

Meteorologische und klimatische Einflüsse auf Sturzprozesse

Gruner, U.

Kellerhals + Haefeli AG, Bern

Welches sind die meteorologischen und klimatischen Faktoren, welche zu Stein- und Blockschlag bzw. zu Fels- und Bergstürzen führen? Diese nicht neue Frage wurde im warmen Sommer 2006 wiederum aufgeworfen, als sich z.B. an der Ostflanke des Eigers ein spektakulärer Felssturz ereignete oder in den Alpen in den hochgelegenen Nordwänden infolge Auftauens von Permafrostbereichen vermehrt Steinschlag auftrat.

Für die Beantwortung der Frage sollen **zwei Aspekte** genauer beleuchtet werden: Unter welchen meteorologischen bzw. klimatischen Randbedingungen geschahen in der Vergangenheit (vom Spätglazial bis in die jüngste Zeit) die verschiedenen Stürze? Wie können diese Einflüsse bzw. diese Stürze felsmechanisch erklärt werden?

Aspekt 1

Eine Auswertung von rund 800 Sturzereignissen – die meisten tangierten Siedlungen oder Infrastrukturanlagen - von der Alpennordseite aus den letzten 500 Jahren, insbesondere aber aus dem 20. Jahrhundert, ergab, dass in kalten Klimaperioden wie zum Beispiel zwischen 1950 und 1980 Stürze vermehrt im Winter und Frühjahr aufgetreten sind, während in der warmen Periode zwischen 1900 und 1950 und vor allem in der noch wärmeren seit 1980 v.a. die Winterstürze anteilmässig geringer waren (Gruner 2004). Auf der andern Seite zeigten die Untersuchungen, dass der Anteil an Sommerstürzen in den letzten 25 sehr warmen Jahren nicht grösser war als in der ebenfalls warmen Periode 1900 bis 1950 und dass in den wärmsten letzten 10 Jahren dieser sogar zurückging. Bei den analysierten Ereignissen im Zeitraum zwischen 1500 und 1900 wurde zudem keine Korrelation zwischen bekannten Feucht- bzw. Warmperioden und einer Häufung von Sturzereignissen festgestellt.

Die Einflüsse des Klimas auf die heute rund 230 bekannten Bergstürzen - das sind Stürze, welche eine Kubatur von mehr als 1 Mio m³ aufweisen – in den Alpen ergibt ein eher komplexes Bild (Gruner 2006): Die Hälfte dieser Stürze dürften in der ersten Warmphase am Ende der letzten Eiszeit nach dem Rückzug der Gletscher niedergegangen sein, als eine bedeutende Hangentlastung stattfand. Bei den 12 bisher datierten Bergstürze des Postglazials (zwischen 10'000 bis 2'000 cal yBP) zeigt es sich, dass diese bei unterschiedlichen Klimaverhältnissen stattfanden: Einige der Ereignisse wie z.B. die Bergstürze von Flims und Kandersteg ereigneten sich in einem frühen, postglazialen Klimaoptimum, andere dafür in einer Kaltphase des Subboreals. Im mittelholozänen Klimaoptimum (vorwiegend älteres und jüngeres Atlantikum) sind jedoch bisher keine Stürze datiert worden. Bei den rund 70 historisch bekannten Bergstürzen seit 2'000 Jahren, v.a. aber seit dem 15. Jahrhundert, ist festzustellen, dass während der drei Kaltzeiten der Kleinen Eiszeit die Sturzereignisse tendenziell etwas weniger häufig waren als in den wärmeren Zeiten. Eine Ausnahme bildete u.a. der

bekannte Bergsturz von Goldau (1806), der sich inmitten einer kalten Zeitperiode (letzter Vorstoss in der Kleinen Eiszeit) ereignete. Die seit 1850 fortschreitende Erwärmung führte seither nicht zu einer Zunahme von Ereignissen. Die Auswertung zeigt zudem, dass ein Grossteil der historischen Bergstürze auf intensive bzw. lang anhaltende Niederschläge v.a. in den Sommer- und Herbstmonaten zurückzuführen ist.

Eine dendrochronologische Studie an 270 Stammscheiben (Stoffel et al. 2005) aus einem bewaldeten alpinen Hang im Wallis ergab, dass Steinschlag praktisch ausschliesslich während der winterlichen Wachstumsphase der Bäume zwischen Mitte Oktober und Ende Mai auftrat (mit Schwerpunkt im April und Mai). Zudem zeigte es sich, dass die Steinschlagaktivität weder durch Sommergewitter noch durch lang anhaltende Niederschläge im Herbst beeinflusst wurde.

Ein ähnlicher saisonaler Verlauf der Stürze bzw. die geringe Auswirkung von Starkregen auf Sturzereignisse wurde auch in Norwegen festgestellt (Sandersen et al. 1995). Dass extreme Niederschläge keine auffällige Häufung von Stürzen zur Folge hat, zeigte jüngst auch das Unwetter im August 2005 in der Schweiz.

Aspekt 2:

In spröden Gebirgstypen, in denen keine wesentliche Behinderung des Wasserabflusses besteht und der hydrostatische Druckaufbau nur unbedeutend ist, zeigen automatische Deformationsmessungen, dass sich bei kalten Temperaturen die Klüfte und Risse im Gebirge infolge Gesteinskontraktion zumindest oberflächennah öffnen; in der warmen Jahreszeit stagnieren sie oder gehen sogar zurück (Krähenbühl 2004, Gruner 2004). Dieser zyklische Prozess führt zur Zerstörung von Gesteinsbrücken und einer Zunahme der Klufttiefe. Der hauptsächliche Bewegungsschub findet somit in der kalten Jahreszeit statt, wobei sich die Deformationsbeträge bei sinkenden Temperaturen sowie bei Eisdruck noch erhöhen. Schneeschmelze bzw. die ersten intensiven Niederschläge im Frühjahr führen dazu, dass ein zunehmender Kluftwasserdruck aufgebaut wird, welcher (z.B. auch wenn die Eishaftung nicht mehr wirkt) einen Sturz auslösen kann. Ein schneller Wechsel von Gefrieren und Auftauen (Frost-Tau-Zyklen) hat eine ähnliche Wirkung bzw. kann den Prozess noch beschleunigen. Dieses felsmechanische Verhalten erklärt, warum v.a. die kleineren Sturzprozesse (Stein- und Blockschlag, kleinere Felsstürze) in der kälteren Jahreszeit sowie im Frühjahr häufiger auftreten als in wärmeren Zeiten (Ausnahme: Permafrost bedingte Stürze im Hochgebirge). Im Gegensatz dazu zeigen Deformationsmessungen an meist grösseren Felskörpern mit behindertem Wasserabfluss, dass diese eher „kälteunempfindlich“ sind und dafür auf Niederschläge und Schneeschmelze reagieren. Meist handelt es sich in diesem Fall um eine Berggleitung (rock slide) mit Bewegungen in grösserer Tiefe.

Schlussfolgerungen

In warmen Zeiten und v.a. auch in warmen Sommermonaten sind generell eher weniger Sturzereignissen zu verzeichnen und zu erwarten als in kalten Perioden. Eine Ausnahme bilden hier Permafrost bedingte, allerdings meist nur kleinere Stürze in sehr heissen Sommermonaten, welche den Siedlungsraum und die Infrastrukturanlagen aber kaum tangieren. Für die Auslösung von kleineren Sturzereignissen ist in erster Linie das Ausmass einer kalten Periode bzw. die Häufigkeit von Temperaturwechsel um den Gefrierpunkt (Frost-Tau-Zyklen) entscheidend. Für grössere und seltenere Ereignisse

(über 100'000 m³ bis zu Bergstürzen) sind hingegen vorwiegend die Bergwasserverhältnisse und somit das Niederschlagsgeschehen massgebend.

LITERATUR:

Gruner, U. (2004): Klima und Sturzereignisse in Vergangenheit und Zukunft. Bull. angew. Geol. 9/2: 23-37.

Gruner, U. (2006): Bergstürze und Klima in den Alpen – gibt es Zusammenhänge? Bull. angew. Geol. 11/2 (im Druck).

Krähenbühl, R. (2004): Temperatur und Kluftwasser als Ursache von Felssturz. Bull. angew. Geol. 9/1: 19-35.

Sandersen, F., Bakkehoi, S., Hestnes, E. & Lied, K. (1995) The influence of meteorological factors on the initiation of debris flows, rockfalls, rockslides und rockmass stability. Senneset (ed.): Landslides 1996: 97-113 Balkema, Rotterdam.

Stoffel, M., Lièvre, I., Monbaron, M. & Perret, S. (2005): Seasonal timing of rockfall activity on a forested slope at Täschgufer (Swiss Alps) – a dendrochronological approach. Z. Geomorph. 49: 89-106.