

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern  
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Luzern  
**Band:** 30 (1988)

**Artikel:** Naturgefahren an der Rigi-Nordlehne  
**Autor:** Kienholz, Hans / Kläy, Max / Mani, Peter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-523837>

#### **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:** 17.01.2026

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

# Naturgefahren an der Rigi-Nordlehne

HANS KIENHOLZ, MAX KLÄY, PETER MANI

## *Zusammenfassung*

An der Rigi-Nordlehne, einem der niederschlagsreichsten Gebiete der schweizerischen Alpen-nordseite (Staulage) mit extremen Starkregen, ist die Gotthardbahn mit sehr hoher Zugsdichte vor allem durch Steinschlag und Wildbäche bedroht. Die von der Bundesbahn bewirtschafteten Schutzwälder weisen z. T. starke Immissions-Schäden auf. Deshalb muss ihre künftige Schutzauglichkeit überprüft werden.

Vor allem auf der Basis von detaillierten Geländeerhebungen werden in einem stufenweisen, gut nachvollziehbaren Verfahren gewichtete Gefahrenkarten erarbeitet, welche den Wirkungsweg der einzelnen Prozesse und die Länge der bedrohten Streckenabschnitte der Bahn berücksichtigen. Mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems werden die jederzeit aktualisierbaren Informationen über den Zustand der einzelnen Waldparzellen berücksichtigt und aus dieser Verknüpfung die Prioritäten und Konzepte für forstliche und weitere (z. B. bauliche) Massnahmen abgeleitet.

## *Résumé*

Le versant septentrional du Rigi est une région du versant nord des Alpes particulièrement arrosée (situation de barrage), avec des fortes averses concentrées. Le chemin de fer du Saint-Gotthard

est menacé surtout par des torrents et des éboulements. Les forêts de protection exploitées par les Chemins de fer fédéraux sont en partie gravement atteintes par la pollution de l'air, leur capacité de protection doit être contrôlée.

Des cartes pondérées des dangers sont établies sur des données vérifiables, les relevés de terrain détaillés. Ces documents ne signalent non seulement les tronçons menacés du chemin de fer, mais aussi les effets des différents processus. Grâce à un système d'information géographique, des données mises à jour sont disponibles, permettant des corrélations entre les différentes parcelles de la forêt. Ainsi, les priorités des mesures forestières et autres (par exemple de génie civil) peuvent être définies.

## *Abstract*

The area surrounding the Rigi mountain, about 15 km to the East of Lucerne, Switzerland, is one of heavy precipitation to the North of the Swiss Alps. Thus, the Gotthard railroad with very dense traffic is endangered by rockfall and torrents. The protection forests, under the management and care of the Federal railroad show extended damage due to pollution and effective protection has to be examined.

With very detailed field observations – a step by step procedure leading to a high degree of objectivity – hazard maps have been drawn up.

They show not only the whole section of the endangered railway track but point out the possible dangerous occurrences along the slope or indirectly through the gully system. By means of a geographical information system with respect to

the state of each forest plot and its damage, detailed and easily updated information is available. In this way, priorities are given and concepts for protective measures can be derived from them.

### 1. Einleitung

Die SBB mit ihren Gebirgsstrecken sind in vielen Gebieten Nutzniesser der Schutzfunktion des Waldes gegen Steinschlag, Rutschungen, Wildbäche und Lawinen. Einen direkten Einfluss auf die Waldflege haben die SBB nur in ihren eigenen Waldungen, die aber lediglich 5% der unmittelbar wichtigen Schutzwälder ausmachen. Eine grosse, im Besitz der SBB stehende Waldfläche liegt im Gebiet der Rigi-Nordlehne, an deren Fuss die stark befahrene, doppelspurige Gotthardlinie (Immensee–Goldau) durchfährt. Im Schutz dieses Waldes liegen ausserdem die 4spurige Nationalstrasse, die Kantonsstrasse, mehrere Starkstromleitungen sowie kleinere Siedlungen.

Der Forstdienst der SBB hat den Auftrag, die langfristige Schutzwirkung dieser Waldflächen sicherzustellen. In den sehr steilen Waldgebieten ist eine wirtschaftliche Holznutzung unter den heutigen Bedingungen kaum oder überhaupt nicht möglich. Auch wenn die wirtschaftlichen Aspekte nicht vernachlässigt werden, hat sich hier die forstliche Pflege deshalb vor allem an der Schutzfunktion des Waldes zu orientieren.

Zur Einleitung und Durchführung von geeigneten forstlichen und ergänzenden Massnahmen im Hinblick auf eine optimale und nachhaltige Schutzwirkung gegenüber Naturgefahren, müssen verschiedene raumbezogene Grunddaten bekannt sein:

- räumliche Verbreitung, Intensität und Häufigkeit der einzelnen Gefahren
- die Schutzfunktion, die ein bestimmter Waldbestand erfüllen muss
- die Anforderungen, die somit an diesen Bestand zu stellen sind, damit er seine Funktion optimal und nachhaltig erfüllen kann

- der Grad des Schutzes, den ein aktueller Waldbestand einer Gefahr gegenüber bietet (Tauglichkeit) und daraus abgeleitet
- die künftige Entwicklung
  - der Schutz-Tauglichkeit der Waldbestände und
  - der Gefahrensituation

Auf der Basis dieser Grundlagen können Massnahmen geplant und Prioritäten gesetzt werden. Sie sind damit ein wichtiges Mittel für den rationellen Einsatz der Ressourcen, was bei den beträchtlichen Kosten in der Schutzwald-Pflege von grosser Bedeutung ist.

1985 wurde von den SBB eine Studie in Auftrag gegeben, die aufzeigen soll, aus welchen Bereichen der Rigi-Nordlehne der Bahn und ihrem Betrieb *Schäden durch Naturgefahren* drohen. Nach Abschluss einer ersten Etappe (Vorstudie) wurde das Gebiet der Rigi-Nordlehne am 1. Juli 1987 von einem schweren Unwetter betroffen, das grosse Schäden verursachte. Dies machte einmal mehr deutlich, welches Gefahrenpotential in diesem Gebiet vorhanden ist. Die im Anschluss an das Ereignis durchgeführte *Analyse des Unwetters* hatte die Beschaffung von Grundlagen für kurz- und mittelfristige Massnahmen zum Ziel. Sie erlaubte jedoch auch, die Ergebnisse der Vorstudie zu überprüfen und das Verständnis für die im Gebiet der Rigi-Nordlehne ablaufenden, geomorphologischen Prozesse zu fördern, was für die weiteren, laufenden Arbeiten von grosser Wichtigkeit ist (KIEHOLZ et al. 1988).

### 2. Die Rigi-Nordlehne

Die Rigi-Nordlehne präsentiert sich als getreppte Bergflanke. Sie wird durch Schicht-

köpfe der subalpinen Molasse gebildet. Der Wechsel von harten und weichen Schichten führt zu einer Abfolge von annähernd senkrechten Wänden und steilen Hängen.

Die Rigi stellt sich mit ihrem Steilaufschwung den von NW herangeführten, in der Regel feuchten Luftmassen als erstes bedeutendes Hindernis entgegen, was bei advektiven Wetterlagen zu Langregen mit grossen Niederschlagshöhen führen kann. Grossen Höhendifferenzen und Kontraste in der Bodenbedeckung tragen zur Konvektion und Gewitterbildung bei. Die Jahres-Niederschlagsmittel (1931–1960) 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 zu rechnen:

- 30jährlich:  
50–60 mm während 20 Minuten
- 100jährlich:  
90–120 mm während 20 Minuten

Wie dies im Untersuchungsgebiet u. a. die Katastropheneignisse 1934, 1939 und 1987 zeigen, sind für die Rutschungsaktivität und weitere Prozesse in den Hängen lange Niederschlagsperioden vor dem auslösenden Gewitterregen/Hagel von entscheidender Bedeutung.

Bei den *Schneeverhältnissen* ist die relativ geringe Höhenlage zu berücksichtigen. Im Extremfall (bei Föhneinwirkung) setzt die Schneeschmelze immerhin Wasser in der Grössenordnung des 30jährlichen 1-Tages-Niederschlages frei (120–140 mm).

### 3. Naturgefahren

#### 3.1 Gefährliche Prozesse

Die klimatischen und geologisch-strukturellen Voraussetzungen sowie Unterschiede in der Verwitterungsanfälligkeit und Durchlässigkeit des Gesteins und die Akkumulation von viel Blockschutt in kolluvialen Hängen,

beeinflussen die zu beurteilenden, gefährlichen Prozesse grundsätzlich wie folgt:

- Relativ grosse Neigung der Nagelfluh zur *Ablösung von Steinen und Blöcken* wegen der Klüftigkeit und wegen der häufigen Unterscheidung infolge Verwitterung und Erosion der liegenden Mergel.
- *Erosionsempfindlichkeit*
  - in den Bereichen mit anstehender Nagelfluh gering,
  - in den kolluvialen Hängen an sich gross, jedoch räumliche Begrenzung durch die regelmässig auftretenden Erosionsbasen (Nagelfluhbänke).
- *Rutschungsneigung* des Gesteins (Wechsellagerung mit Mergelschichten) und der ton- und siltreichen Böden mit gehemmter Wasserdurchlässigkeit gross. Vielerorts jedoch Stabilität infolge allgemein günstiger, hangeinwärts fallender Schichtung der Gesteinsserien.
- *Wildbachaktivität*
  - infolge der oben erwähnten, hohen Niederschlagswerte und des durch die andern Prozesse aufbereiteten Geschiebe-potentials gross.
  - Tiefenerosion der Gerinne, bedingt durch die regelmässig auftretenden Erosionsbasen, räumlich begrenzt.
- *Lawinenaktivität* bis in den Talbereich, bedingt durch die relativ geringe Höhenlage äusserst selten; einzelne Abhängen mit Schäden sind jedoch bekannt.

**3.2 Konzept für die Gefahrenbeurteilung**  
Die Sicherheit des Bahnbetriebs an der Rigi Nordlehne ist zum Teil entlang von längeren Streckenabschnitten (z. B. durch Steinschlag direkt aus dem Hang oberhalb der Bahnstrecke), zum Teil eher punktuell (z. B. Brücken über Wildbäche) tangiert. In jedem Falle finden sich entscheidende Voraussetzungen für gefährliche Prozesse in der Fläche (in den Hängen). Dies bedeutet, dass sich die Grundlagen, die Interpretationen und auch die Massnahmen auf konkrete Teilflächen beziehen. Die entsprechenden Grundlagen sind somit nach Möglichkeit kartographisch darzustellen. Aus diesen

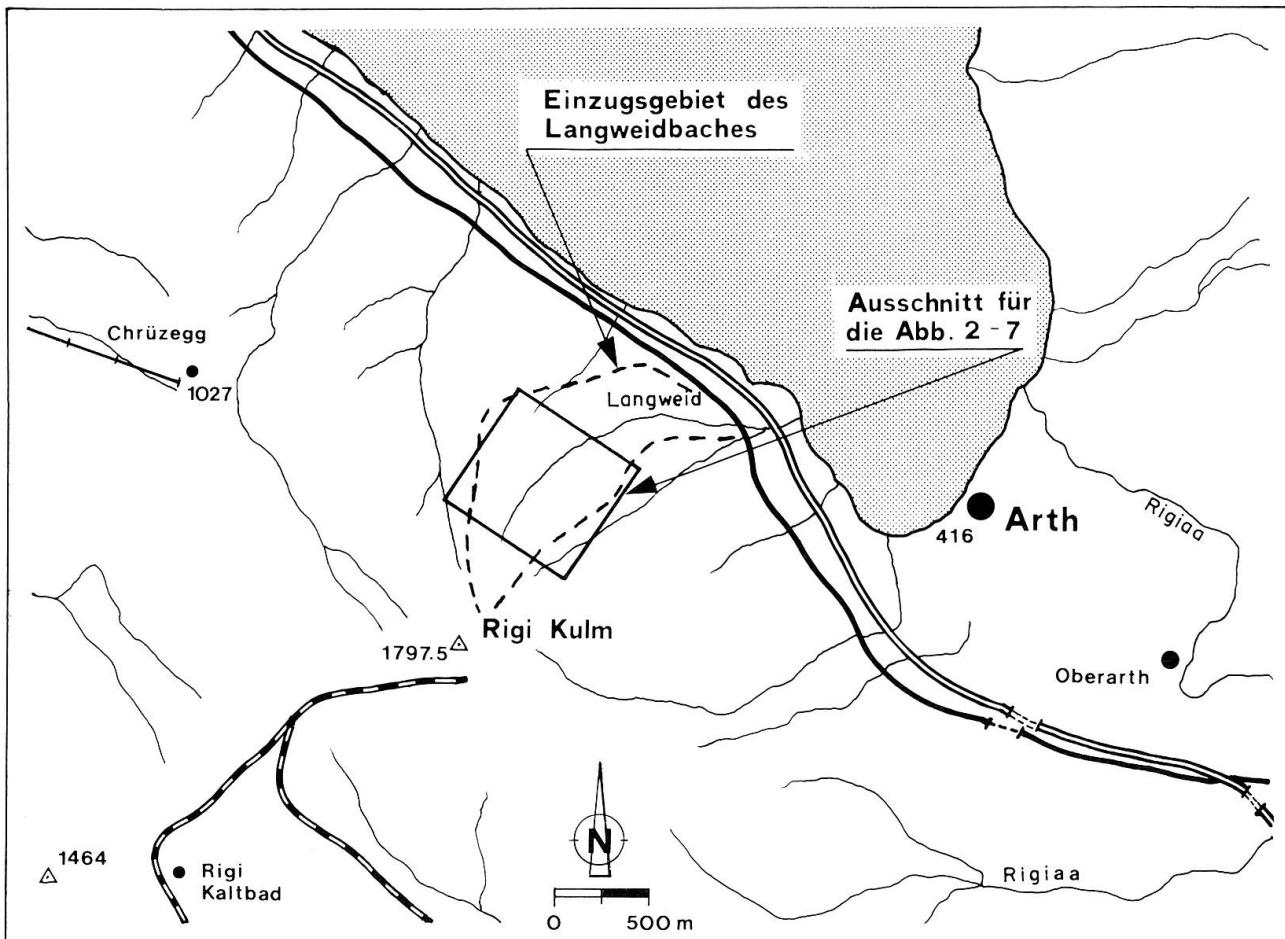


Abb. 1: Das Gebiet der Rigi-Nordlehne.

Gründen wurde für die zu bearbeitenden Gebiete an der Rigi-Nordlehne eine Sequenz von verschiedenen Kartentypen erstellt, so beispielsweise: Grundlagenkarten, Gefahrenkarten, Massnahmen-Prioritätenkarten.

Ein solches Konzept bedingt, dass grosse Datenmengen verwaltet und bearbeitet werden können und die Erstellung von Karten mit vernünftigem Aufwand möglich ist. Unter diesen Voraussetzungen bietet sich der Einsatz eines *Geographischen Informationssystems* an. Dies erleichtert auch die Prüfung verschiedener Hypothesen, weil Resultate aus Datenkombinationen auf Karten leichter verifiziert werden können, als wenn sie nur in numerischer Form vorliegen.

### 3.3 Gefahrenbeurteilung und Massnahmen

Der Ablauf der Gefahrenbeurteilung unter

Berücksichtigung des Waldzustandes wird im folgenden anhand der Rutschungs- und Erosionsgefahren in einem Ausschnitt des Langweidbaches (vgl. Abb. 1) skizziert.

Wesentliche Teile der Grundlagenarbeit erfolgen im Gelände. Hier kann nur beschränkt schematisch vorgegangen werden. Entscheidend ist, dass alle relevanten Parameter der natürlichen Gegebenheiten (Relief der Oberfläche, Geologie, Hydrologie, Bodenbedeckung) detailliert erfasst und die Spuren von früher abgelaufenen Prozessen («stumme Zeugen») richtig gelesen werden. Außerdem sind alle weiteren, zugänglichen Angaben (Berichte über frühere Ereignisse, Befragung von sachverständigen Ortskundigen) einzubeziehen.

Die im Feld erhobenen und im Massstab 1:5000 aufgenommenen *Grundlagenkarten* enthalten eine lagetreue Aufzeichnung der

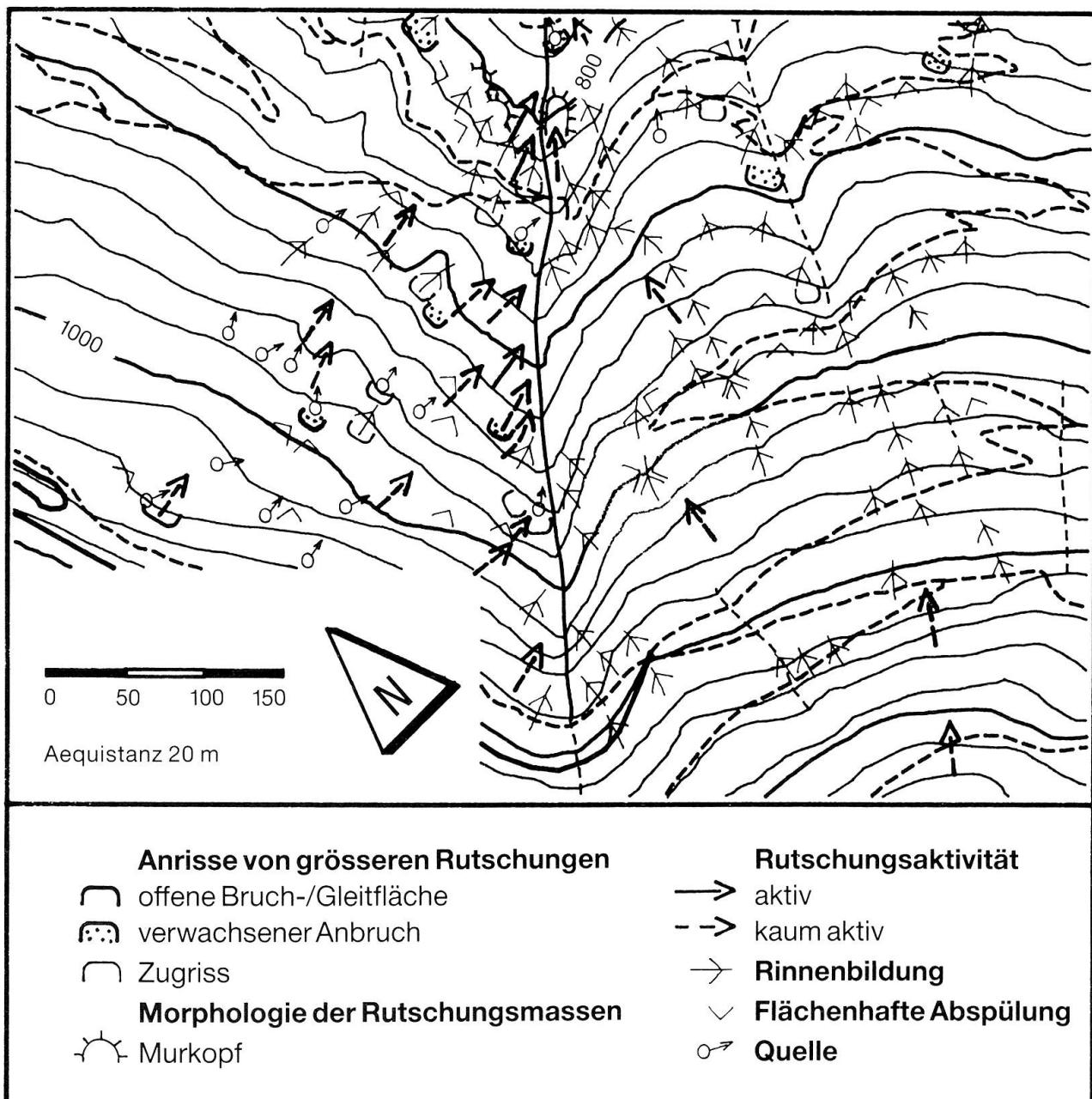


Abb. 2: Grundlagenkarte der Hangprozesse: Rutschungen und Erosion (Ausschnitt aus dem Einzugsgebiet des Langweidbaches).

für die Gefahrenbeurteilung nötigen und darstellbaren Erscheinungen und Sachverhalte mit Einzelsignaturen. Als Beispiel zeigt Abb. 2 Informationen zu Rutschungs- und Erosionsprozessen für den ausgewählten Ausschnitt im Einzugsgebiet des Langweidbaches. Hier sind Rutschungs- und Erosionsprozesse nur Geschiebelieferanten für den Langweidbach, wobei das Material auf der orographisch linken Seite hauptsächlich

durch Rutschungen, auf der orographisch rechten Seite durch Rutschungen und Erosion geliefert wird.

Aufbauend auf solche Grundlagenkarten, wurden die Gefahren (Intensität und Wahrscheinlichkeit der sich in der betrachteten Teilfläche abspielenden oder möglichen Prozesse) beurteilt und die Ergebnisse in Gefahrenkarten dargestellt.

Zur Feststellung der Intensitätsstufen und

Prozess	Intensität	Wahrscheinlichkeit
<i>Steinschlag/Felssturz</i> Ablösungsgebiete	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Komponentengrösse</li> <li>– Hangneigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Komponentengrösse</li> <li>– Hangneigung</li> <li>– in kolluvialen Hängen: Erosion/Rutschungen</li> </ul>
<i>Steinschlag/Felssturz</i> Transit- und Ablagerungsgebiete	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Komponentengrösse</li> <li>– Hangneigung</li> <li>– gestopptes Sturzmaterial</li> <li>– Rauhigkeit des Reliefs</li> <li>– Wald-Bestandesdichte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Komponentengrösse</li> <li>– Hangneigung</li> <li>– Anteil der von Sturzmaterial beschädigten Bäume</li> </ul>
<i>Rutschungen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hinweise auf aktuelle Bewegungen oder frühere Ereignisse</li> <li>– Lage der Hangoberfläche zum Schichtfallen</li> <li>– Lockermaterialbedeckung</li> <li>– Hangneigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hinweise auf aktuelle Bewegungen oder frühere Ereignisse</li> <li>– Hydrologie</li> <li>– Hangneigung</li> </ul>
<i>Erosion im Hang</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hangneigung</li> <li>– Hinweise auf Erosion</li> <li>– Rauhigkeit der Oberfläche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hangneigung</li> <li>– Waldbestockung</li> <li>– Hinweise auf Erosion</li> <li>– Rauhigkeit der Oberfläche</li> </ul>

Tab.1: Berücksichtigte Merkmale für die Ermittlung der Intensität und der Wahrscheinlichkeit von gefährlichen Prozessen.

der Wahrscheinlichkeitsstufen auch der übrigen *Hangprozesse* an der Rigi, wurden die in Tab.1 aufgelisteten Kriterien verwendet. Durch Verknüpfung der Intensitäts- und Wahrscheinlichkeitsstufen mit Hilfe einer Kombinationsmatrix, wurden schliesslich die Gefahrenstufen ermittelt. Diese Verknüpfungen wurden mit Hilfe des Geographischen Informationssystems vorgenommen.

Die Beurteilung der *Wildbachgefahr* erfolgte für den ganzen Langweidbach mit Hilfe des von ZELLER (1974) beschriebenen Laufzeitverfahrens für Hochwasserabfluss bei verschiedenen Jährlichkeiten<sup>1</sup>. Zusätzlich wurde das Geschiebepotential ermittelt und die Geschiebetransportkapazität nach SMART & JÄGGI (1983) abgeschätzt. Bei der Beurteilung der Wildbachgefahr muss berücksichtigt werden, dass die heute zur Verfügung stehenden Berechnungsverfahren von einem Hochwasserabfluss mit Geschie-

beführung ausgehen. Murgänge entziehen sich bisher jedoch solchen Berechnungen. Im Bereich des Langweidbaches wurde auch die *Lawinensituation* anhand anerkannter Verfahren überprüft.

Abb.3 zeigt die Rutschungs- und Erosions-Gefahrenkarte für den als Beispiel gewählten Ausschnitt. Es ist auch möglich, die verschiedenen Einzel-Gefahrenkarten zu einer synoptischen Karte zu kombinieren, was durch das Geographische Informationssystem erleichtert wird.

Anlässlich des bereits erwähnten Unwetters vom 1. Juli 1987 hat der Langweidbach grosse Geschiebemengen mobilisiert und im Kegelbereich zusammen mit dem benachbarten Witenschrandbach zu erheblichen Schäden beigetragen. Ergebnisse der anschliessend durchgeführten Schadenanalyse in dem hier betrachteten Ausschnitt des Einzugsgebietes des Langweidbaches sind in Abb. 4 dargestellt. Im oberen Einzugsgebiet sind mehrere, flachgründige Rutschungen abgegangen, deren Material durch den Langweidbach zum Teil weitertransportiert

<sup>1</sup> Jährlichkeit: mittlere Wiederkehrperiode (Anzahl Jahre) eines Ereignisses bestimmter Intensität.

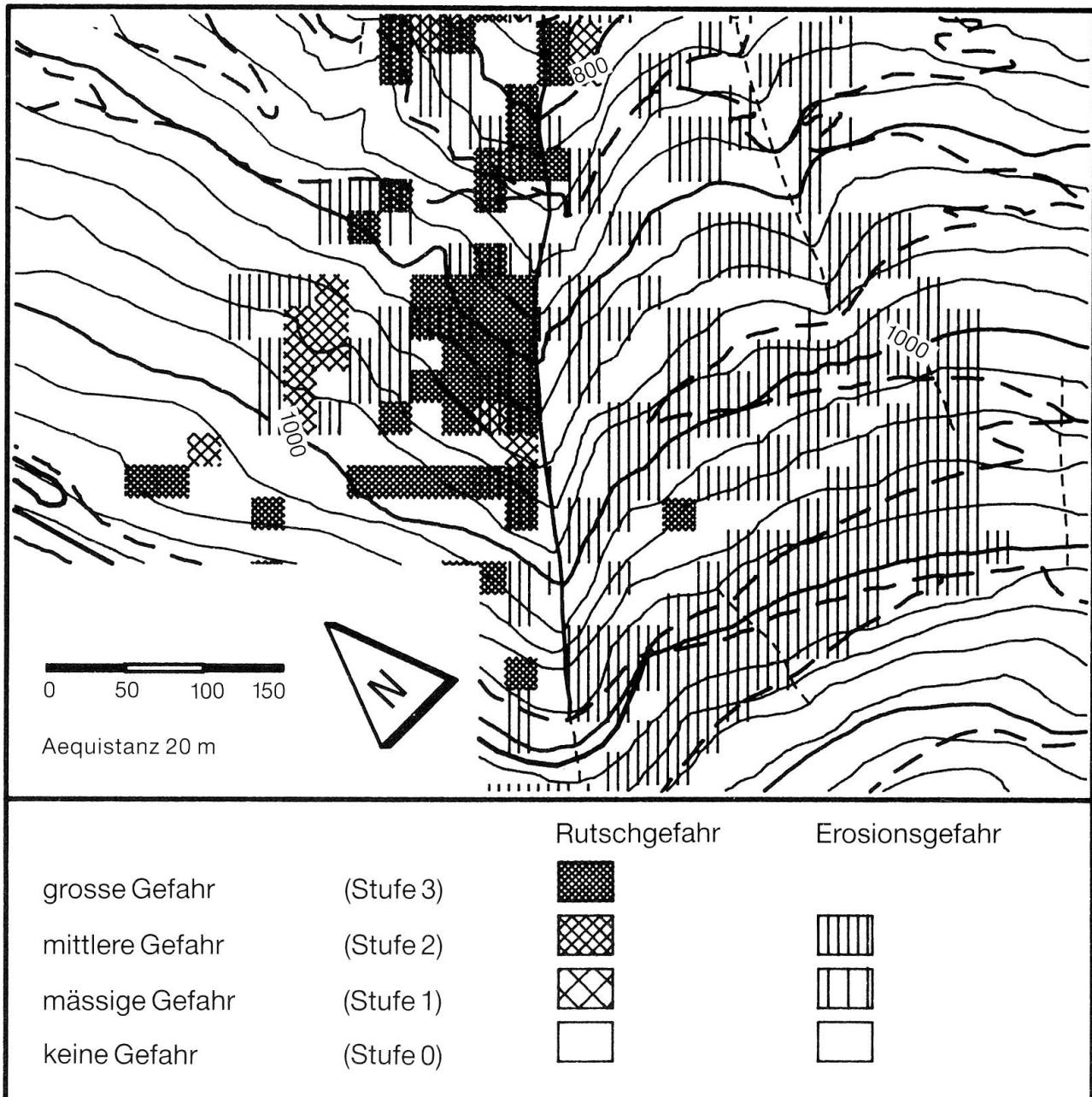


Abb.3: Gefahrenkarte der Hangprozesse: Rutschungen und Erosion (Ausschnitt aus dem Einzugsgebiet des Langweidbaches).

wurde. Auf den Hängen orographisch rechts sind aus ehemals unscheinbaren Trockenrinnen geschiebeliefernde Gerinne entstanden.

In einem nächsten Schritt werden die in den Gefahrenkarten für die einzelnen Teilflächen ausgewiesenen Gefahrenstufen nach 2 Kriterien gewichtet:

- *Wirkungsweg*: direkt aus dem Hang auf die Bahnlinie (keine Vorwarnzeit) oder via Bachrunse (Wassertransport usw.).

– *Grösse und Bedeutung des Einwirkungsgebietes*: für die Bahnstrecke an der Rigi: Anzahl der aus der betrachteten Fläche bedrohten Bahn-Hektometer-Ab schnitte.

Mit der Gewichtung nach diesen beiden Kriterien erhält man somit schliesslich für jede Teilfläche eine Aussage über die Gefährlichkeit und Bedeutung der sich dort abspielenden Prozesse an sich und über die

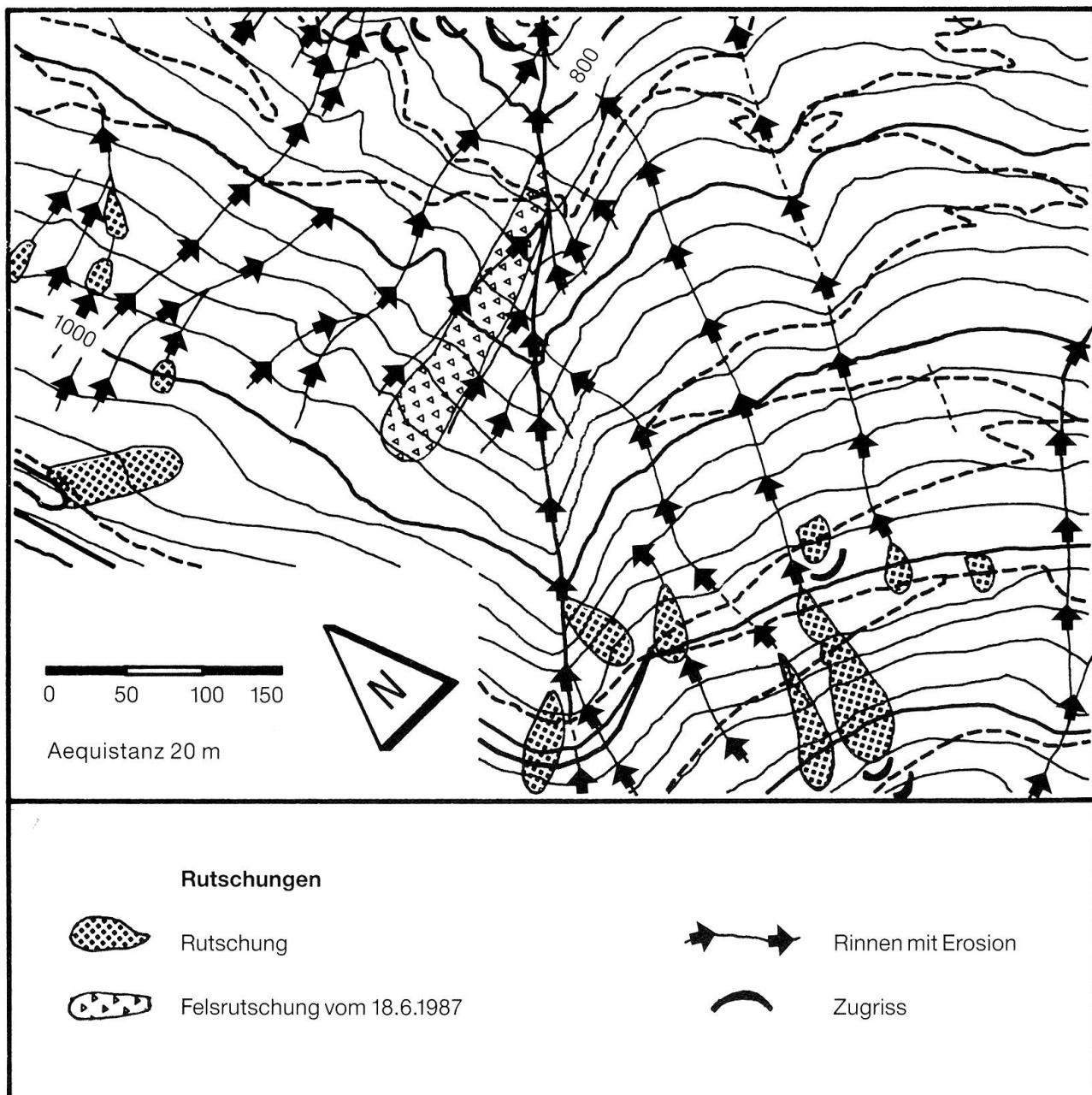


Abb. 4: Geomorphologische Schäden 1987 (Ausschnitt aus dem Einzugsgebiet des Langweidbaches).

Bedeutung dieser Prozesse für das betrachtete Einwirkungsgebiet. In unserem Beispiel (Abb. 5) hat diese Gewichtung im Vergleich zu andern Teilgebieten eine Herabstufung zur Folge, weil hier die Hangprozesse nur indirekt über die Geschiebeführung des Langweidbaches auf die Bahnstrecke wirken. Sie sind trotzdem nicht zu vernachlässigen, weil hier praktisch jede Rutschung zum Geschiebevorrat des Baches beiträgt. Im

Hochwasserfall ist im Langweidbach mit einer Geschiebefracht von ca.  $4000 \text{ m}^3$  zu rechnen, wovon ein Teil auf dem Kegel oberhalb der Bahnstrecke abgelagert werden kann. Im ungünstigsten Fall führt eine Rutschung auch zu temporärem Aufstau des Baches und schliesslich zur Auslösung eines Murganges.

Das betrachtete Gebiet ist gänzlich bewaldet. Generell ist davon auszugehen, dass ein

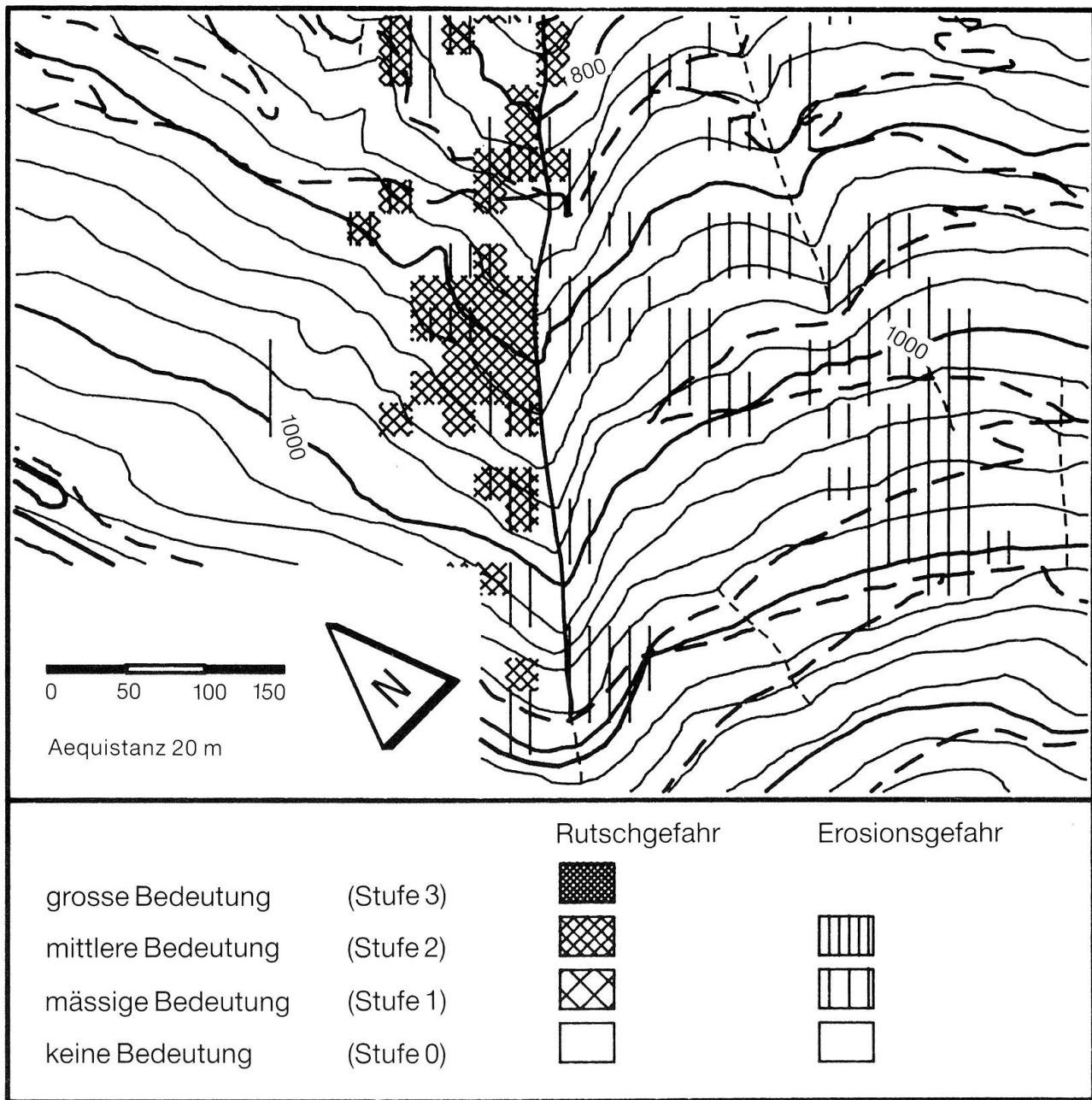


Abb. 5: Gewichtete Gefahrenkarte der Hangprozesse: Rutschungen und Erosion (Ausschnitt aus dem Einzugsgebiet des Langweidbaches).

gesunder, gutbestockter Wald rutschungs- und erosionshemmend wirkt.

Gegenüber flachgründigen *Rutschungen* (Erdschlipfen) spielen die armierende Wirkung der Wurzeln (bis zu etwa 3 m), aber auch der Wasserentzug (Evapotranspiration) aus dem Boden eine wichtige Rolle. Die Wirkung auf tiefgründigere Terrainbewegungen ist unterschiedlich; doch auch hier wirkt sich der Wasserentzug durch Eva-

potranspiration im allgemeinen günstig aus.

Der ausgeglichenere Wasserhaushalt trägt wesentlich zur *erosionshemmenden Wirkung* des Waldes bei: weniger Oberflächenabfluss und niedrigere Abflussspitzen (gerade bei Starkregen) bedeuten allgemein geringere Erosivität. Baumkronen, Unterwuchs sowie Nadel- und Laubstreu brechen die Energie des Niederschlages (wichtig vor allem bei Gewitterregen und Hagel).

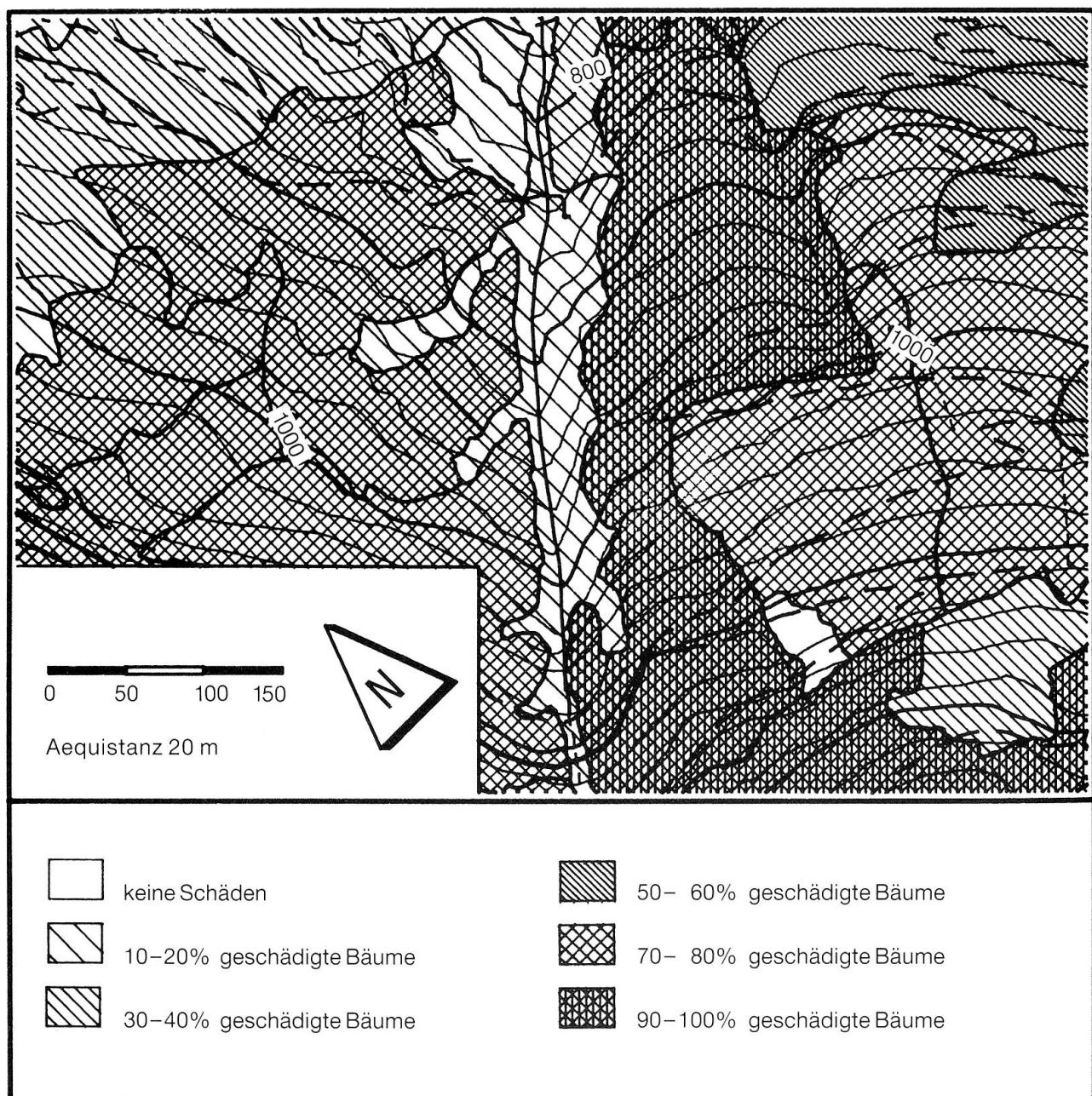


Abb. 6: Geschädigte Bäume 1984 (nach SCHERRER, 1984) (Ausschnitt aus dem Einzugsgebiet des Langweidbaches).

Erosionsmindernd wirkt auch die mechanische Stabilisierung des Bodens dank

- tiefreichender Durchwurzelung
- dichtem Netz von feinen Wurzeln in den obersten Bodenschichten und
- hohem Gehalt an organischem Material (gute Krümelstruktur).

Wie weit sind nun die bestehenden Waldbestände zur Erfüllung der obgenannten Funktionen tauglich?

Abb. 6 zeigt für das ausgewählte Gebiet am Langweidbach den Anteil der geschädigten Bäume. Die Darstellung basiert auf Daten einer Bestandes- und Waldschadenerhebung von SCHERRER (1984), die in das Geographische Informationssystem eingebaut worden sind. Diese Daten, zusammen mit den Angaben über den Bestockungsaufbau und die Entwicklungsstufe, geben Hinweise auf die aktuelle Schutzauglichkeit des Wal-

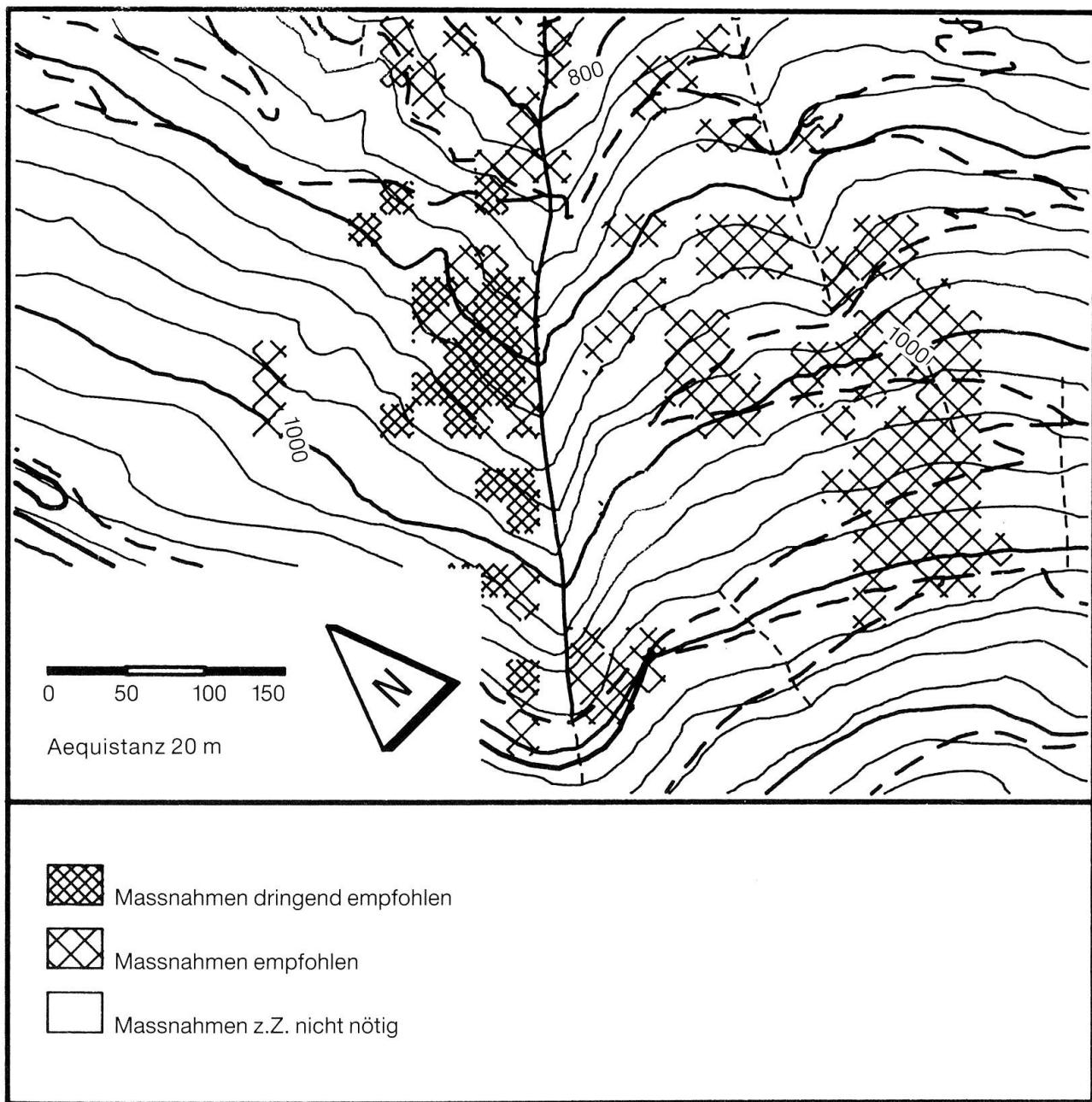


Abb. 7: Prioritäten für Massnahmen zur Verbesserung der Schutzwirkung vor Hangprozessen: Rutschungen und Erosion (Ausschnitt aus dem Einzugsgebiet des Langweidbaches).

des. So wurde an der Rigi-Nordlehne ein statistischer Zusammenhang zwischen hohem Schädigungsgrad von Laubbäumen und dem Auftreten von flachgründigen Rutschungen festgestellt. Abb. 6 zeigt einen hohen Anteil von geschädigten Bäumen auf beiden Seiten des Langweidbaches.

Aus dem Schädigungsgrad der Bestände lassen sich auch Hinweise auf die zukünftige Entwicklung ihrer Schutzwirkung ableiten.

Aufbauend auf diesen Daten kann in Kombination mit den Angaben über die gewichteten Gefahrenstufen (Abb. 5) eine Karte der Prioritäten für die Einleitung von forstlichen Massnahmen (Abb. 7) abgeleitet werden. Im Falle des hier betrachteten Ausschnittes im Langweidbach drängen sich in einigen Beständen Massnahmen in hoher Priorität auf, während bei anderen Beständen noch etwas zugewartet werden kann.

Unter dem Vorbehalt

- sorgfältig im Gelände selbst erhobener Ausgangsdaten, sowie
- einer kritischen Anwendung (und laufenden Verbesserung aufgrund neuer Erkenntnisse) von Entscheidungs- und Verknüpfungskriterien,

kann bis zu diesem Punkt nach dem beschriebenen Schema vorgegangen werden und ist der Einsatz des Geographischen Informationssystems sinnvoll.

Dieses kann allenfalls noch eingesetzt werden für eine Überlagerung der in diesem Beispiel gewonnenen Aussagen über die Rutsch- und Erosionsprozesse, mit den ähnlich erarbeiteten Angaben über die anderen Gefahren (Steinschlag und Felssturz, Erosion ausgehend vom Langweidbach selbst, Wirkung von Schneelawinen).

Die Planung der konkreten, forstlichen Massnahmen und ergänzender technischer Eingriffe müssen nun jedoch wieder genau an die örtlichen Verhältnisse angepasst werden: nicht immer gibt es Patentrezepte. Mögliche, synergetische oder auch kontraproduktive Effekte im Zusammenhang mit Massnahmen gegenüber anderen gefährlichen Prozessen, müssen an Ort und Stelle beurteilt und berücksichtigt werden.

Im hier betrachteten Ausschnitt aus dem Gebiet des Langweidbaches geht es grundsätzlich um die Dämpfung der Prozesse, welche dem Bach Geschiebe zuführen:

- *Orographisch links* hat der Wald vor allem die Aufgabe, den Wasserhaushalt günstig zu beeinflussen. Dabei ist darauf zu achten, dass auf den rutschgefährdeten Flächen möglichst niederwüchsige Bestände (geringe Hebelwirkung bei Wind) mit guten Eigenschaften bezüglich Evapotranspiration stocken.

- *Orographisch rechts* müssen die Bestände angesichts der örtlichen Rutschgefahr ähnliche Eigenschaften aufweisen. Außerdem trägt dichtes und kräftiges Wurzelwerk wesentlich zum Schutz gegen Rinnenerosion bei, wie sie an diesem Hang auftritt. Mit gutem Kronenschluss kann der Aufprall der Regentropfen auf dem Boden gedämpft und die Kroneninterzepition gefördert werden.

In Gebieten wie der Rigi-Nordlehne ist der Schutz vor Naturgefahren eine Dauer- aufgabe. Er kann nicht mit einmaligen, forstlichen und technischen Massnahmen allein gewährleistet werden. Die Waldbestände müssen dauernd gepflegt und technische Einrichtungen unterhalten werden. Sehr wichtig und unerlässlich sind außerdem regelmässige Begehungen durch gut beobachtendes und sachverständiges Personal. Nur so können Veränderungen festgestellt werden, die sich ungünstig auf die Gefahren- situation auswirken könnten.

## LITERATURVERZEICHNIS

- KIENHOLZ, H., MANI, P., KLÄY, M. (1988): *Rigi-Nordlehne: Beurteilung der Naturgefahren und waldbauliche Prioritätenfestlegung*. Interpreavent, Tagungspublikation, 1: 161–174, Gesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt.
- SCHERRER, H. U. (1984): *Schadenerhebungen in den SBB-Waldungen an der Rigi-Lehne*. Gutachten, Forstdienst SBB, Luzern.
- SMART, G. M., JAEGGI, M., (1983): *Sedimenttransport in steilen Gerinnen*. Mitt. der Versuchsanst. für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, 64, ETH Zürich.
- ZELLER, J. (1974): *Starkniederschläge und ihr Einfluss auf Hochwasserereignisse*. Bericht 126, Eidg. Anst. f. forstl. Versuchswesen, Birmendorf.
- ZELLER, J., GEIGER, H., ROETHLISBERGER, G. (1978): *Starkniederschläge des schweiz. Alpen- und Alpenrandgebietes*. 3, Eidg. Anst. f. forstl. Versuchswesen, Birmensdorf.

Dr. Hans Kienholz  
Geographisches Institut der Univ. Bern  
Hallerstrasse 12  
3012 Bern

Max Kläy  
Forstdienst SBB  
6002 Luzern

Peter Mani  
Geo 7  
Neufeldstrasse 3  
3012 Bern

