aber noch ungeklärt. Die Verknüpfung der Waldgesellschaften mit deren Anfälligkeit auf Verdichtung verspricht flächendeckend zuverlässige Aussagen.

1.4. Aufgabenstellung

Die Waldgesellschaften des Kantons Luzern sollen in fünf verschiedene Risikostufen eingeteilt werden. Die entsprechende Klassierung des Kantons Thurgau soll dabei als Anhaltspunkt dienen. Gemäss Kartierung (VON WYL et al, 2003) wurden im Kanton Luzern insgesamt 121 Waldgesellschaften kartiert. Vier davon wurden im Verlaufe der Kartierung aus der Liste entfernt und andern Gesellschaften zugeordnet, so dass schlussendlich 117 offizielle Einheiten definiert und beschrieben sind. All diese Einheiten sollen einer Risikostufe zugeordnet werden.

2. Methode

2.1. Verfügbare Daten

Die Verdichtung von Waldböden durch Forstfahrzeuge wird seit vielen Jahren diskutiert. An der Forschungsanstalt WSL werden Versuche durchgeführt und Praxisempfehlungen erarbeitet. In der dreibändigen Publikation ‚Waldböden der Schweiz‘ sind bisher 2 Bände erschienen (WALTHERT et al, 2004; BLASER et al., 2005), die sich geografisch auf den Jura, bzw. die Alpen und die Alpensüdseite beziehen. Zu den beschriebenen Profilen werden explizit Aussagen zur Befahrbarkeit gemacht. Diese bilden gutachtliche Beurteilungen auf Grund von präzisen Bodenanalysen, insbesondere der Körnung.

Eine systematische Versuchsanordnung, die die Auswirkungen des Befahrens verschiedener Waldstandorte untersuchen sollte, wäre extrem aufwändig und ist in absehbarer Zeit nicht zu erwarten. Die Korrelation zwischen der Körnung des Bodens und dessen Anfälligkeit auf Verdichtungen ist jedoch relativ gut. Dies zeigt sich auf Grund vieler Einzelbeobachtungen geschädigter Standorte. Deren unbelasteter Zustand kann in der Regel durch die Analyse direkt angrenzender Flächen gut abgeschätzt werden.

Insgesamt kann die vorliegende Beurteilung klar charakterisiert werden: Es handelt sich um eine gutachtliche Bewertung der einzelnen Waldgesellschaften, die sich auf umfangreiche bodenphysikalische Kenntnisse und viele direkte Beobachtungen im Gelände abstützt. Direkte Versuchsergebnisse hingegen sind nicht verfügbar.

2.2. Eingrenzung und Präzisierung

Angesichts der voraussichtlich breiten Anwendung der vorliegenden Beurteilung ist es unerlässlich, den inhaltlichen Rahmen der Aussagen präzise zu beschreiben. Welche Aspekte werden berücksichtigt, welche nicht?

2.2.1. Wassergehalt des Bodens

Je nach Wassergehalt reagiert ein bestimmter Waldboden auf eine mögliche Verdichtung sehr unterschiedlich. Dieser sehr wichtige Faktor wirkt sich je nach Bodentyp aber unterschiedlich stark aus. In einem reinen Skelettboden bleibt der Wassergehalt ohne Wirkung auf die Verdichtung, die aktuellen Niederschläge sind bedeutungslos. Sehr schwere Böden hingegen sind fast immer wassergesättigt und deshalb meist nicht befahrbar, unabhängig von der Niederschlagsituation. Am stärksten von den Niederschlägen der vorangegangenen Wochen sind Böden mittlerer Feuchtigkeit beeinflusst. Ihre Anfälligkeit auf Verdichtung nimmt bei zunehmender Abtrocknung stark ab.

Das Spektrum der Niederschläge innerhalb des Kantons spielt neben den Bodeneigenschaften eine bedeutende Rolle. Mit Jahresniederschlägen zwischen knapp 1000 mm im nördlichen Mittelland und über 2000 mm in hohen Berglagen werden relativ hohe durchschnittliche Werte erreicht. Das Schwergewicht liegt im Sommerhalbjahr. Dies hat zur Folge, dass selten längere Trockenperioden vorkommen.

In der vorliegenden Untersuchung wird der aktuelle Feuchtigkeitsgehalt des Bodens in direkter Form nicht berücksichtigt, da dieser einer laufender Veränderung unterworfen ist. Allerdings wird in den Erläuterungen darauf hingewiesen, ob das Verdichtungsrisiko bei unterschiedlicher Bodenfeuchte stark variiert.

2.2.2. Böden mit organischer Auflage

Die organische Auflage eines Bodens kann ein sehr unterschiedliches Ausmass annehmen. Geringe Auflagen werden als Moder bezeichnet und umfassen maximal 15 cm des Bodenprofils. Stärkere Auflagen, die durch extreme Bodensäure verursacht werden, bilden oft einen eigentlichen Rohhumus, der meist eine Mächtigkeit von 10 – 30 cm aufweist. Noch stärkere Auflagen entstehen durch dauernde Wassersättigung in extrem sauren Verhältnissen. Dabei bildet sich eigentlicher Torf, mit Mächtigkeiten bis über 1 Meter.

Die organische Auflage bildet einerseits einen mechanischen Schutz gegen die Verdichtung des Unterbodens. Andererseits ist er selbst der Verdichtungswirkung unterworfen. Unsere Beurteilung beschreibt lediglich die Verdichtung des Unterbodens. Die Beeinflussung oder gar Schädigung des Oberbodens wird nicht berücksichtigt, obwohl sich hier der grösste Teil der Baumwurzeln befindet.

Indirekt hat die organische Auflage auf die Beurteilung zwei entgegengesetzte Wirkungen. Einerseits bildet sie gegenüber der Verdichtung des Unterbodens einen gewissen Schutz. Dies wirkt sich am stärksten bei deutlich sauren und nassen Böden aus (26c, 29Ls). Andererseits entsteht die Auflage durch die sehr schwache Aktivität der Bodenlebewesen, was die Regenerationsfähigkeit nach einer Verdichtung stark vermindert. In stark sauren Böden bleibt die Wirkung einer Bodenverdichtung oft über Jahrzehnte spürbar. Böden mit organischer Auflage werden daher strenger bewertet als ähnliche Böden mit belebtem Oberboden.

2.3. Kriterien der Beurteilung

2.3.1. Skelett und Körnung der Feinerde

Das Skelett umfasst die groben und festen Bestandteile des Bodens bis zu einem Durchmesser von 2 mm. Stark skeletthaltige Böden können nicht verdichtet werden. Sind jedoch bloss einzelne Skelettstücke in einer Feinerde reichen Boden eingestreut, so kann dieser trotzdem verdichtet werden. Skelett reiche Böden finden wir im Kanton Luzern vor allem im Auflandungsbereich von Gebirgsbächen (Auen) sowie in Schutthängen.

Die Körnung der Feinerde bestimmt das Verdichtungsrisiko durch Befahren in den meisten Fällen. Die Unterteilung der Feinerde in die verschiedenen Fraktionen bildet die zentrale Grundlage für die Beurteilung des Verdichtungsrisikos:

<i>Fraktion</i>	<i>Durchmesser</i>		<i>Fingerprobe (Erde luftfeucht)</i>
Sand	0.05 – 2	mm	Sandkörner fühlbar, kein Zusammenhalt
Schluff	0.05 – 0.002	mm	knetbar, samtig, nicht klebrig
Ton	< 0.002	mm	rollbar, klebrig-schmierig

Sandreiche Böden, wie sie im Bereich der Molasse verbreitet auftreten, werden durch Befahren nur geringfügig verdichtet.

Die stärkste Veränderung durch Befahren erfahren **schluffreiche Böden**. In unverdichtetem Zustand können sie eine grosse Menge an Wasser aufnehmen und dieses anschliessend an die Pflanzen abgeben. Werden sie verdichtet, so reduziert sich der hohe Anteil an Pflanzen verfügbarem Wasser enorm. Ist der Boden zudem schwach belebt (kalkarm, sauer), so braucht er lange Zeit, um sich wieder zu regenerieren. Diese Böden, die vor allem im mittleren Feuchtigkeitsbereich liegen, können durch gezielte Schonung besonders profitieren. Auf der Molasse des Luzerner Mittellandes sind sie stark verbreitet.

Tonreiche Böden sind von Natur aus sehr dicht und oft wassergesättigt. Durch Befahren werden die wenigen vorhandenen Poren noch ‚verschmiert‘ und verlieren dadurch ihre Funktion. Sie sollten in der Regel nicht befahren werden. Sie liegen einerseits in den breiten Geländemulden des Mittellandes, im Gebirge vor allem im Flyschgebiet.

In der ausführlichen Tabelle zu den einzelnen Waldgesellschaften wird speziell darauf hingewiesen, welche Abweichungen sich im Kanton Luzern zu bekannten Ausbildungen in andern Kantonen ergeben. Besonders auffällig ist dies bei der Einheit 17. In vielen Kantonen kommt sie vor allem auf mergeliger Unterlage vor. Im Kanton Luzern finden wir sie sehr häufig auf felsiger Unterlage, besonders verbreitet entlang von Nagelfluhbändern.

Die Körnung der Böden kann grob gemäss der Stellung der Einheiten im Ökogramm beurteilt werden.

Grober Beurteilungsraster auf Grund der Bodenfeuchte:

	Beispiel (Einheit)	Risiko-Stufe
trocken	6	1
frisch	7a	2
feucht	7aS	3
nass	26a	4
sehr nass	27	5

2.3.2. Weitere Kriterien

Die präzise Beurteilung erfolgt auf Grund verfeinerter Überlegungen. Folgende Zusatzfaktoren spielten bei der endgültigen Zuordnung die Hauptrolle:

- ⇒ Vermindertes Risiko: belebter Boden (Regenerationsfähigkeit)
- ⇒ Erhöhtes Risiko: unbelebter Boden, starke Schluffanteile, mergelige Böden

2.3.3. Naturschutzwerte ausgeklammert

Bei der Holzernte können neben der Förderung der Bodenverdichtung in einem Bestand auch für den Naturschutz wichtige Elemente beschädigt werden. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde ausdrücklich festgehalten, dass mögliche Schädigungen von Lebensräumen oder Einzelobjekten nicht Bestandteil der vorliegenden Untersuchung sind.

3. Beurteilung

3.1. Erläuterungen zur Tabelle

Die Einteilung aller Waldgesellschaften in 5 verschiedene Stufen des Verdichtungsrisikos bildet den zentralen Inhalt der Bewertung. Um die Bewertung zu untermauern, bzw. zu illustrieren, werden für jede Einheit weitere Informationen geliefert, die im Folgenden erläutert werden.

Stufen des Verdichtungsrisikos

Die Zuordnung der Einheiten erfolgt nach folgenden 5 Stufen:

1	geringes Verdichtungsrisiko	auch bei nassem Wetter nur unbedeutende Verdichtung der Böden
2	mittleres Verdichtungsrisiko	nach Niederschlägen bedeutende Verdichtung möglich
3	hohes Verdichtungsrisiko	nach Niederschlägen über längere Zeit starke Verdichtung
4	sehr hohes Verdichtungsrisiko	meist starke Verdichtung, ausser in langen Trockenperioden
5	nicht befahrbar	dauernd wassergesättigt

Spektrum

Die präzise Zuordnung des Verdichtungsrisikos bildet den Durchschnitt der Einheit im Kanton Luzern. Naturgemäss weisen einzelne Gesellschaften nur eine geringe Bandbreite auf, andere eine wesentlich grössere. Je nach Anwendung der Stufen ist es angezeigt, diese Bandbreite zu berücksichtigen, allenfalls auch, um gewisse Ausnahmen vorzusehen. Ein grosses Spektrum entsteht vor allem dort, wo die Körnung stark variiert, die Lage unterschiedlich ist oder die organische Auflage eine grosse Bandbreite aufweist. Klare Abweichungen werden unter ‚Bemerkungen‘ erläutert.

Regenerationsfähigkeit

In einem belebten Boden können sich verdichtete Böden durch die Bodenlebewesen wieder regenerieren. Die zerstörte Krümelstruktur wird wieder hergestellt und verschlossene Poren werden nach und nach wieder geöffnet. Innerhalb weniger Jahre kann eine markante Verbesserung eintreten. Besonders gross ist die Regenerationsfähigkeit in feuchten und kalkhaltigen Böden. In einem unbelebten (sauen) Boden bleibt dieser Effekt weit gehend aus. Verdichtungen können hier während Jahrzehnten erhalten bleiben.

Die Regenerationsfähigkeit wird in 4 Stufen unterteilt:

++	sehr gross
+	gross
0	unbedeutend
-	fehlend


Beurteilt werden bloss die Waldgesellschaften der Risikostufen 2 – 4. In der Stufe 1 besteht in der Regel keine Verdichtung. Böden der Stufe 5 sollen generell nicht befahren werden. Deshalb erübrigt sich die Beurteilung in den Stufen 1 und 5.

Eine tiefe Regenerationsfähigkeit führt generell zu einem grösseren Verdichtungsrisiko.

Befahrbarkeit

Unabhängig vom Verdichtungsrisiko bestehen praktische Einschränkungen der Befahrbarkeit. Diese werden bei der Arbeitsplanung berücksichtigt und vom Maschinenführer unmittelbar wahrgenommen. In erster Linie können sehr steile oder sehr nasse Wälder nicht befahren werden. Hier hat die Beurteilung des Verdichtungsrisikos eine untergeordnete Bedeutung. Der Vollständigkeit halber wird die Bewertung jedoch auch hier angegeben.

Die Umschreibung der Befahrbarkeit mittels 4 verschiedener Kategorien zeigt auf, wie gut die Befahrbarkeit von den topografischen Voraussetzungen her ist.

**	sehr gut
*	mässig - gut
0	schwierig
	nicht möglich

Die Beurteilung des Verdichtungsrisikos ist auf jenen Standorten besonders nutzbringend, wo die Befahrbarkeit gut bis sehr gut ist.

Bevorzugte Lage LU

Ein bestimmter Standort kann bezüglich seiner Lage ein bestimmtes Spektrum abdecken. Gemäss den natürlichen Voraussetzungen kommt im Kanton Luzern ein Teil davon besonders häufig vor. Durch die Angabe der bevorzugten Lage wird die Aussage zum Verdichtungsrisiko präzisiert und illustriert.

Spezifisches LU

Bei einzelnen Waldgesellschaften weist der Kanton ausgesprochene Spezialitäten auf, die vom bekannten Durchschnitt der ganzen Schweiz bzw. aus andern Kantonen abweichen. Diese Angabe ist besonders für den Quervergleich zu andern Kantonen wichtig.

Bemerkungen

Detaillierte Bemerkungen werden vor allem für jene Einheiten angegeben, wo das Verdichtungsrisiko ein grösseres Spektrum aufweist. Dort wo dies möglich ist, wird präzisiert darauf hingewiesen, welcher Faktor für eine bestimmte Abweichung verantwortlich ist.

Naturschutz

Neben dem Verdichtungsrisiko können wertvolle und vielfältige Lebensräume ein Grund sein, weshalb bestimmte Standorte nicht befahren werden sollen. Dieser Faktor wurde in der Beurteilung NICHT berücksichtigt. Damit er trotzdem im gesamten Beschrieb sichtbar wird, wird für die besonders wertvollen Einheiten ein kurzer Hinweis gegeben.

3.2. Resultate

Die digital gespeicherten Daten der Kartierung der Luzerner Wälder erlaubt eine rasche Auswertung der gewählten Zuordnung mit einer präzisen Flächenbilanz.

		<i>Fläche</i>	<i>Anteil</i>
Stufe 1	geringes Verdichtungsrisiko	3'723 ha	9.0 %
Stufe 2	mittleres Verdichtungsrisiko	15'865 ha	38.5 %
Stufe 3	hohes Verdichtungsrisiko	14'117 ha	34.2 %
Stufe 4	sehr hohes Verdichtungsrisiko	5'808 ha	14.1 %
Stufe 5	nicht befahrbar	1'735 ha	4.2 %

Wälder mit geringem Verdichtungsrisiko sind im Kanton Luzern relativ wenig verbreitet. Von den rund 3700 ha ist lediglich ein guter Viertel befahrbar, der Rest ist felsig oder zumindest sehr steil.

Den Hauptanteil von fast 40% nehmen Wälder mit einem mittleren Risiko ein. Sie werden meist von den normal durchlässigen Böden der Klimaxgesellschaften der jeweiligen Höhenstufe gebildet. Der grösste Teil davon ist befahrbar. Bedeutende Flächen liegen aber in recht steiler Lage, weshalb die Befahrbarkeit oft eingeschränkt ist, vor allem im Berggebiet.

Ein hohes Verdichtungsrisiko weisen ebenfalls mehr als ein Drittel aller Wälder auf. Mässig vergleyte Ausbildungen der Klimaxwälder, z.T. kombiniert mit einer organischen Auflage, bilden den Hauptteil davon. Da deren Lage meist flacher ist als die Wälder der Stufe 2, ist die Befahrbarkeit nur wenig eingeschränkt.

Auch die Wälder mit sehr hohem Risiko umfassen mit 14% einen bedeutenden Anteil. Sie umfassen vor allem Edellaubwälder in meist flachen Lagen. Die technische Befahrbarkeit ist meistens gegeben.

Die sehr nassen und somit nicht befahrbaren Wälder umfassen weniger als 5% der gesamten Waldfläche. Knapp ein Drittel davon ist derart nass, dass die Befahrung auch aus technischer Sicht nicht gegeben ist.

In diesen Teilsommen nicht enthalten ist die Einheit 32P (Grauerlen-Pionierwälder) mit einer Fläche von 233 ha. Die Bodenverhältnisse entsprechen der Einheit, die auf der Karte in eckigen Klammern angegeben ist. Eine präzise Auswertung wäre unverhältnismässig aufwändig.

3.3. Bemerkungen zur Interpretation

Die vorliegende Auswertung stellt weitgehend ab auf die Eigenschaften der einzelnen Waldgesellschaften. Dies erlaubt eine ausserordentlich effiziente Anwendung der Resultate der Standortkartierung, insbesondere eine Aussage zu jeder Waldfläche. Diese Möglichkeit soll aber nicht dazu verleiten, daraus übereilte Vereinfachungen abzuleiten. Im Gegenteil: Um unzulässige Folgerungen zu vermeiden, sollen verschiedene Punkte beachtet werden.

3.3.1. Masstab und Struktur der Kartierung

Die methodischen Vorgaben der Kartierung waren so definiert, dass alle Teilflächen auskartiert werden müssen, die mindestens $\frac{1}{4}$ ha, also eine Fläche von 50x50 Meter umfassen. Liegen kleinere Flächen innerhalb einer dargestellten Einheit, so werden diese nicht sichtbar, seien sie nun weniger oder stärker anfällig auf Verdichtung. Ähnliches gilt für kleinflächige Mosaiken. Hier sind kleinflächige Einschlüsse einer andern Einheit zwar in der Bezeichnung der Fläche dargestellt, beispielsweise als 8a (26a). Ihre geografische Zuordnung ist aber nur

im Gelände sichtbar. Bei einer vereinfachten Auswertung, die nur die erstgenannte Einheit umfasst, fehlen die Angaben über die Einschlüsse. So wurde es auch in der vorliegenden Auswertung gemacht. Da es hier im Wesentlichen um die Darstellung in der Übersicht geht, ist dies an dieser Stelle richtig. Sobald es um präzise Aussagen zu einer bestimmten Waldfläche geht, müssen die Mosaikbezeichnungen jedoch berücksichtigt werden.

3.3.2. Sachgerechte Anwendung am konkreten Standort

Mit der Unterteilung der gesamten Waldfläche in 5 Risikostufen wird eine grobe Kategorisierung vorgenommen. Naturgemäss kann diese in den Übergangsbereichen sowie in verschiedenartigen lokalen Verhältnissen den Einzelfall nicht immer ideal beschreiben. Hier ist die sinngemässe Anwendung der Beurteilung sowie Augenmass gefragt. Je nach Aufgabenstellung führt dies zu unterschiedlichen Lösungen. Der Hintergrund jedoch bleibt stets der gleiche: Durch ein sachgerechtes Verhalten soll die Bodenverdichtung möglichst gering gehalten werden.

3.3.3. Bemerkungen zu ausgewählten Einheiten

7a, 7aS

Im Mittelland sind diese Einheiten stark auf Molasseanrisse, insbesondere in Bacheinhängen beschränkt.

7*

Das Vorkommen der Einheit wird im Mittelland stark von der Moränenüberdeckung geprägt (Mächtigkeit, Körnung, Kalkgehalt, Alter). Diese Faktoren variieren sehr stark. Es ist möglich, dass gebietsweise nur die Stufe 2 oder nur die Stufe 3 vorkommen.

Alle ‚w‘ = wechselfeuchte Einheiten

Diese weisen meist einen mergeligen Untergrund auf, der bei Nässe besonders starke und schwer reversible Verdichtungen erleidet. Bei genügender Trockenheit allerdings sind die Böden relativ robust.

17

Diese Einheiten finden sich im Kanton Luzern selten auf Mergel. Auf die seltenen Ausnahmen muss nicht gesondert eingegangen werden, da das Gelände ohnehin steil ist.

18

Aktive Böden entwickeln sich vor allem in steileren Lagen, die stärker der Erosion ausgesetzt sind. Entsprechende Einheiten (18a, 18f) besitzen ein geringes Verdichtungsrisiko, sind aber auch schwieriger zu befahren.

Flache Lagen und Kuppen neigen im Berggebiet besonders stark zur Versauerung (Einheiten 18c, 19), was die Regenerationsfähigkeit herabsetzt. Die bessere Befahrbarkeit muss deshalb besonders sorgfältig genutzt werden.

26/29L

Die technische Befahrbarkeit ist stark reduziert, meist aber doch gegeben. Das Verdichtungsrisiko auf den allgegenwärtigen Gleyböden ist jedoch gross.

46

Da das Regenerationspotenzial weit gehend fehlt, steigt das Risiko zu kaum reversibler Bodenverdichtung markant an, besonders bei hohem Schluff- oder gar Tongehalt.

3.4. Bewertung

Fast $\frac{3}{4}$ der Wälder des Kantons Luzern (Stufen 2 und 3) liegen in einem Bereich, der bei den richtigen Vorsichtsmassnahmen ohne grosse Schäden maschinell bewirtschaftet werden kann. Werden diese Massnahmen jedoch vernachlässigt, so können sie durch unsorgfältiges Befahren eine markante Verschlechterung erfahren. Aus diesen Gründen ist es ausserordentlich wichtig und sinnvoll, geeignete Vorgehensweisen zu entwickeln. Dies soll einerseits das Potenzial der maschinellen Bewirtschaftung nutzen und andererseits die Rahmenbedingungen festlegen, bei denen die Holzernte ohne nachhaltige Schäden durchgeführt werden kann.

4. Empfehlungen zur Umsetzung

Zurzeit bestehen erste Vorstellungen zur Umsetzung der Angaben zum Verdichtungsrisiko. Neben der Anwendung zur Beurteilung der Naturgefahren oder der Raumplanung können verschiedenste Auswertungen zur Anwendung kommen. Bereits intensiv diskutiert wird das Verdichtungsrisiko von Waldböden im Zusammenhang mit der nachhaltigen Sicherstellung der Bodenfruchtbarkeit sowie der Verjüngung.

Will man nachteilige Veränderungen des Waldbodens ohne nähere Betrachtung des Bodens ausschliessen, so bleibt für die mechanisierte Holzernte nur ein kleiner Spielraum. Berücksichtigt man hingegen das Verdichtungsrisiko der verschiedenen Waldgesellschaften und kombiniert sie mit dem aktuellen Wassergehalt des Bodens, so kann ein zulässiger Spielraum maximal genutzt werden. Entsprechende Methoden werden seit einigen Jahren diskutiert, müssen aber für die Anwendung in der Praxis noch weiter entwickelt werden.

Je nach Formulierung des neuen Waldgesetzes des Bundes wird künftig der Kanton bei Schlagbewilligungen die Vermeidung von Bodenverdichtungen als Vorgabe festlegen. Der enge Bezug zum Verdichtungsrisiko und zum Wassergehalt des Bodens ist grundlegend.

4.1. Die einzelnen Risikostufen

Folgerungen für die Anwendung ergänzen den Beschrieb der einzelnen Risikostufen.

Stufe 1	
Bevorzugte Lage	Die Waldgesellschaften dieser Stufe liegen meist in sehr felsigem Gelände oder in Kuppen- oder Rippenlage. Die Böden sind steinig bis sandreich, meist aber flachgründig.
Bezug zum Wassergehalt	Auch bei starken Niederschlägen erreichen die Böden nur kurzzeitig eine Wassersättigung. Eine Verdichtung durch Befahren kann weitgehend ausgeschlossen werden.
Folgerungen	Generell sind keine besonderen Vorsichtsmassnahmen notwendig. Einzig bei starker organischer Auflage soll darauf geachtet werden, dass diese nicht stark geschädigt wird, vor allem weil sich in dieser Schicht das Wurzelwerk der Bäume konzentriert.

Stufe 2	
Bevorzugte Lage	Neben flacheren Lagen werden oft mittelsteile bis steile Lagen besiedelt.
Bezug zum Wassergehalt	Während des grösseren Teils des Jahres sind die Bodenporen nur teilweise gesättigt. Erst nach starken Niederschlägen steigt der Grundwasserpegel bis nahe an die Oberfläche. Während dieser Zeit besteht eine grosse Verdichtungsgefahr. Neben dem Wasserabfluss durch die Gravitation spielt im Sommerhalbjahr die biologische Entwässerung durch die Pflanzen eine bedeutende Rolle, teilweise auch die direkte Verdunstung an der Oberfläche. Im Winter beschränkt sich die Abtrocknung auf die Gravitation und dauert deshalb bedeutend länger.

Folgerungen	<p>In den kurzen Zeiten starker Wassersättigung steht viel auf dem Spiel. Der ausgeglichene und damit sehr günstige Wasserhaushalt kann durch eine unüberlegte Verdichtung stark gestört werden. Wird jedoch die kurze Schonzeit beachtet, so treten kaum Verdichtungen auf.</p> <p>Eine besondere Vorsicht ist bei schluffreichen Böden geboten. In ungestörtem Zustand werden sie gut drainiert, durch das Befahren können sie sehr stark verdichtet werden.</p>
-------------	--

Stufe 3

Bevorzugte Lage	<p>Im Gegensatz zur Stufe 2 liegen die Wälder meist in flacheren Lagen, sehr oft in einer Runsen- oder Hangfussituation. Von der Topographie her liegen Transportwege bevorzugt auf diesen Flächen.</p>
Bezug zum Wassergehalt	<p>Die Böden weisen durch erhöhten Tongehalt deutliche Verdichtungstendenzen auf, drainieren aber noch wesentlich besser als die eigentlichen Gleyböden. Die Entwässerung durch die Gravitation ist deutlich reduziert. Umso wichtiger wird dadurch die biologische Entwässerung, was eine tiefe Durchwurzelung voraussetzt.</p> <p>Die Entwässerung nach starken Niederschlägen dauert wesentlich länger als in Stufe 2. Im Sommerhalbjahr dauert sie mehrere Tage bis Wochen, im Winter noch länger.</p> <p>In der Stufe 3 liegen die meisten wechselfeuchten Böden. Diese werden durch Bodenverdichtung besonders stark geschädigt. Beschränkt sich hingegen das Befahren auf trockene Zeiten, so ist das Schadenrisiko sehr gering.</p>
Folgerungen	<p>Ohne Bodenverdichtung weisen die Böden der Stufe 3 eine sehr gute Wasserversorgung mit einem grossen Reservoir an Pflanzen verfügbarem Wasser auf. Durch Befahren kann dieses wertvolle Potenzial massiv geschwächt werden. Deshalb ist - nebst der richtigen Baumartenwahl - die Vermeidung von Bodenverdichtungen ausserordentlich wichtig und nutzbringend. Dies wird dadurch erreicht, dass die Böden nur in längeren Trockenzeiten oder bei gefrorenem Boden befahren werden.</p>

Stufe 4

Bevorzugte Lage	<p>Die Wälder liegen fast ausschliesslich in flachen Lagen oder entlang von Gewässern, häufig in flächiger Ausdehnung. Die maschinelle Nutzung kann meistens nur erfolgen, wenn die Fläche selber befahren wird.</p>
Bezug zum Wassergehalt	<p>Die ausgeprägten Gleyböden werden durch die Gravitation nur unbedeutend entwässert. Die Abtrocknung im Winterhalbjahr verläuft deshalb sehr langsam. Im Sommer kann die biologische Entwässerung im Verlauf mehrerer Wochen zu einer deutlichen Abtrocknung führen.</p>
Folgerungen	<p>Erst nach langen Trockenperioden sind die Böden genügend tragfähig, dass das Befahren ohne starke Verdichtungen möglich ist. In nassen Jahren können diese Perioden vollständig fehlen.</p> <p>Die mechanisierte Holzernte soll sich auf diese kurzen Perioden und vor allem auf Zustände mit gefrorenem Boden beschränken.</p>

Stufe 5	
Bevorzugte Lage	Neben dem Uferbereich von Gewässern werden vorwiegend Muldenlagen besiedelt, die durch tonreiche Sedimente abgedichtet sind oder im Flyschgebiet liegen.
Bezug zum Wassergehalt	Die Böden sind tonreich und fast immer wassergesättigt. Nur nach langen Trockenperioden werden wenige Dezimeter des Oberbodens abgetrocknet.
Folgerungen	Das Befahren führt in der Regel zu einer zusätzlichen Verschmierung des ohnehin schweren Bodens, was die wenigen Poren, die durch Pflanzenwurzeln entstanden sind, verschliesst. Deshalb sollen diese Böden grundsätzlich nicht befahren werden.

5. Zusammenfassung

Durch die zunehmend mechanisierte Holzernte besteht das Risiko, dass Waldböden verdichtet werden. Die Erfüllung der Waldfunktionen kann dadurch stark gefährdet werden. Die Holzernte soll sich auf Zeiten beschränken, in denen ohne grosses Verdichtungsrisiko erfolgen kann. Das Risiko ist von zwei Hauptfaktoren abhängig, dem aktuellen Wassergehalt im Boden sowie den Eigenschaften des jeweiligen Waldstandortes. Durch die Beurteilung der einzelnen Waldgesellschaften lässt sich flächendeckend eine übersichtliche und fundierte Grundlage formulieren. Die Einteilung der Waldgesellschaften in 5 verschiedene Risikostufen erlaubt eine rationelle Umsetzung auf jede gewünschte Waldparzelle.

Die Auswertung der Flächenstatistik ergibt eine Zuordnung von 38.5 Prozent der Waldfläche zur Stufe 2 mit einem mittleren Verdichtungsrisiko sowie von 34 Prozent zum hohen Verdichtungsrisiko. In diesen beiden Stufen kann die mechanisierte Holzernte bei richtigem Verhalten weitgehend ohne Langzeitschäden erfolgen. Andererseits bewirken Schädigungen eine besonders markante Verminderung der Bodenqualität. In vielen Wäldern des Kantons Luzern ist es deshalb ausserordentlich lohnend, präzise Rahmenbedingungen zu formulieren, bei denen die Holzernte ohne Folgeschäden möglich ist.

6. Literatur

- Blaser P. et al., 2005: Waldböden der Schweiz, Band 2. Hep-Verlag, Bern, 920 S.
- Brühlhart A., 1969: Jahreszeitliche Veränderungen der Wasserbindung der Wasserbewegung in Waldböden des schweizerischen Mittellandes. Mitt. Schw. Anst. forstl. Vers.-w. 45/2, 232 S.
- Schmider P. et al., 2003: Wälder im Kanton Thurgau. Mitt. Thurg. Natf. Ges. 58, 268 S.
- von Wyl B., Baggenstos M., Häfliger P., 2003: Pflanzensoziologische Kartierung der Luzerner Wälder - Kommentar Waldbau. Kantonsforstamt Luzern. 203 S. + Anhang.
- Walthert, L. et al., 2004: Waldböden der Schweiz, Band 1. Hep-Verlag, Bern, 768 S.

Giswil, 9. Januar 2006

UTAS AG, Beat von Wyl, dipl. Biol. SVU

Beilage: Tabelle der Waldgesellschaften mit Risikostufen