

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 143 (1992)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Naturgefahren an der Rigi-Nordlehne  
**Autor:** Mani, Peter / Kläy, Max  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-765799>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Naturgefahren an der Rigi-Nordlehne

## Die Beurteilung von Naturgefahren als Grundlage für die waldbauliche Massnahmenplanung

Von *Peter Mani*, und *Max Kläy*

FDK 424: 907.32: (494.11): UDK 656

### 1. Einleitung

Mit den forstlichen Grundsätzen, Waldflächen und nachhaltige, standortgerechte Bestockungen zu erhalten, können die verschiedenen geforderten Waldfunktionen (Schutzwirkung, Holzproduktion, Naturschutz) erfüllt werden. Solange die dafür als nötig erachteten Waldarbeiten durch die Holzerlöse gedeckt werden können, ist die Waldpflege grundsätzlich gewährleistet. Sobald aber dafür öffentliche Gelder im Sinne von Abgeltungen und Finanzhilfe benötigt werden, stellen sich zwei Probleme:

1. Prioritätenwahl: Welche Wälder kommen in den Genuss der Abgeltung oder Finanzhilfe?
2. Sind defizitäre Massnahmen für die geforderten Waldfunktionen nötig, und, wenn ja, in welcher Intensität?

Im Falle der Eisenbahngesellschaften als Interessierte an der Schutzwirkung des Waldes gibt das Eisenbahngesetz eine klare Antwort: Die Bahn ist verpflichtet, alles Nötige vorzukehren, damit Personen und Güter sicher transportiert werden können. Demzufolge ist es die Pflicht der Bahnverwaltung, die Schutzwirkung der Wälder zu überwachen. Denn die Schutzwirkung der Wälder ist für die Bahnen von sehr grosser Bedeutung, auch wenn einige Restrisiken bestehen bleiben. Damit die Risiken klein bleiben, muss die Schutzwaldpflege präventiv gestaltet werden können. Akuten Gefahren ist waldbaulich kaum mehr zu begegnen. Für die Festlegung der Massnahmenprioritäten sind im Falle der Eisenbahnen gewichtige Argumente vorhanden. Der Pflegebedarf und insbesondere die Intensität der Massnahmen ist damit aber noch nicht begründet. Dazu sind Kriterien und klare Zielvorstellungen nötig.

Die im folgenden dargestellten Untersuchungen, Modellbetrachtungen und Massnahmenvorschläge sollen zeigen, wie solche Kriterien erarbeitet werden können.

## 2. Die Rigi-Nordlehne

### 2.1 Naturräumliche Charakterisierung

Die Rigi-Nordlehne präsentiert sich als getreppte Bergflanke. Sie wird durch Schichtköpfe der subalpinen Molasse gebildet (*Vogel, Hantke, 1988*). Der Wechsel von harten und weichen Schichten führt zu einer Abfolge von annähernd senkrechten Wänden und steilen Hängen. Als Lockermaterial findet man vor allem kolluviale Ablagerungen, teilweise auch Moränenmaterial.

Die Rigi stellt sich mit ihrem Steilaufschwung den von NW herangeführten, in der Regel feuchten Luftmassen als erstes bedeutendes Hindernis im Alpenraum entgegen, was bei advektiven Wetterlagen zu Langregen mit grossen Niederschlagsmengen führen kann. Grosse Höhendifferenzen und Kontraste in der Bodenbedeckung tragen zur Konvektion und Gewitterbildung bei. Die Jahres-Niederschlagsmittel (1931 bis 1960) betragen für

- Rigi-Kulm (1794 m ü.M.) 2119 mm und für
- Walchwil (449 m ü.M.) 1289 mm

Aufgrund der von *Zeller et al. (1978)* publizierten Werte für die Stationen Rigi Kulm, Walchwil und Immensee ist im Untersuchungsgebiet mit folgenden Niederschlags-Ergiebigkeiten für 20 Minuten Dauer zu rechnen (stark extrapoliert):

30jährlich: 50 bis 60 mm

100jährlich: 90 bis 120 mm

Bei den Schneeverhältnissen ist die relativ geringe Höhenlage zu berücksichtigen. Im Extremfall (bei Föhneinwirkung) kann die Schneeschmelze immerhin Wasser in der Grössenordnung des 30jährigen 1-Tages-Niederschlags freisetzen (120 bis 140 mm).

### 2.2 Gefährliche geomorphologische Prozesse

Im Gebiet der Rigi-Nordlehne ist das ganze Spektrum gefährlicher geomorphologischer Prozesse, wenn auch mit unterschiedlicher Bedeutung, vertreten. Es umfasst Sturz- und Rutschprozesse, Erosion, Lawinen und Wild-

bachaktivität. Diese Prozesse werden durch die naturräumlichen Voraussetzungen grundsätzlich wie folgt gesteuert:

- Sturzprozesse: Die Klüftigkeit und die häufige Unterschneidung infolge Verwitterung und Erosion der liegenden Mergel hat zur Folge, dass sich grössere Gesteinspakete auf einmal ablösen können. Die Häufigkeit von Sturzprozessen ist jedoch, verglichen mit anderen geologischen Verhältnissen (zum Beispiel gebankte Kalke), eher gering.
- Rutschprozesse: Die Disposition (Veranlagung) zu Rutschungen ist wegen der Art des Gesteins (Wechsellagerung mit Mergelschichten) und wegen der ton- und siltreichen Böden mit gehemmter Wasserdurchlässigkeit gross. Die hangeinwärts fallende Schichtung der Gesteinsserien hat aber vielerorts einen günstigen Einfluss auf die Stabilität.
- Wildbachaktivität: Die hohen Niederschlagswerte und die intensive Geschiebelieferung durch Hangprozesse haben zusammen mit der Steilheit des Gebietes eine hohe Disposition für Wildbachaktivität zur Folge. Durch die regelmässig auftretenden Schichtköpfe ist die Tiefenerosion in den Gerinnen räumlich begrenzt.
- Lawinenaktivität: Bedingt durch die relativ geringe Höhenlage sind Lawinen bis in den Talbereich äusserst selten. Einzelne Abgänge mit Schäden sind bekannt.

### 2.3 Schadenereignisse

Die oben aufgeführten Prozesse stellen eine akute Gefahr für die Bahnlinie dar. Dass diese nicht nur theoretischer Art ist, hat sich schon mehrfach gezeigt. 1906 wurde der Bahndamm im Gebiet Treichi (vgl. *Abbildung 1*) durch einen Murgang zerstört. 1933, 1934 und 1939 wurde die Bahnlinie infolge von Unwettern mehrfach unterbrochen. Besonders schwer betroffen war jeweils der Abschnitt im Bereich des Langweidbaches.

Gleich mehrere Ereignisse wurden im Jahr 1987 verzeichnet: Im Frühling ereignete sich im Gebiet der Grossen Rislete ein Felssturz (rund 800 m<sup>3</sup>). Dabei gelangten einige Blöcke bis etwa 50 m an die Bahnlinie heran. Schon vorher löste sich im Gebiet Boli ein Block und stürzte auf die Bahnlinie. Im Juni geriet im Einzugsgebiet des Langweidbaches eine Felsmasse in Bewegung und drohte das Gerinne zu verstopfen. Am 1. Juli wurde dann das Gebiet von einem katastrophalen Unwetter heimgesucht. Die intensiven Niederschläge liessen viele Bäche stark anschwellen. An vielen Stellen wurde das Bahntrasse durch Geschiebe überführt oder unterspült. Im ganzen Gebiet ereigneten sich viele Rutschungen (vgl. *Geo 7*, 1988).

Am 3. Mai 1991 ereignete sich im Gebiet Grosse Rislete ein weiterer Felssturz mit einer Kubatur von rund 1000 m<sup>3</sup>. Zwei etwa 12 m<sup>3</sup> grosse Blöcke gelangten bis ungefähr 100 m an die Gleise. Acht Tage später erfolgte nach

intensiven Niederschlägen ein Murgang aus dem Ablagerungsgebiet der grossen Ristete, welcher die Nationalstrasse verschüttete. Ein seitlicher Ausbruch des Murgangs überschüttete die Gotthardlinie und hatte eine Sperrung der Bahnlinie von 18 Stunden zur Folge.

Aus dieser Ereignisgeschichte geht deutlich hervor, dass der Schutzfunktion des Waldes in diesem Gebiet eine grosse Bedeutung zukommt.

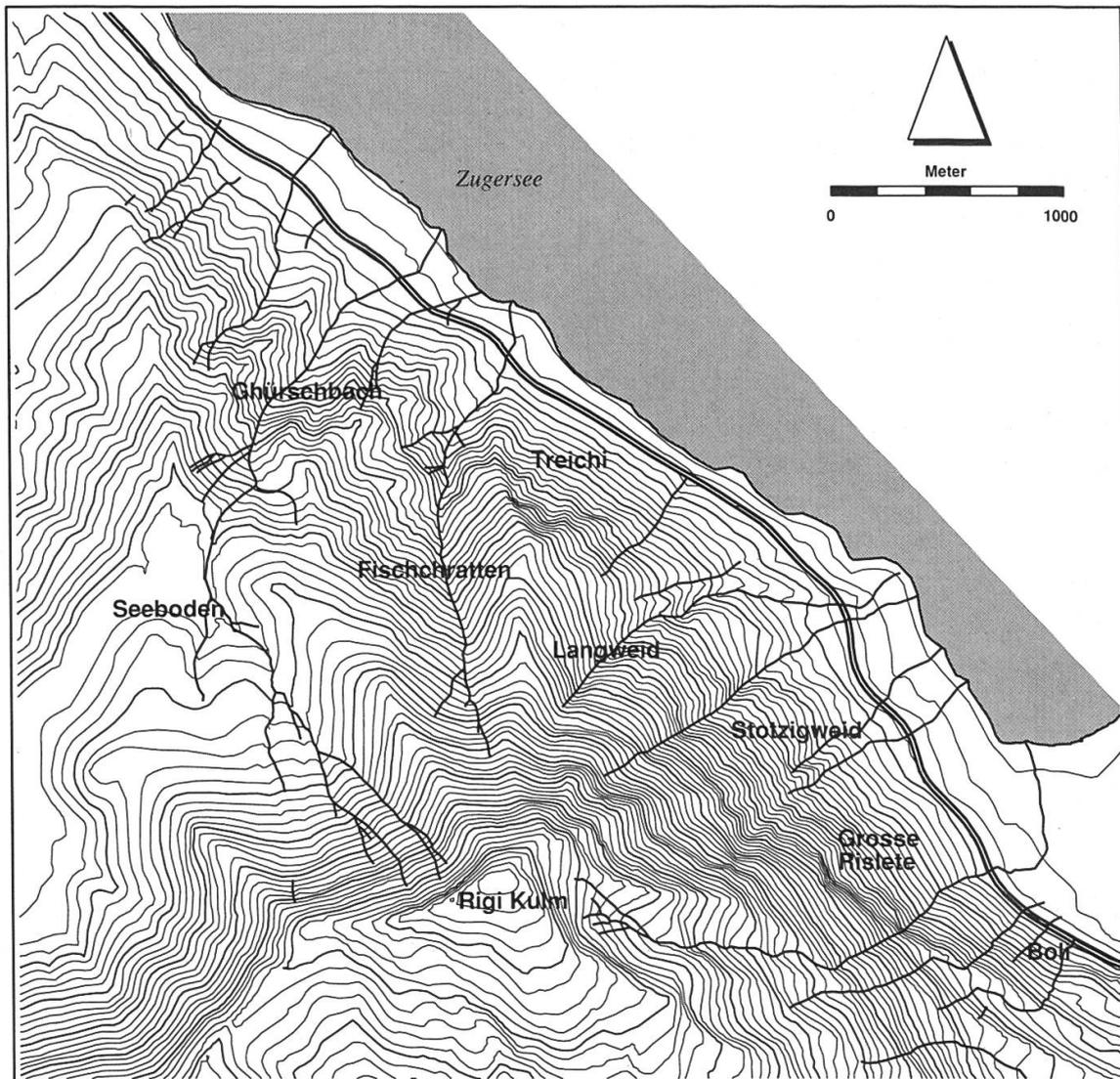


Abbildung 1. Überblick über das Untersuchungsgebiet.

### 3. Problemstellung

Seit 1985 ist die Rigi-Nordlehne Gegenstand detaillierter Untersuchungen. In einem ersten Schritt wurden in vier für die Rigi-Nordlehne typischen Teilgebieten Untersuchungen zur Gefahrensituation durchgeführt (Kienholz *et al.* 1988). Diese Untersuchungen basieren auf detaillierten Feldaufnahmen. Zusätzliche Arbeiten im Anschluss an das Unwetterereignis vom 1. Juli 1987 boten Gelegenheit, die Gefahrenbeurteilung in den vier untersuchten Teilgebieten zu verifizieren. Aus diesen Arbeiten resultierten im weiteren neue Erkenntnisse über die geomorphologischen Prozesse, die in diesem Gebiet ablaufen.

Als Folge dieser Arbeiten entschied der Forstdienst der SBB, für das Gebiet der Rigi-Nordlehne ein forstliches Sanierungsprojekt auszuarbeiten. Im Bereich Naturgefahren wurden Abklärungen mit folgender Zielsetzung in Auftrag gegeben:

1. Ausdehnung der Gefahrenbeurteilung auf das ganze Gebiet der Rigi-Nordlehne in einem mittleren Detaillierungsgrad.
2. Überprüfung, wieweit der Wald im heutigen Zustand die von ihm geforderte Schutzfunktion zu erfüllen vermag.
3. Ausscheidung von Massnahmenflächen.

Im weiteren wurde festgelegt, dass die Grundlagen und Resultate dieser Arbeiten so aufzubereiten sind, dass sie auch für die forstlichen Arbeiten neben dem Sanierungsprojekt einfach verwendet werden können.

### 4. Konzept und Verfahren

Da das Projektgebiet recht gross und teilweise sehr schlecht zugänglich ist, waren flächendeckende Feldaufnahmen von vornherein ausgeschlossen. Es wurde deshalb entschieden, die Gefahrenausscheidung mit Hilfe von einfachen Modellen und mit dem Einsatz eines Geographischen Informationssystems (ARC/INFO) vorzunehmen. Dies war jedoch nur möglich, weil aus den früheren Feldaufnahmen schon recht gute und detaillierte Gebietskenntnisse vorlagen.

Für die Massnahmenplanung sind primär Gebiete relevant, in denen Gefahrenprozesse ablaufen, die Güter bedrohen können, und gleichzeitig die Schutzfunktion des Waldes ungenügend ist. Eine besonders wichtige Stelle nimmt dabei die Frage ein, ob ein Gefahrenprozess direkt auf die Bahn wirken kann oder nicht. Von Interesse sind im weiteren Angaben zur Häufigkeit von Gefahrenprozessen. Das aus diesen Forderungen abgeleitete Verfahren umfasst drei Hauptteile (vgl. *Abbildung 2*):

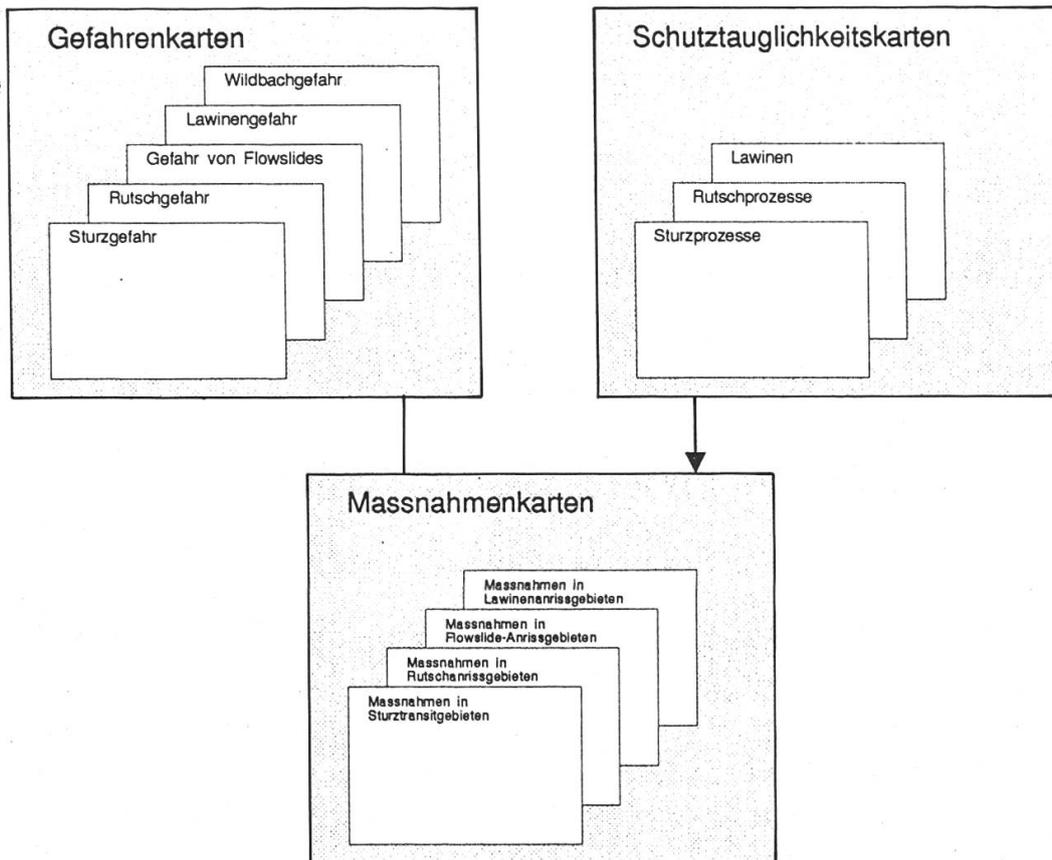


Abbildung 2. Überblick über das Verfahren.

a) *Beurteilung der Gefahrensituation:*

Die Beurteilung umfasst die Ausscheidung der Auslösungs- oder Quellgebiete von Gefahrenprozessen. Für Sturzprozesse und Flowslides<sup>1</sup> wird zusätzlich eine Ausscheidung der Transit- und Ablagerungsgebiete vorgenommen, da die Bewegungsvektoren dieser Prozesse gross sind. Ausserdem können bei Sturzprozessen Massnahmen fast nur in den Transit- und Ablagerungsgebieten getroffen werden. Über die Abschätzung der Reichweite bei Sturzprozessen und Flowslides ist es möglich, diejenigen Gefahrenquellen zu ermitteln, die eine direkte Gefährdung der Bahn darstellen.

Die Ausscheidung der Auslösungsgebiete erfolgte zum grössten Teil mit Hilfe des Geographischen Informationssystems. Im Geographischen Informationssystem sind verschiedene geomorphologisch relevante Datensätze abgespeichert (zum Beispiel Geologie, Felsbänder, Gerinne usw.). Durch

<sup>1</sup> Unter dem Begriff «Flowslide» werden Prozesse zusammengefasst, die zwischen Murgängen und Rutschungen einzuordnen sind. Sie weisen klar definierte Anrissnischen auf, besitzen jedoch diffuse Trajektorien und Ablagerungen. In der Literatur wird auch von Translationsbodenrutschungen, Erd- und Schuttgängen oder Waldanbrüchen gesprochen. Meistens sind nur die obersten Dezimeter der Lockermaterialbedeckung, oft nur die Grasnarbe selber betroffen. Die Reichweiten der Massenumlagerung ist im Bereich von Dekametern bis einige Hektometer. (Geo 7, 1990).

Überlagerung verschiedener Informationsebenen und anschliessender Verknüpfung der für die Prozessauslösung relevanten Parameter wurden die Auslösungsgebiete ausgedehnt.

Ein digitales Höhenmodell ist für die Modellierung von Hangprozessen eine unentbehrliche Grundlage. Für die Untersuchungen an der Rigi-Nordlehne wurde das digitale Höhenmodell des Bundesamtes für Landestopographie eingesetzt. Dieses ist aus der Karte 1:25 000 abgeleitet und weist eine Rastergrösse von 25 x 25 m auf. Basierend auf diesem Höhenmodell wurden Hangneigung, Exposition und Höhenstufen ermittelt. Im weiteren konnte aus dem digitalen Höhenmodell eine Vorgänger-Nachfolger-Beziehung (Kaskadierung) für jede Teilfläche des Geländemodells berechnet werden. Diese Kaskadierung stellte die Grundlage für die Prozessmodelle dar.

Bei der Beurteilung der Gefahrensituation wurde die Schutzwirkung des Waldes nicht mitberücksichtigt. Dadurch konnte abgeschätzt werden, wie die Gefahrensituation ohne die Schutzfunktion des Waldes aussehen würde.

*b) Abschätzung der Schutztauglichkeit des Waldes:*

Als Grundlage für die Beurteilung der Schutztauglichkeit des Waldes diente die Waldbestandeskarte aus dem Jahr 1984 (Scherrer, 1984), welche in das Geographische Informationssystem übernommen wurde. Für jeden Bestand waren Angaben zur Entwicklungsstufe, zum Deckungsgrad und zum Mischungsverhältnis zwischen Laub- und Nadelholz verfügbar. Ermittelt wurde die Schutztauglichkeit jedes Bestandes gegenüber Sturzprozessen, Rutschungen und Lawinen. Seit der Erstellung der Bestandeskarte sind in verschiedenen Gebieten Holzschläge vorgenommen worden oder haben Sturmschäden die Situation verändert. Deshalb entspricht die Beurteilung der Schutztauglichkeit nicht in allen Gebieten den heutigen Verhältnissen.

*c) Gegenüberstellung der Gefahrenbeurteilung und der Beurteilung der Schutztauglichkeit:*

Aus dieser Gegenüberstellung resultieren Karten, die für jede Gefahrenart aufzeigen, in welchen Gebieten eine Schutzfunktion bezüglich der jeweiligen Gefahr vom Wald verlangt wird und wo die Schutztauglichkeit ungenügend ist. Die Karten bilden die Grundlage für die Massnahmenplanung.

## 5. Methodik der Gefahrenbeurteilung und der Massnahmenausscheidung am Beispiel der Sturzprozesse

### 5.1 Gefahrenausscheidung

Steinschlag und Felsstürze stellen eine der Hauptgefahren an der Rigi-Nordlehne dar. Die Erfahrung zeigt, dass Sturzblöcke in mehreren Gebieten die Bahnlinie erreichen können. Deshalb war eine Ausscheidung der Transit- und Ablagerungsgebiete unbedingt notwendig.

Die Ausscheidung der Quellgebiete stellte kein Problem dar, da die Felsbänder aus dem Übersichtsplan 1:5000 in das Geographische Informationssystem übernommen werden konnten. Nicht berücksichtigt wurden Sturzquellen, die infolge von Erosion oder Rutschung entstehen können.

Für die Abschätzung der Reichweite wurde ein Pauschalgefälle-Modell verwendet. Als Pauschalgefälle wird die Neigung der Verbindungslinie zwischen Ablösungsstelle und dem Stillstand definiert (Scheller, 1970). Das Pauschalgefälle ist von der Art des Prozesses abhängig. In Grunder (1984: 178) sind Feldversuche beschrieben, bei denen für Steinschlag ein Pauschalgefälle von 36 bis 37° ermittelt wurde. Untersuchungen in Norwegen haben gezeigt, dass 95% der Sturzblöcke innerhalb eines Pauschalgefälles von 32° oder darüber liegen bleiben (Domaas, 1985; zit. in Toppe, 1987). Eine Auswertung verschiedener Sturzereignisse im Gebiet der Rigi-Nordlehne ergab, dass das Pauschalgefälle unter Einbezug der Bremswirkung des Waldes in den gleichen Hangneigungsbereichen liegt. Für die Simulation an der Rigi-Nordlehne wurde deshalb mit einem Pauschalgefälle von 32° modelliert. Im weiteren wurde, sobald ein Gerinne, ein Blockfeld oder ein Steinschlagschutzdamm

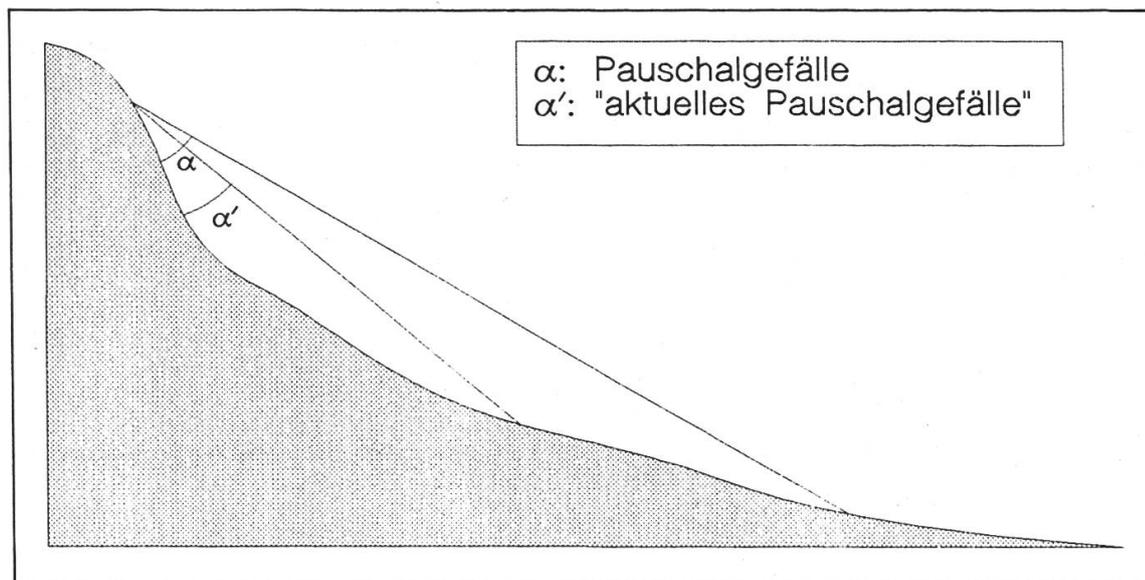


Abbildung 3. Pauschalgefälle und Intensität.

erreicht wird, die Bremswirkung der rauhen Geländeoberfläche oder der Verbauung berücksichtigt. Die Bremswirkung des Waldes wurde jedoch nicht in die Simulation miteinbezogen, da ermittelt werden sollte, wo eine Gefährdung der Bahnlinie besteht, wenn der Wald seine Schutzfunktion nicht ausüben würde.

Aus der Simulation resultierten Angaben zur Intensität und zur Häufigkeit von Sturzprozessen. Als Hinweis für die Intensität der Sturzprozesse wurde die Differenz zwischen dem «aktuellen Pauschalgefälle» entlang der modellierten Sturzbahn und dem Endwert von  $32^\circ$  verwendet (vgl. *Abbildung 3*). Als Mass für die Häufigkeit wurde die Felsfläche, welche auf einen Hangausschnitt wirken kann, verwendet. Intensität und Häufigkeit wurden anschliessend zu Gefahrenstufen aggregiert. Im weiteren wurde aus der Simulation ermittelt, welche Sturzquellen eine direkte Gefährdung der Bahnlinie darstellen können. *Abbildung 4* zeigt die aus der Simulation abgeleitete Gefahrenkarte. In *Abbildung 5* sind die Flächen ausgeschieden, die eine direkte Gefährdung der Bahnlinie darstellen.

## 5.2 Beurteilung der Schutztauglichkeit

Die Schutztauglichkeit des Waldes gegen Sturzprozesse ist vor allem von der Stammzahl je Fläche und vom Stammdurchmesser abhängig (*Gsteiger, 1989*). Für die Bewertung der Schutztauglichkeit wurden deshalb folgende Parameter aus der Waldbestandeskarte verwendet:

- *Entwicklungsstufe*: Die Entwicklungsstufe wurde als Indikator für die Stammzahl und den Stammdurchmesser verwendet.
- *Deckungsgrad*: Der Deckungsgrad ist ein Indikator für die Stammzahl.

*Tabelle 1* zeigt die Beurteilung der verschiedenen Waldbestandestypen im Hinblick auf ihre Bremswirkung gegenüber stürzenden, springenden und rollenden Steinen und Blöcken. *Abbildung 6* zeigt die Beurteilung der Schutztauglichkeit.

## 5.3 Ausscheidung von Massnahmenflächen

Die Ausscheidung der Massnahmenflächen erfolgte durch Überlagerung der Gefahrenkarte mit der Tauglichkeitskarte. Aus dem Vergleich der Gefahrenstufen mit den Tauglichkeitsstufen wurden die Art und die Priorität von Massnahmen abgeleitet. Folgende Massnahmenarten wurden unterschieden: «erhalten» oder «verbessern» der Schutztauglichkeit. Ist die Gefahrenstufe «hoch», wurde den Massnahmen eine hohe Priorität zugeordnet. Massnahmen wurden nur für Flächen von mindestens 0,5 ha ausgeschieden.

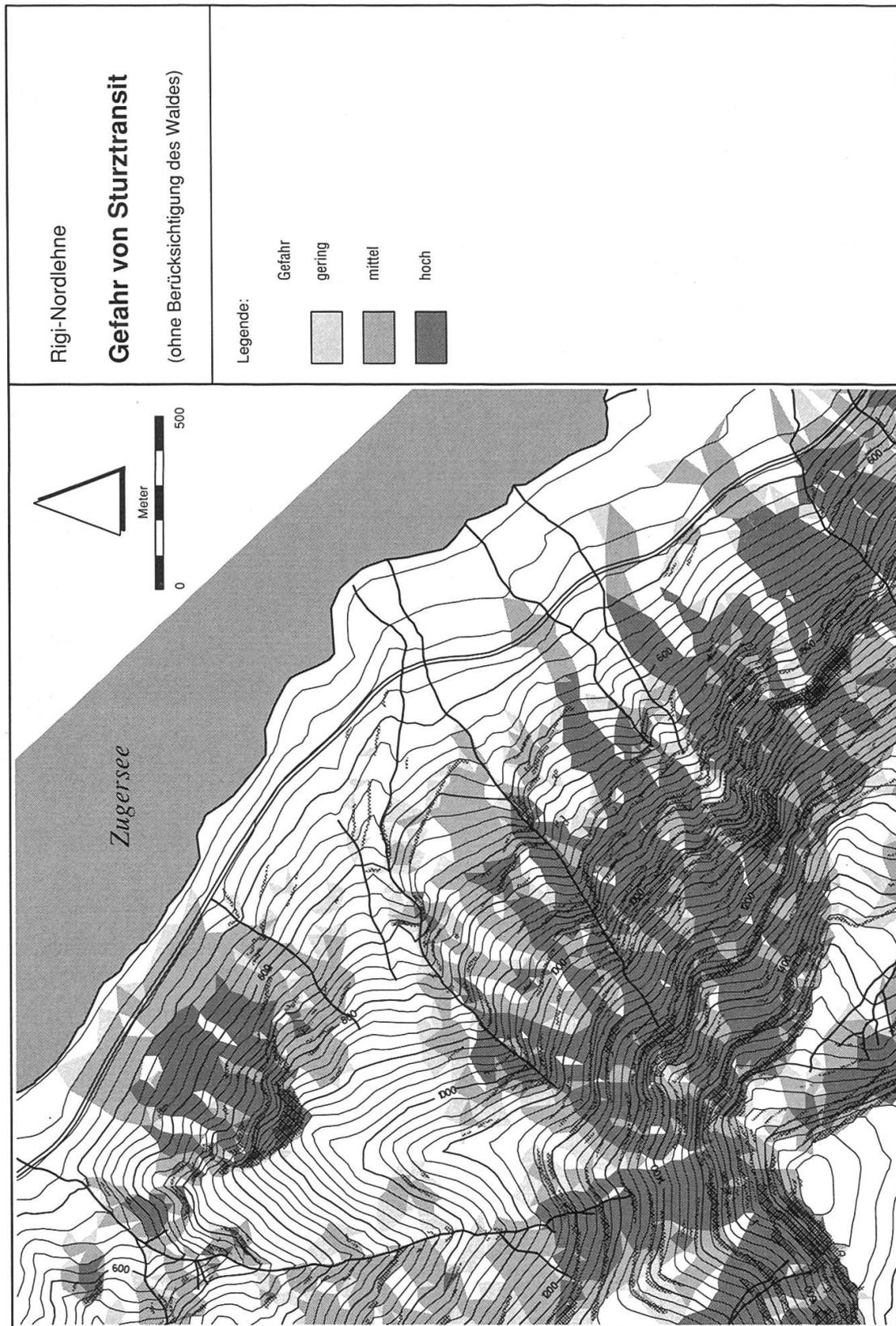


Abbildung 4. Gefahrenkarte Sturztransit und Ablagerung.

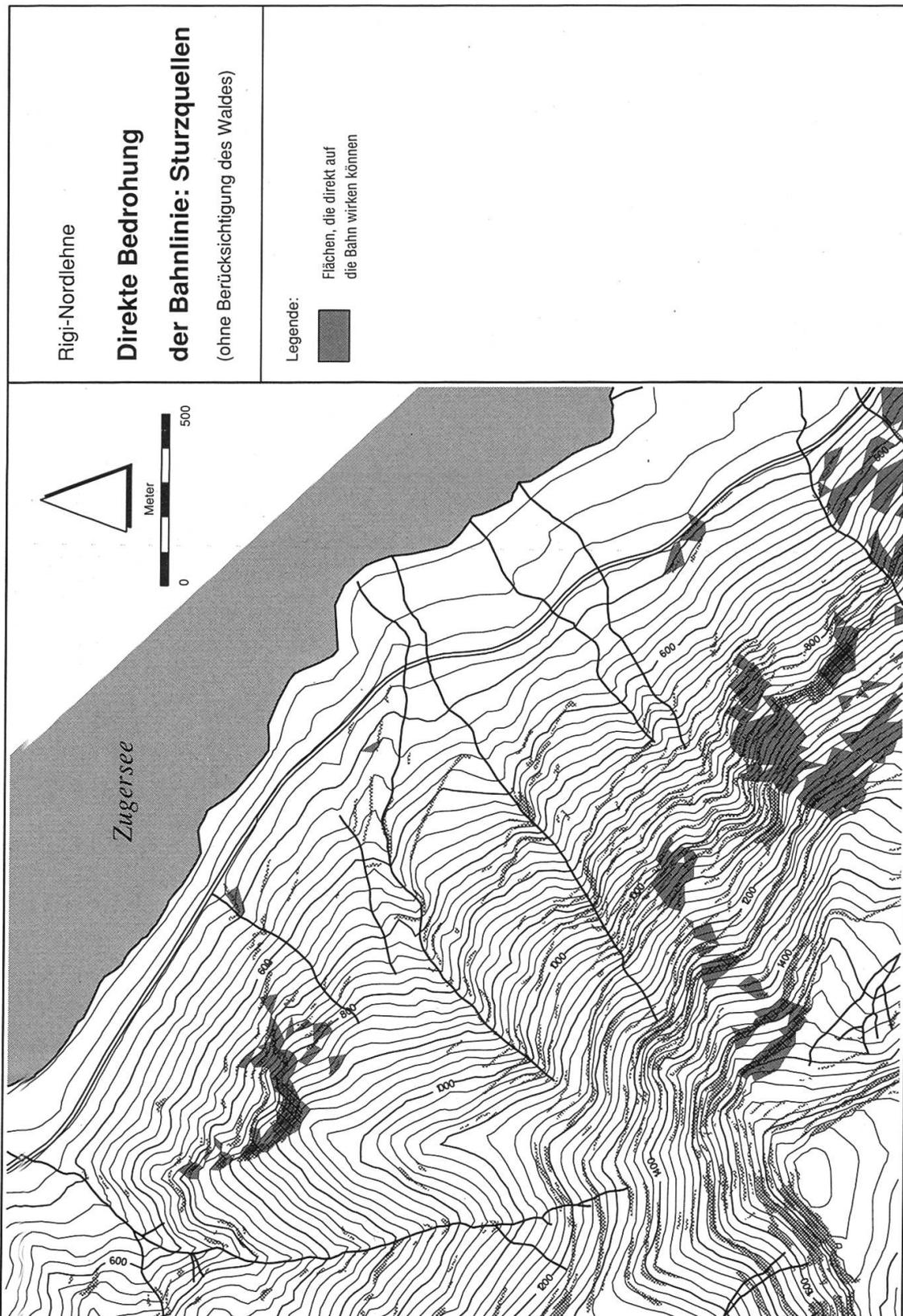


Abbildung 5. Sturz-Ablösungsgebiete, die die Bahn direkt gefährden können.

Das Verfahren für die Festlegung der Massnahmen ist in *Tabelle 2* dargestellt. Die ausgeschiedenen Massnahmenflächen sind in *Abbildung 7* dargestellt.

*Tabelle 1.* Beurteilung der Schutztauglichkeit gegenüber Sturzprozessen (Bewertungsgrundlagen nach *Gsteiger, 1989*).

Entwicklungsstufe	Deckungsgrad			
	>90%	>60-90%	>30-60%	≤ 30%
Dickung, Jungwuchs	1	1	0	0
Stangenholz	2	2	1	0
Schwaches Baumholz	2	2	1	0
Mittleres Baumholz	1	1	0	0
Starkes Baumholz	1	0	0	0
Stufiger Bestand	2	1	1	0
Schutztauglichkeit: 2 = gut 1 = beschränkt 0 = ungenügend				

*Tabelle 2.* Ausscheidung von Massnahmen aufgrund von Dispositions- bzw. Gefahrenstufe und Schutztauglichkeit.

Disposition	Schutztauglichkeit		
	ungenügend	beschränkt	gut
keine	keine	keine	keine
gering	verbessern	erhalten	erhalten
mittel	verbessern	verbessern	erhalten
hoch	<b>verbessern</b>	<b>verbessern</b>	<b>erhalten</b>
<b>fett = hohe Priorität</b>			

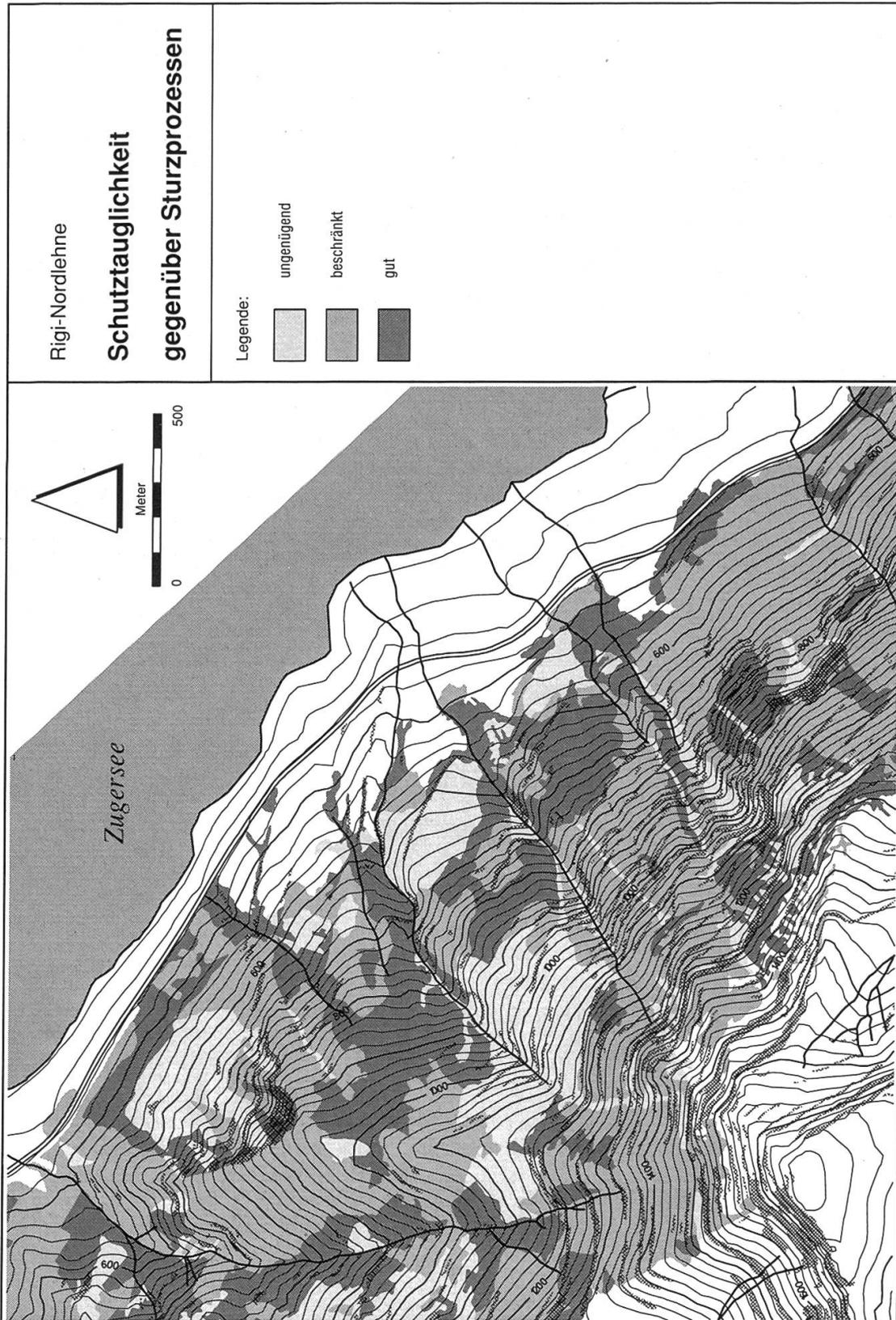


Abbildung 6. Schutztauglichkeit gegenüber Sturzprozessen.

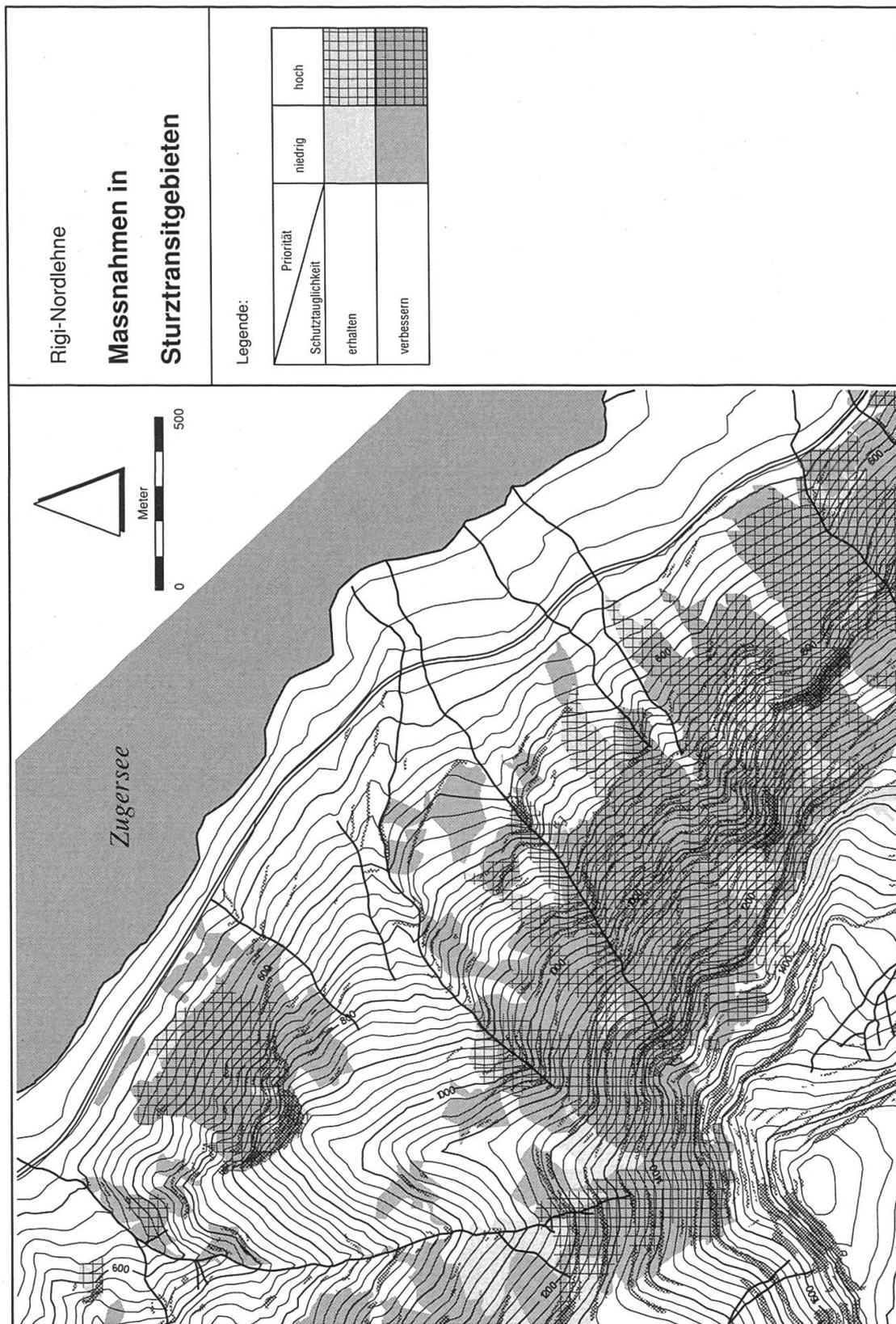


Abbildung 7. Massnahmenflächen Sturzprozesse.

## 6. Schlussfolgerungen

### 6.1 Waldbau

Das am Beispiel der Sturzprozesse vorgestellte Verfahren wurde auch bei allen weiteren Gefahren angewendet. Als Resultate liegen jetzt für alle Gefahrenarten diejenigen Flächen vor, auf denen Massnahmen vorzusehen sind. Wie die Massnahmen im Detail auszusehen haben, wurde in der Studie nicht untersucht. Für die Festlegung konkreter Massnahmen ist eine detaillierte Analyse im Feld meistens unumgänglich. Diese kann sich nun aber auf die effektiven Problemgebiete beschränken.

Trotzdem konnten aus den Felderfahrungen und aus den Modellrechnungen einige Hinweise für konkrete Massnahmen abgeleitet werden. So sind zum Beispiel:

- in Beständen, die gegen Steinschlag schützen sollen, Altholzbestände zu vermeiden. Durch eine rechtzeitige Verjüngung ist anzustreben, dass stammzahlreiche Baumhölzer 1 und 2 entstehen.
- wurfgefährdete Bäume an Hang- und vor allem an Felskanten zu entfernen.
- Gerinne und Bäche von Holz frei zu halten. Soweit möglich ist das Holz aus den Bächen zu entfernen oder auf eine unproblematische Länge zu zersägen (für die Rigi-Nordlehne 0,5 bis 1 m).
- zum Schutz vor Erosion die Kraut- und Strauchschicht in allen Beständen zu fördern oder zu erhalten.

Diese kurze Liste zeigt schon, dass, je nach Schutzfunktion, die eine Fläche zu erfüllen hat, bei den Pflegemassnahmen unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden müssen.

### 6.2 Methoden

Das an der Rigi-Nordlehne angewendete Verfahren (Gefahrenbeurteilung, Beurteilung der Schutztauglichkeit, Ausscheidung von Massnahmenflächen) lehnt sich an das von *Pfister* und *Eggenberger* (1988) vorgeschlagene Vorgehen an. Neuland betreten wurde jedoch vor allem im ersten Schritt des Verfahrens. In der grösserflächigen Anwendung von Modellen für die Ausscheidung der Quellgebiete von Prozessen und für die Ermittlung der Transitgebiete besteht noch wenig Erfahrung.

Mit Modellrechnungen kann die Genauigkeit von Feldaufnahmen meistens nicht erreicht werden. Die erreichte Genauigkeit genügt jedoch, um Problemgebiete auszuscheiden. Ein Vergleich der Simulationsresultate mit

den Feldaufnahmen in den vier Testgebieten hat eine recht gute Übereinstimmung gezeigt.

Beim zweiten Schritt des Verfahrens stellt sich vor allem das Problem der Beurteilung der Schutztauglichkeit gegen Rutschprozesse. Zwar existieren verschiedene Untersuchungen, in denen quantitative Angaben zur Interzeption und Evapotranspiration gemacht werden. Über die Wirkung auf die Speicherfähigkeit des Bodens fehlen jedoch Angaben noch weitgehend. Untersuchungen im Rahmen der Ursachenanalyse Hochwasser 1987 haben aber gezeigt, dass diesem Einfluss für die Stabilisierung eine grosse Bedeutung zukommt (*BWW*, 1991: 41–48). Die im Rahmen dieser Untersuchungen vorgenommene Bewertung der Schutztauglichkeit kann deshalb nicht mehr als ein erster Versuch sein, diesem schwierigen Fragenkomplex beizukommen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es mit dem vorgestellten Verfahren möglich ist, mit vernünftigem Aufwand auch in grösseren Gebieten eine Abschätzung der Gefahrensituation und eine Ausscheidung von Massnahmenflächen vorzunehmen. Damit ist das Verfahren, vor allem die Gefahrenbeurteilung, auch geeignet, die im neuen Waldgesetz vorgesehene Ausscheidung von Wäldern, die eine wichtige Schutzfunktion ausüben, vorzunehmen. Voraussetzung ist jedoch, dass die Gefahrenausscheidung immer zusammen mit Personen vorgenommen wird, die gute Gebietskenntnisse besitzen.

## **Résumé**

### **Les risques naturels à la versant nord de la Rigi**

La planification de mesures forestières basée sur l'appréciation de risques naturels

Dans la région de la «Rigi-Nordlehne» la voie ferrée des Chemins de Fer Suisse est menacée de différents risques naturels (surtout torrents et chute de pierres). Pour la planification de mesures de protection basée sur l'analyse des risques naturels, les travaux suivants ont été effectués:

1. Spécification de zones de danger pour les différents processus morpho-dynamiques menaçant la voie ferrée.
2. Appréciation des effets protectrices actuelles des surfaces boisées.
3. Spécification de zones prioritaires pour y établir des mesures de protection.

Ces travaux ont été réalisés à l'aide d'un système d'information géographique (ARC/INFO) et en utilisant de simples modèles de simulation.

### Literatur

- BWW* 1991: Ursachenanalyse Hochwasser 1987. Ergebnisse der Untersuchungen. Mitteilung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Nr. 4, Mitteilung der Landeshydrologie und -geologie Nr. 14. EDMZ, Bern.
- Domaas*, 1985: Rekkevidden av steinsprang. NGI rapport nr. 58500-1.
- Geo 7*, 1988: Unwetter vom 1. Juli 1987. Gutachten zuhanden der Schweizerischen Bundesbahnen.
- Geo 7*, 1990: Das Unwetter vom 29. Juli 1990 im Gantrisch-Gebiet. Gutachten zuhanden des Bundesamtes für Wasserwirtschaft und des Tiefbauamtes des Kantons Bern.
- Grunder, M.*, 1984: Ein Beitrag zur Beurteilung von Naturgefahren im Hinblick auf die Erstellung von mittelmassstäbigen Gefahrenhinweiskarten (mit Beispielen aus dem Berner Oberland und der Landschaft Davos). *Geographica Bernensia* G 23, Geogr. Inst. Univ. Bern.
- Gsteiger, P.*, 1989: Steinschlag, Wald, Relief. Empirische Grundlagen zur Steinschlagmodellierung. Diplomarbeit Geographisches Institut der Universität Bern.
- Kienholz, H., Mani, P., Kläy, M.*, 1988: Rigi-Nordlehne: Beurteilung der Naturgefahren und waldbauliche Prioritätenfestlegung. *Interpraevent*, Tagungspublikation, 1: 161–174, Gesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt.
- Pfister, F., Eggenberger, M.*, 1988: Zukunft für den Schutzwald? Methoden der Massnahmenplanung, dargestellt am Beispiel der Region «Visp-Westl. Raron» VS. EAFV, Birmensdorf.
- Scheller, E.*, 1970: Geophysikalische Untersuchungen zum Problem des Taminser Bergsturzes. Diss. Nr. 4560, ETH Zürich.
- Scherrer, H.U.*, 1984: Schadenerhebungen in den SBB-Waldungen an der Rigi-Lehne. Gutachten Forstdienst SBB, Luzern.
- Toppe, R.*, 1987: Terrain models – A tool for natural hazard mapping. In: *Avalanche Formation, Movement and Effects*. IAHS Publication No. 162:629–638.
- Vogel, A., Hantke, R.*, 1988: Zur Geologie des Rigigebietes. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern*, 30: 23–50.
- Zeller, J., Geiger, H., Röthlisberger, G.*, 1978: Starkniederschläge des schweiz. Alpen- und Alpenrandgebietes, 3, EAFV, Birmensdorf.