

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 83 (1991)
Heft: 7-8

Artikel: Rutschungen und Niederschlag : Untersuchungen aufgrund eines Starkregenereignisses
Autor: Egli, Thomas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941004>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.05.2025

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

Rutschungen und Niederschlag

Untersuchungen aufgrund eines Starkregenereignisses

Thomas Egli

Lockermaterialrutschungen treten oft nach Starkniederschlägen auf. Dabei beeinflussen die verschiedensten Faktoren die Stabilitätsverhältnisse des Erdkörpers. Am Beispiel der konzentriert aufgetretenen Hangrutschungen innerhalb der Gemeinde Wattwil (SG) anlässlich der Unwetter von Mitte Februar 1990 werden einige dieser mitbestimmenden Parameter näher betrachtet.

Der Monat Februar 1990 war aus klimatischer Sicht aussergewöhnlich. Auf der Alpennordseite lag die Temperatur 5 bis 7 Grad über dem langjährigen Mittel. Im Jura, in den Alpen und Voralpen betrug der Monatsniederschlag 200 bis 400 Prozent der Norm. Diese hohen Niederschläge wurden vor allem durch eine kräftige West-Nordwestströmung in der Monatsmitte verursacht. An vielen Orten traten Bäche und auch Flüsse über die Ufer. In vereinzelt Gebieten kam es zu Rutschungen. In der Ostschweiz am stärksten betroffen war das Untertoggenburg. Dabei erstaunte, wie konzentriert die Erdbewegungen auftraten. Allein im Gemeindegebiet von Wattwil kam es zu über 16 grösseren Rutschungen, die teilweise bewohnte Gebäude gefährdeten. Es stellte sich die Frage nach den Ursachen dieser gehäuft aufgetretenen Instabilitäten.

Das Niederschlagsereignis

Die obengenannte West-Nordwestströmung führte am 14./15. Februar zu einem zweitägigen Starkregen. In Wattwil wurde anhand von vier Niederschlagsmessern eine 2-Tages-Spitze von 298 mm Regen bestimmt. Dies entspricht einem ausserordentlichen Ereignis. Die 2-Tages-Regenhöhe einer Jährlichkeit von 100 Jahren beträgt für diese Region nämlich 200 mm. Im benachbarten Ebnat-Kappel betrug die entsprechende 2-Tages-Regenhöhe «lediglich» 136 mm. Solche Niederschlagsmessungen sind immer mit

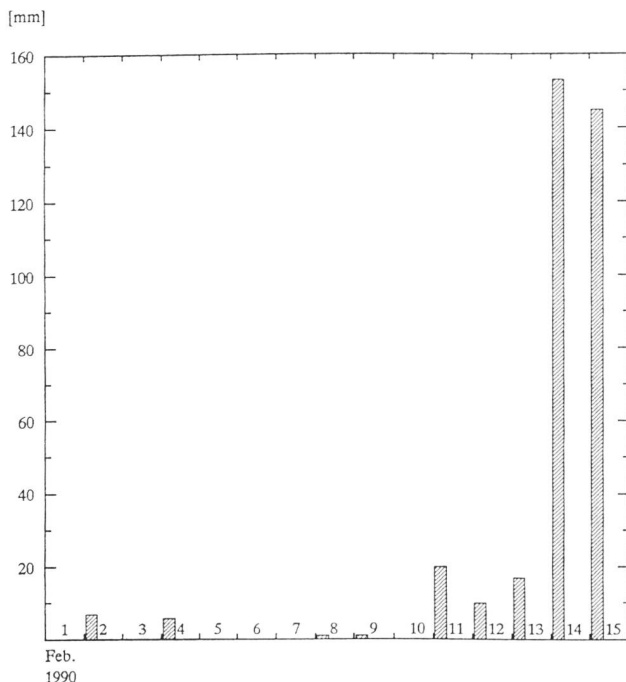


Bild 1. Gemessene Niederschlagshöhen zwischen dem 1. und 15. Februar 1990 in Wattwil (SG).

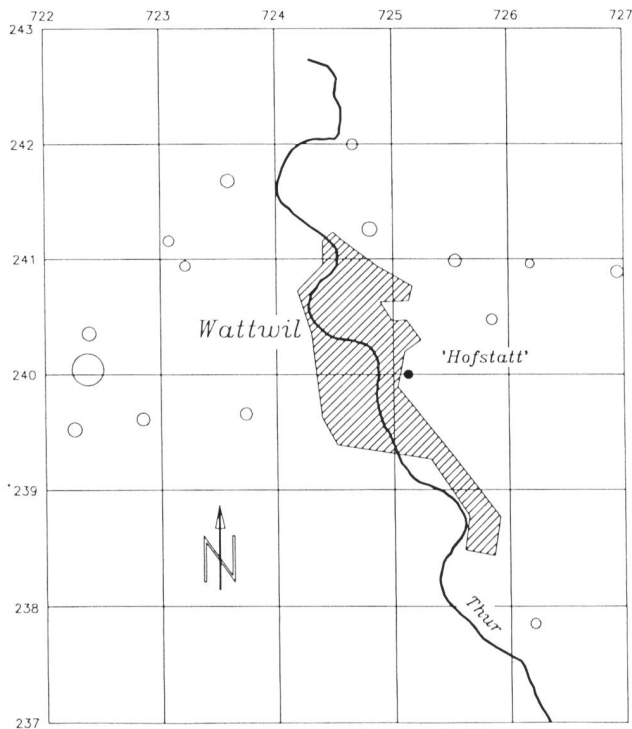


Bild 2. Grössere Hangrutschungen auf dem Gemeindegebiet von Wattwil (SG), verursacht durch die Starkniederschläge vom 14./15. Februar 1990, sind in der Kartenskizze mit einem Kreis markiert.

der notwendigen Vorsicht zu betrachten, da allein der Wind diese Grössen stark zu beeinflussen vermag. Die Verteilung der Schäden stützt jedoch die oben aufgeführten Messresultate. Beim beschriebenen Ereignis handelte es sich also um einen langandauernden Starkniederschlag von ausserordentlichem Regenvolumen. Dabei muss erwähnt werden, dass bereits während der drei vorangehenden Tage leichter Niederschlag zu verzeichnen war. Dieser fiel zu zwei Drittel der Gesamtmenge in Form von Schnee. Zwischen dem 13. und 14. Februar trat dann eine massive Erwärmung ein, so dass in tieferen Lagen sämtlicher Schnee schmolz und sich dem Abfluss des Niederschlages überlagerte. Bild 1 zeigt die gemessenen Niederschlagshöhen zwischen dem 1. und 15. Februar 1990.

Die Rutschungen

Als Folge dieses Niederschlages wurden allein auf dem Gemeindegebiet von Wattwil über 16 Hangrutschungen verzeichnet (Bild 2). Diese Böschungsinstabilitäten können vorwiegend als Deckschicht rutschungen über dem anstehenden Nagelfluhfels der Molasse charakterisiert werden. Die Gleitfläche erreichte jedoch nicht immer den Fels. Die Deckschicht ist meist inhomogen aufgebaut. Sie kann oft als Gehängelehm über verschwemmten Moränenablagerungen charakterisiert werden. Teilweise liegt der Gehängelehm direkt auf dem Molassefelsen auf. Rutschungen traten sowohl im Wies- und Weideland wie auch in Waldgebieten auf. Die Hälfte der näher untersuchten Instabilitäten war bereits vor dem Niederschlagsereignis aktiv.

Die Ursachen

Bei der Untersuchung der Rutschungsmechanismen müssen insbesondere die verschiedenen möglichen Wege des in die Deckschicht gelangenden Wassers näher betrachtet werden. Grundsätzlich wird im folgenden zwischen vier verschiedenen Typen unterschieden:



Bild 3. Anrissgebiet der Rutschung «Hofstatt».



Bild 4. Der klüftige Molassefels (Pfeil) führte zu einer kritischen Vernässung des Deckschichtmaterials von unten.



Bild 5. Auslaufzone der Rutschung «Hofstatt».

(Fotos: P. Steiner)

- die Infiltration des Niederschlages
- das Wasser im Boden
- Kluft- und Schichtwasser im Fels
- Wiedervernässungen

Die Infiltration des Niederschlages ist abhängig vom Bodentyp, der Vegetation und der Intensität des Niederschlages. Eine vollständige Infiltration des Niederschlagswassers findet statt, wenn die Regenintensität einen bestimmten Schwellenwert nicht übersteigt. Dieser Schwellenwert variiert je nach Bodentyp und Vegetation. Im betrachteten Gebiet finden sich saure, podzolige bis pseudogleyige Braunerden, die vorwiegend von Wald und Weide bedeckt sind. Für diese Böden kann ein Schwellenwert von rund 10 bis 20 mm/h angenommen werden. Diese Intensität

wurde beim untersuchten Niederschlagsereignis kaum erreicht. Es kann daher angenommen werden, dass der Hauptteil des Niederschlages in die Deckschicht infiltrieren konnte.

Der Wasserfluss innerhalb der Deckschicht muss insbesondere dort hoch gewesen sein, wo sandiges Moränenmaterial eine zusammenhängende Schicht bildet. Solche Bodenschichten treten innerhalb der betrachteten Region oft auf. Sie bewirken, dass sich ein massgeblicher Anstieg des Hangwasserspiegels erst einstellen kann, wenn die stark durchlässige Bodenschicht vollständig gesättigt ist. Dieses Verhalten wurde unter anderem anhand eines mathematischen Modells der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich [7] näher untersucht. Es zeigte sich eine Verzögerung der Sättigung des Bodenkörpers um mehrere Stunden. Ein gefährlicher Anstieg des Hangwasserspiegels kann also nur durch einen langandauernden Starkregen erreicht werden.

Die Infiltration von Kluft- und Schichtwasser aus dem Molassefels in die stark durchnässte Deckschicht war die Hauptursache der untersuchten Rutschungen. Dabei gelangte auch Schneeschmelz- und Niederschlagswasser aus höhergelegenen, flacheren Gebieten in die Talflanken. Konzentrierte Wasseraustritte bewirkten örtlich ebenfalls hohe Porenwasserüberdrücke und führten zu einer massgeblichen Verminderung der Gleitsicherheit.

In Einzelfällen wurden Rutschungen durch den konzentrierten Zufluss von Oberflächenwasser eines versiegelten Gebietes ausgelöst.

Ein Beispiel

Am Beispiel der Rutschung im Gebiet «Hofstatt» (Bild 2) wird die Wirkung des austretenden Kluft- und Schichtwassers beschrieben. Bild 3 zeigt das Anrissgebiet dieser Deckschicht-rutschung. Es handelt sich um eine mit siltig-sandigem Material verfüllte Rinne, die seitlich von klüftigen Molassefelsen begrenzt wird. In Bild 4 erkennt man diesen Sandsteinfelsen gut an der helleren Farbe (Pfeil). Das in die Deckschicht infiltrierende Kluft- und Schichtwasser führte zu einer ungünstigen Vernässung von unten (Bild 6). Die Stabilitätsreserven verkleinerten sich, bis es schliesslich zum plötzlichen Abrutschen des von oben und unten vernässten Deckschichtmaterials kam. Bild 5 zeigt die Auslaufzone mit den in Mitleidenschaft gezogenen Bauten.

Verschiedene Stabilitätsberechnungen zeigen, dass neben dem hohen Strömungsdruck des Hangwassers auch örtliche Porenwasserüberdrücke diese Rutschung ausgelöst haben.

Ein Vergleich

Als Vergleich zum beschriebenen Niederschlagsereignis wird das verheerende Gewitter vom 31. Juli 1977 betrachtet. Bei diesem kurzzeitigen Niederschlag von hoher Intensität wurden in Wattwil 80 mm Niederschlag innerhalb von 4 Stunden gemessen. Als Folge davon trat die Thur an mehreren Stellen über die Ufer. Es entstanden grosse Sachschäden infolge grossräumiger Überflutungen. Erdрут-

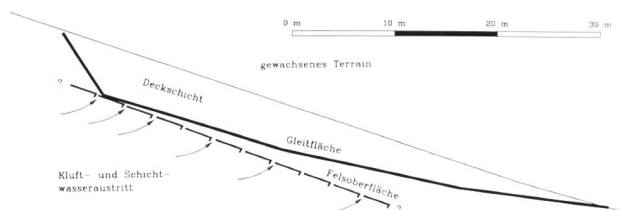
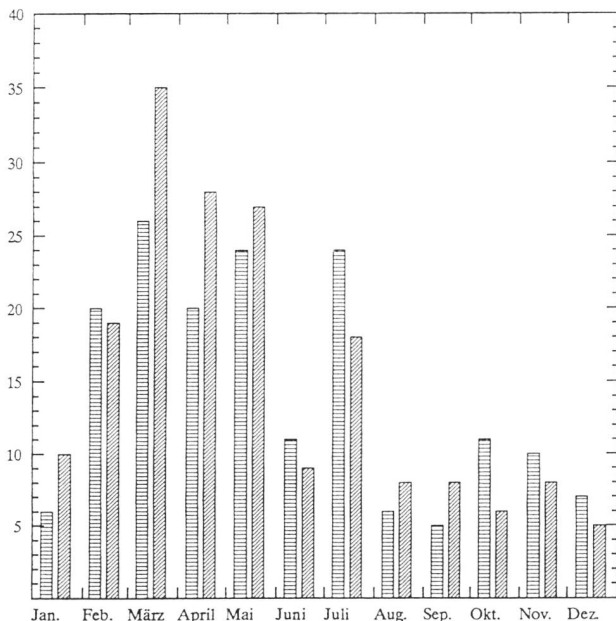


Bild 6. Schematisches Längenprofil der Rutschung «Hofstatt».

Anzahl
Ereignisse
pro Monat



■ Niederschlagsereignisse vom Typ 'Dauerregen' und 'Schneesmelze' mit Regen
■ Schadensereignisse des Typs 'Lockermaterial'

Bild 7. Korrelation zwischen Niederschlagsereignissen des Typs «langandauernder Regen» sowie «Schneesmelze mit Regen» und den aufgetretenen Lockermaterialschäden in der Schweiz von 1972 bis 1981. Datenquelle vgl. [6]. Die Säulen links stellen die Niederschlagsereignisse vom Typ «Dauerregen» und «Schneesmelze mit Regen» dar; die Säulen rechts stehen für die Schadenereignisse des Typs «Lockermaterial».

schungen traten keine auf. Das Niederschlagsereignis war von zu kurzer Dauer. Zudem wies der Boden keine Durchfeuchtung von vorangegangenen Niederschlägen auf.

Zusammenfassung

Die oben beschriebenen Vorgänge legen dar, welche Faktoren in diesem Ereignis das Auslösen von Rutschungen begünstigt haben. Die eher bescheidene Intensität des Niederschlages ermöglichte vermutlich die vollständige Aufnahme des grossen Regenvolumens durch den Bodenkörper. Dies führte zu hohen Hangwasserspiegeln mit entsprechend hohen Strömungsdrücken. Das in die Deckschicht austretende Kluft- und Schichtwasser des Molassefelsens führte zu örtlichen Porenwasserüberdrücken, die wiederum zu einer massgeblichen Reduktion der Hangstabilität führten.

Ausblick

Der Zusammenhang zwischen Dauerregen und Lockermaterialrutschungen widerspiegelt sich ebenfalls in der Statistik der Schäden. In Bild 4 wurden die namhaften Niederschlagsereignisse des Typs «langandauernder Regen» und «Schneesmelze mit Regen» den aufgetretenen Schäden infolge von Lockermaterialbewegungen gegenübergestellt. Dies für eine Periode von 10 Jahren und das gesamte Gebiet der Schweiz.

Seit längerer Zeit schon wurden daher Untersuchungen durchgeführt, um die Gefahr von Rutschungen infolge gemessener Niederschläge abschätzen zu können. Eine einfache Methode wurde vom Institut für Erdwissenschaften der Universität Florenz entwickelt [1]. Sie beruht auf der

Auswertung kontinuierlich gemessener Regenhöhen, welche mit dem Gebietsniederschlag eines bestimmten Zeitintervalls und einer bestimmten Jährlichkeit verglichen wird. Regionale Unterschiede in bezug auf die geomorphologischen Verhältnisse werden anhand eines Faktors berücksichtigt, der mit Hilfe einer Auswertung früherer Rutschungen bestimmt wird.

Die Anwendung einer derartigen Gefahrenabschätzung wäre sicher für einzelne Regionen in der Schweiz zu überprüfen.

Literatur

- [1] Capecechi, F., Focardi, P., 1988. Rainfall and landslides: Research into a critical precipitation coefficient in an area of Italy. Proceedings of the fifth international Symposium on Landslides, Vol. 2: 1131–1136, Lausanne.
- [2] Geiger, H., Stehli, A., Castellazzi, U., 1986. Regionalisierung der Starkniederschläge und Ermittlung typischer Niederschlagsganglinien. Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie, Nr. 33.
- [3] Kölla, E., 1986. Zur Abschätzung von Hochwassern in Fließgewässern an Stellen ohne Direktmessungen. Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Nr. 87, ETH Zürich.
- [4] Schweizerische Meteorologische Anstalt, 1990. Witterungsbericht vom Februar 1990. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 6: 511–512.
- [5] Zeller, J., Geiger, H., Röthlisberger, G., 1976–1980. Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf.
- [6] Zeller, J., Röthlisberger, G., 1984. Unwetterschäden in der Schweiz von 1972 bis 1981. Bericht der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Nr. 258, Birmensdorf.
- [7] Zuidema, P. K., 1985. Hydraulik der Abflussbildung während Starkniederschlägen. Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Nr. 79, ETH Zürich.

Adresse des Verfassers: Thomas Egli, dipl. Kulturing. ETH, c/o Rüegger AG, Beratende Ingenieure, Oberstrasse 200, CH-9013 St. Gallen.

Die Abwässer der Stadt Zürich und die Limmatqualität heute

Die Stadt Zürich, als Abwasserschwerpunkt im Einzugsgebiet der Limmat, bestimmt massgebend die Qualität des Limmatwassers. Untersuchungen aus den 70er Jahren zeigten, dass die im Gewässerschutzgesetz formulierten Qualitätsziele trotz der Abwasserreinigung in den damaligen Kläranlagen Zürich-Werdhölzli, Dietikon und Spreitenbach unterhalb des Werdhölzli nicht erreicht werden konnten. Ziel der Erweiterung der Kläranlage Werdhölzli war es, diese Qualitätsziele auch unterhalb der Abwassereinleitung jederzeit einhalten zu können.

Auswirkungen der erweiterten Kläranlage Werdhölzli

Um die Auswirkungen der Erweiterung der Kläranlage Werdhölzli auf die Limmatwasserqualität zu belegen, wurden die während der Erweiterungsbauten reduzierten Limmatuntersuchungen nach der Inbetriebnahme der erweiterten Anlage Anfang 1986 wieder intensiviert.

Die biologischen Untersuchungen zeigen ein sehr erfreuliches Bild.

- Das Abwasserbakterium (*Spaerotilus natans*) sowie die früher häufig aufgetretenen Ciliaten (Einzeller) konnten an keiner Untersuchungsstelle mehr festgestellt werden. Diese typischen und wichtigsten Indikatoren für Abwasser sind also aus der Limmat verschwunden.
- Bei den wirbellosen Kleinlebewesen (Makroinvertebraten) konnten die früher beobachteten grossen Unterschiede bezüglich Individuendichten von Muscheln,