

### 3 Rutschungen, Erosion, Murgänge

- 3.1 Anforderungsprofil des Waldes bezüglich Rutschungen, Erosion und Murgängen
- 3.2 Rutschungen
- 3.3 Oberflächenerosion
- 3.4 Murgänge



#### 3.1 Anforderungsprofil des Waldes bezüglich Rutschungen, Erosion und Murgängen

Ort	Potentieller Beitrag des Waldes	Anforderungen auf Grund der Naturgefahr minimal	Anforderungen auf Grund der Naturgefahr ideal
Entstehungsgebiet	<b>Gross</b> bei flachgründigen Rutschungen (Rutschhorizont bis 2 m tief) und bei Oberflächenerosion	<b>Gefüge horizontal</b> Lückengrösse <sup>3</sup> max. 6a, bei gesicherter Verjüngung <sup>1</sup> max. 12a.  <b>Gefüge horizontal</b> Deckungsgrad <sup>2</sup> dauernd $\geq 40\%$ Minimale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt Bei Übergängen im Standortstyp ist die Baumarten-Zusammensetzung des feuchteren / stärker vernässten Typs anzustreben	<b>Gefüge horizontal</b> Lückengrösse <sup>3</sup> max. 4a, bei gesicherter Verjüngung <sup>1</sup> max. 8a.  <b>Gefüge horizontal</b> Deckungsgrad <sup>2</sup> dauernd und kleinflächig $\geq 60\%$ Ideale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt Bei Übergängen im Standortstyp ist die Baumarten-Zusammensetzung des feuchteren / stärker vernässten Typs anzustreben  <b>Stabilitätsträger</b> keine schweren und wurfgefährdeten Bäume
	<b>Mittel</b> bei mittel- und tiefgründigen Rutschungen (Rutschhorizont tiefer als 2 m), wenn der Wasserhaushalt im Bereich des Rutschhorizonts beeinflusst werden kann	<b>Gefüge horizontal</b> Deckungsgrad <sup>2</sup> dauernd $\geq 30\%$ Minimale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt	<b>Gefüge horizontal</b> Deckungsgrad <sup>2</sup> dauernd $\geq 50\%$ Ideale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt
Infiltrationsgebiet	<b>Gering</b> bei mittel- und tiefgründigen Rutschungen (Rutschhorizont tiefer als 2 m), wenn der Wasserhaushalt im Bereich des Rutschhorizonts nur wenig beeinflusst werden kann	<b>Verjüngung</b> nachhaltige Verjüngung gesichert	<b>Verjüngung</b> nachhaltige Verjüngung gesichert Anforderungen auf Grund des Standortstyps ideal erfüllt

<sup>1</sup> Gesicherte Verjüngung: Aufwuchs oder Dichtung in zielgemässer Mischung vorhanden. Subalpin sind grössere Flächen zulässig, wenn sie schlitzförmig angelegt werden; Schlitzbreite max. 20 m.

<sup>2</sup> Deckungsgrad der Bäume ab Stangenholzaltes (d.h. ohne Berücksichtigung von Jungwuchs und Dichtung).

<sup>3</sup> Lücke: Öffnung von Kronenrand zu Kronenrand im Stangenholz und Baumholz

## 3.2 Rutschungen

Rutschungen werden unter anderem aufgrund der Tiefe ihrer Gleitfläche unterschieden. Bezüglich potentieller Waldwirkung ist insbesondere die Unterscheidung zwischen

### flachgründige Rutschungen:

- Tiefe 0-2 m
- meist hohe Rutschaktivität, welche nur kurz andauert (Minuten bis Monate)
- kleinflächig (meist < 0.5 ha)
- entstehen meist an Hängen mit Neigungen ab etwa 25°, können sich jedoch auch bereits in deutlich flacherem Gelände ereignen
- oft charakteristische Ausbruchnischen alter Rutschflächen



*Sachseln OW, 15. August 1997*

- um 100 m<sup>3</sup> Material pro Rutschung
- Niederschlagsdauer zwei Stunden; Rutschereignisse im Zeitraum von Minuten
- Übergang in Hangmuren aufgrund starker Durchnässung

### mittel- und tiefgründige Rutschungen:

- Tiefe 2-10 m bzw. > 10 m
- Rutschaktivität meist im Bereich von cm bis dm / Jahr
- grossflächig (meist > 0.5 ha, bis zu mehreren km<sup>2</sup>)
- Rutschprozess über Jahre bis zu Jahrhunderten andauernd, oft mit Phasen unterschiedlicher Aktivität
- Erkennungsmerkmale im Gelände: Grossbruchränder im Anrissbereich, schiefstehende Bäume oder Bäume mit Säbelwuchs, Bodenrisse, gespannte Wurzeln, Stauchwülste, Versickerungszonen von Oberflächenwasser, Vernässungszonen, Risse und Verformungen an Strassen oder Gebäuden



*Sörenberg LU*

- mehrere Mio. m<sup>3</sup> Material
- In Bewegung seit über 100 Jahren; aktive und passivere Phasen, je nach Witterung
- Murgänge und flachgründige Rutschungen als Folgeereignisse

Abb. 4: Beispiele für Rutschungen

## Rutschgefährdete Gebiete

Rutschgebiete (insbes. tiefgründige) sind oft gut bekannt und dokumentiert. Wichtige Beurteilungsgrundlagen sind daher folgende Unterlagen:

- ▶ Gefahrenkarte / Gefahrenhinweiskarte
- ▶ Karte von Boden- und Hanginstabilitäten (Karte der Phänomene)
- ▶ Ereigniskataster / Ereignisdokumentationen
- ▶ Geologische Karte

**Flachgründige Rutschungen** entstehen teilweise auch spontan, innerhalb des Waldes nicht selten in der Folge eines flächigen Bestandeszusammenbruches.

Ob und - falls ja - in welchen Gebieten sich Rutschungen ereignen, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Am wichtigsten sind jedoch die primären Faktoren Hangneigung und Art des Lockermaterials. Das entscheidende Kriterium bezüglich des Lockermaterials ist der materialspezifische Winkel der inneren Reibung, welcher die Grenzneigung eines Hanges / einer Böschung bezeichnet.

In der folgenden Tabelle sind die vorhandenen Lockergesteinsarten grob in drei Klassen unterteilt worden. Für jede Klasse ist ein Richtwert angegeben für die Hangneigung, ab welcher mit einer flachgründigen Rutschfähigkeit zu rechnen ist (Tab. 1). Ist ein Waldgebiet also flacher als die angegebenen Werte, dann ist dort die Wahrscheinlichkeit von spontanen Rutschungen gering<sup>3</sup>.

Tab. 1: Richtwerte für die kritische Hangneigung

Lockergesteinsart	Richtwert für kritische Hangneigung
1 mergelreiche Böden tonreiche Böden	ab 25° (47%)
2 mittlere Bodeneigenschaften, ohne starke Vernässungsmerkmale	ab 30° (58%)
3 gut durchlässige Böden Böden mit wenig Feinanteilen (Ton, Silt) sandige, kiesige Böden	ab 35° (70%)

<sup>3</sup> Es können u.U. auch bei geringeren Hangneigungen Rutschungen vorkommen. Zu beachten ist insbesondere, ob frühere Ereignisse bekannt sind

## Einfluss von Waldbeständen auf das Losbrechen von Rutschungen

**Flachgründige Rutschungen:** Diese Rutschungen liegen im Einflussbereich des Wurzelraums der Bäume. Dadurch kann der Wald hier einen grossen Einfluss auf die Rutschintensität haben:

- ▶ mechanische Armierung des Bodens durch das Wurzelwerk
- ▶ positive Beeinflussung des Wasserhaushalts des Bodens durch Interzeption, Transpiration und durch die Verbesserung der Bodendurchlässigkeit

Mit einer idealen Waldbestockung lassen sich die Stabilitätsverhältnisse verbessern, so dass mit verminderter Rutschaktivität gerechnet werden kann. Auch bei idealer Waldbestockung können jedoch Rutschungen nicht völlig ausgeschlossen werden. Zudem nimmt die Wirkung des Waldes ab einer Neigung von ca. 40° stark ab.

Beim Sturmwurf grosser Bäume kann der Boden stark aufgerissen werden, was sich in Bezug auf die Rutschgefährdung sowie die Oberflächenerosion negativ auswirken kann.

Bei starkem Wind können auch durch das Bewegen der Bäume Risse im Boden entstehen.

**Mittel- und tiefgründige Rutschungen:** Die unmittelbare Wirkung des Waldes durch Wurzelarmierung, wie sie bei den flachgründigen Rutschungen im Zentrum steht, tritt bei den mittel- und tiefgründigen Rutschungen stark zurück. Wichtig wird dort die mittelbare Wirkung des Waldes durch die Schaffung des Speicherraumes, der Infiltrationswasser von der Tiefensickerung in eine potentielle Bruchzone zurückhält. Diese Wirkung geht jedoch verloren, wenn der Boden einmal vollständig wassergesättigt ist.

Bezüglich einer mittel- oder tiefgründigen Rutschung kann ein Infiltrationsgebiet definiert werden. Dieses umfasst dasjenige Gebiet, in welchem das Wasser, welches in den Rutschkörper gelangt, in den Boden infiltriert. Teilweise wird dieses Wasser durch die Speicherwirkung des Waldes zurückgehalten. Oftmals ist es allerdings aufgrund fehlender Kenntnis der unterirdischen Wasserwege sehr schwierig, das Infiltrationsgebiet tatsächlich bestimmen zu können. Im Fall fehlender genauere Kenntnisse muss daher meist das oberirdische Einzugsgebiet, welches oberhalb des Rutschungsfusses liegt, als Infiltrationsgebiet angenommen werden.

Auf mittel- und tiefgründige Rutschungen hat das Gewicht von Bäumen keinen Einfluss. «Entlastungsschläge» sind daher nicht sinnvoll.

---

Instabile Bäume sind jedoch im Einflussbereich eines Gerinnes, wo durch Schwemmholz eine Verklauungsgefahr besteht, problematisch (vgl. Anforderungsprofil Wildbach / Hochwasser).

### **Bedeutung der Baumart**

Wichtig sind Baumarten, welche eine tiefgründige und intensive Durchwurzelung des Bodens erlauben. Dadurch kann einerseits eine gute Armierung des Bodens und andererseits eine optimale Erschliessung des Speicherraumes erreicht werden. Bei gut durchlässigen Böden ist dies für die meisten Baumarten kein Problem. Entscheidend ist das Verhalten auf schweren, verdichteten und temporär vernässten Standorten.

Durch vergleichsweise gute Tiefenerschliessung dichter, vernässter Lehm Böden zeichnen sich folgende Baumarten aus:

Laubbäume: Esche, Ulme, Eiche, Aspe, Schwarzerle  
Nadelbäume: Tanne, Föhre, Waldföhre

Die Tanne spielt dabei als im Naturwald weitverbreitete Baumart eine zentrale Rolle.

### **Bedeutung der Bestandesstruktur**

Entscheidend für eine gute Schutzwirkung gegenüber Rutschungen ist eine möglichst umfassende, tiefgründige und intensive **Durchwurzelung des Bodens**.

Diese kann nachhaltig am besten gewährleistet werden durch einen **kleinflächig ungleichaltrigen Bestand mit möglichst hohem Deckungsgrad**. Es kann erwartet werden, dass eine Stufigkeit im Bestand auch ihre Entsprechung in der Durchwurzelung im Boden findet. Auf diese Weise kann auch die Verjüngung nachhaltig gesichert werden, und im Falle eines Bestandeszusammenbruchs (beispielsweise durch Windwurf) ist die Wiederbewaldung bereits vorbereitet.

**Grosse Kahlfächen** dagegen bilden den ungünstigsten Waldzustand bezüglich Rutschungsgefährdung, da nach einigen Jahren die stabilisierende Wirkung der toten Wurzeln abnimmt, wenn der neue Bestand noch im Jugendalter ist.

**Bestandesöffnungen** sollten daher so klein als möglich und so gross als nötig (Verjüngung) sein.

**Grosse, windwurfgefährdete Bäume** können die Hangstabilität nachteilig beeinflussen. Bei Windwurf entstehen oft tiefe Bodenwunden. Dadurch können die Infiltration erhöht und die Verwitterung des darunterliegenden Boden-

materials verstärkt werden. Als Folge können Ausgangspunkte für Erosions- und Rutschungsprozesse entstehen.

### **Wirkung von Entwässerungen**

Die Wirkung von Entwässerungsgräben kann sehr unterschiedlich sein. Eine funktionierende Wasserableitung aus einem aktiven Rutschgebiet kann positiv wirken und zu einer Beruhigung der Rutschbewegung führen. Bei grossflächigen Entwässerungen ergeben sich jedoch oft zahlreiche Schwierigkeiten:

- ▶ Der Unterhaltsaufwand für Entwässerungsgräben ist sehr hoch.
- ▶ Wird der Unterhalt vernachlässigt, können die Entwässerungen kontraproduktiv wirken.
- ▶ Gerade in Gebieten, welche eine mittel- bis tiefgründige Rutschaktivität aufweisen, ist die Gefahr eines Unterbruchs des Entwässerungssystems durch Rutschbewegungen besonders gross.
- ▶ Grossflächige Entwässerungssysteme tragen u.U. zur Erhöhung von Hochwasserabflussspitzen bei.
- ▶ Oftmals kann das gefasste Wasser nicht abgeleitet werden, ohne dass andere potentielle Rutschgebiete dadurch belastet werden.

Aus diesen Gründen muss der Zweck von Entwässerungsanlagen in jedem Einzelfall sehr sorgfältig geprüft und eine Unterhaltsplanung erarbeitet werden.

### **Liegenlassen von Holz**

Das Liegenlassen von Holz stellt in Rutschgebieten dann ein Problem dar, wenn das Holz in den Einflussbereich eines Wildbachgerinnes gelangen kann, wo es zu Verklauungen oder zu Schwemmholz in Murgängen kommen könnte (vgl. dazu das Anforderungsprofil Wildbach / Hochwasser).

### **Holzernte**

Durch unsachgemässe Waldbewirtschaftung kann - insbesondere auf empfindlichen Böden - eine massive Bodenverdichtung verursacht werden. Dabei wird der Wurzelraum, welcher für die Stabilität des Waldbestandes und dessen Wirkung gegenüber Rutschungen entscheidend ist, über Jahrzehnte beeinträchtigt. Der Schaden, der durch eine unsorgfältige Bewirtschaftung verursacht wird, kann den beabsichtigten Nutzen bei weitem überwiegen! Die Suche nach der günstigsten Eingriffsmethode muss daher immer unter Wahrung einer sorgfältigen, bestandes- und bodenschonenden

Holzernte erfolgen. Dies gilt insbesondere auch bei Zwangsnutzungen, wo in kurzer Zeit grossflächige und dauerhafte Schäden angerichtet werden können.

### 3.3 Oberflächenerosion

Unter Oberflächenerosion wird hier eine schrittweise, oberflächliche Abtragung von Lockermaterial, insbesondere durch Wasser, verstanden (der Übergang zu flachgründigen Rutschungen ist fließend). Sie stellt im Gegensatz zu Rutschungen und Hangmuren für sich alleine kein Gefahrenpotential dar. Sie kann jedoch längerfristig zur Bereitstellung von Lockermaterial in Gerinnen führen, welches durch einen Murgang mobilisiert werden kann. Zudem wird durch eine fortschreitende Erosion von feinkörnigem Material das Wasserspeicherpotential des Bodens und der Wurzelraum für die Vegetation reduziert.

Die Erosion als solche ist ein natürlicher Prozess, welcher nicht völlig unterbunden werden kann. Sie kann jedoch durch die Art der Landnutzung beschleunigt oder gebremst werden.

Die positive **Waldwirkung** gegenüber Oberflächenerosion ist gut bekannt. Sie beruht im Wesentlichen auf der Armierung des Bodens durch das Wurzelwerk der Bäume und der Krautvegetation. Dadurch wird der Abtrag von Bodenmaterial durch Oberflächenabfluss vermindert. Eine geschlossene Vegetation vermindert zudem die laufende Verwitterung und Destabilisierung des Lockergesteins, welche zu einer verminderten Scherfestigkeit führen und dadurch Erosionsrutschprozesse ermöglichen.

Entscheidend für die Verhinderung von Oberflächenerosion ist also in erster Linie eine weitgehend **geschlossene Vegetationsbedeckung des Bodens**. Der **Zustand des Waldes** spielt dabei eine indirekte Rolle:

- ▶ Die Erhaltung einer geschlossenen Vegetationsbedeckung ist langfristig am besten gewährleistet, wenn Phasen des Bestandeszusammenbruchs (z.B. durch

Windwurf) verhindert werden. Dies bedeutet, dass in erster Linie eine Bestockung angestrebt werden muss, welche einen grossflächigen Bestandeszusammenbruch verhindert. Im Mittelpunkt steht dabei ein stufiger Bestandaufbau.

- ▶ Oberflächliche Erosionsherde entstehen oft auch infolge von Rutschungen. Insofern wird mit der Pflege von Wald im Hinblick auf Rutschungsgefahr auch eine Prävention vor Oberflächenerosion betrieben.

### 3.4 Murgänge

Murgänge sind ein schnell fließendes Gemisch von Wasser und Feststoffen mit einem hohen Feststoffanteil von ca. 30 bis 60%. Sie erfolgen oft schubartig in Wildbachgerinnen. Typisch sind eine grosse Dichte, z.T. hohe Fließgeschwindigkeiten, eine hohe Transportkapazität (Blöcke von mehreren m<sup>3</sup> Volumen) und grosse umgesetzte Feststoffvolumina.

Rutschungen und Oberflächenerosion führen zu einer Akkumulation von Lockermaterial in Wildbachgerinnen und tragen damit zur Entstehung von Murgängen bei. Murgänge können zudem durch eine Instabilität im Hang als Hangmure ausgelöst werden.

Im Zusammenhang mit Murgängen besteht die Waldwirkung darin, dass durch die Verminderung von Hangprozessen (Rutschungen, Oberflächenerosion) die Bereitstellung von murgangfähigem Material verlangsamt wird.

Im Auslaufgebiet des Murgangs kann ein Waldbestand zudem eine gewisse Bremsfunktion ausüben, indem er die Entwässerung des Murgangs fördert.

Murgänge werden im nachfolgenden Anforderungsprofil nicht aufgeführt. Es sind die auslösenden Prozesse (Rutschung und Oberflächenerosion) zu berücksichtigen.

Für einen allfälligen negativen Einfluss durch den Wald (Schwemmholz im Gerinne) vgl. das Anforderungsprofil für Wildbach/Hochwasser.

**Quellen:** Die Angaben zu den Rutschungen wurden durch Kaspar Zürcher (IMPULS) zusammengestellt, mit Beratung durch Albert Böll (WSL), Monika Frehner, Christian Rickli (WSL), dem Vorstand der FAN, der GWG und dem Cemagref (Frédéric Berger). **Verwendete Literatur:** Böll (1997), BRP/BWW/BUWAL (1997), Polomski und Kuhn (1998), Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren (2000), BUWAL (2000), Rickli (2001).