

GESCHIEBEKATASTROPHEN DURCH DEN TAIFUN „RUSA“ NACH WALDBRÄNDEN AN DER OSTKÜSTE DER REPUBLIK KOREA

SEDIMENT DISASTER CAUSED BY THE TYPHOON “RUSA” FOLLOWING FOREST FIRE IN THE EAST COASTAL REGION OF THE REPUBLIC OF KOREA

Masanobu Kimura¹, Kun-Woo Chun², Tomomi Marutani³ und Suk-Woo Kim⁴

ZUSAMMENFASSUNG

Im Frühjahr 2000 traten großflächige Waldbrände an der Ostküste der Republik Korea auf. Zwei Jahre später (2002) wurde das verbrannte Gebiet vom Taifun „RUSA“ heimgesucht. Durch den Niederschlagsbeitrag wurden zahlreiche flächenhafte Rutschungen ausgelöst, die erhebliche Schäden durch massenhafte Feststofflieferung verursachten. Die Häufigkeit der Rutschungen war in den Waldbrandflächen beträchtlich höher als in den waldbrandfreien Flächen, denn Waldbrände verschlechterten die physikalische Bodenstruktur sowie Bodenfestigkeit und Versickerungskapazitäten. Die Feststofftransporte in Flüssen wurden in Bezug auf die geologischen und topographischen Verhältnisse in den Einzugsgebieten in Murgänge aus den Sedimentsteingebieten und Massentransporte des Feinmaterials aus den abgewitterten Granitgebieten eingeteilt. Die durch Waldbrand beschädigten Stämme auf den Hängen wurden durch die Rutschungen in die Bach- und Flussregime verfrachtet und förderten im Verlaufs des Massentransportes Murenbildung durch Verkläuserung. Um zukünftigen Katastrophen durch Massentransporte des Geschiebes vorzubeugen, sollten durch stabilisierende Maßnahmen Schadgeschiebe fixiert und zurückgehalten werden, denn nach dem Taifunereignis sind noch genügende Schadgeschiebemassen in den Flusssohlen abfuhrbereit vorhanden.

Keywords: Flächenhafte Rutschungen, Taifunereignis, Waldbrand

ABSTRACT

The forest fire of the spring 2000 has affected extent areas in the east coastal region of the Republic of Korea. Two years later, the typhoon “Rusa” has brought a heavy rain storm in the burned area. Consequently numerous landslides with shallow shapes took place and caused serious damages through the delivery of a large amount of sediment. The frequency of landslides was considerably higher in the burned area as compared to the unburned area, because the forest fire had deteriorated the physical properties of ground surface such as ground solidity and percolation capacity. Sediment transport on the river bed was strongly

1) Assoc. Professor, Gifu University, Gifu 501-1193, Japan; e-mail: kimura@gifu-u-ac.jp

2) Professor, Kangwon National University, Chungchon 200-701, Republic of Korea

3) Professor, Hokkaido University, Sapporo 060-8589, Japan

4) PhD Student, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060-8589, Japan

dependent on the geological and topographical conditions, differentiating debris flows in the sediment stone area and mass transport of fine materials in the weathered granite area. Trees damaged by forest fire on slopes converted to drift wood and enhanced the magnitude of debris flow by jamming the flow course. In order to prevent the disastrous sediment transport in future, mitigation procedures for stabilization are necessary to fix and store the mobile sediment, because a large quantity of sediment is still remained on the river bed and ready to be reworked.

Keywords: Shallow landslide, Typhoon disaster, Forest fire

EINFÜHRUNG

Das Taebaek Gebirge ist die von Norden nach Süden verlaufende Gebirgskette und Wasserscheide auf der koreanischen Halbinsel und liegt deutlich im Osten, wodurch die Flüsse nach Osten wesentlich kürzere Lauflängen und in den Oberläufen steile Sohlengefälle aufweisen (Abb. 1). Die ungeordneten Kahlschläge in der Kolonialzeit und Verwüstungen während des Koreakrieges verheerten landesweit die Gebirgswälder. Die intensive Aufforstung im den ungeschützten Kahlgebirgen begann erst nach Kriegsende (Lee, 2002). Die Ostseite des Taebaek Gebirges ist klimatisch so ausgeprägt, dass im Frühjahr öfter starker Wind mit Geschwindigkeiten über 20 m/sec weht, der an der Wasserscheide zum Föhn mutiert und dadurch das Entstehen von Waldbränden begünstigt. Zwischen den Jahren 1960 und 2000 wurden im Bereich der Republik Korea 17.000 Waldbrände dokumentiert. Die dadurch beeinträchtigte Waldfläche betrug insgesamt rund 1.500 km².

Im April 2000 traten die Waldbrände weitgehend an der Ostküste auf. Die Brände vernichteten eine Waldfläche von 238 km². Dies entspricht rund 0.4 % der gesamten Waldflächen der Republik Korea. Ende August 2002, zwei Jahre nach den Waldbränden, überquerte der Taifun „Rusa“ die koreanische Halbinsel mit extremen Regenfällen und verursachte zahlreiche Rutschungen auf den Berghängen der Ostküste. In mehreren Einzugsgebieten kam es zu umfangreichen Gieschiebekatastrophen oder Muren mit insgesamt 246 Toten und einer Schadenssumme von rund 4 Milliarden Euro.

Die Waldbrände lassen nicht nur die Vegetationsbedeckungen auf der Bodenoberfläche verschwinden, sondern verschlechtern auch die mechanischen und chemischen Eigenschaften der Bodenoberfläche und des Oberbodens und beschleunigten dadurch den Abtrag des Bodens von den Hängen. Aus diesem Grunde sind die Waldbrände als der bedeutende Faktor für die Fortsetzung der verheerenden Schäden im Einzugsgebiet und die Erhöhung der Katastrophen-



Abb. 1: Flussnetz in Republik Korea

Fig. 1: Network of rivers in the Republic of Korea

gefahr anzusehen.

In diesem Bericht wurden aufgrund von Geländeuntersuchungen und Luftbildanalysen die Eigenschaften der Rutschungen und der Massentransportprozesse im Vergleich zu Waldbrand-einzugsgebieten und waldbrandfreien Einzugsgebieten betrachtet, um die Einflüsse der Waldbrände auf Prozesse der Geschiebeerzeugung und -lieferung zu erklären. Indem die Eigenheiten der Einzugsgebiete hinsichtlich der Geschiebeproduktion berücksichtigt wurden, wurde gleichzeitig versucht, zweckmäßige technische Gegenmaßnahmen zur Katastrophenvorbeugung im betroffenen Gebiet vorzuschlagen.

RUTSCHUNGEN AUS WALDBRANDFLÄCHEN

Der Taifun "Rusa" führte zu extremem Regen mit einem maximalen Stundenniederschlagswert von 98 mm und einem Tageshöchstwert von 870 mm, gemessen in der Hafenstadt Gangneung an der Ostküste, wo die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme zwischen 1.100 und 1.300 mm liegt. Die in Folge des Taifuns aufgetretenen Rutschungen hatten in der Republik Korea eine Fläche von insgesamt 2.304 ha. Allein an der Ostküste betrug die Rutschungsfläche rund 1.171 ha. Wenn die Untersuchungsdaten über die abgerutschte Bodenmächtigkeit (Korea Forest Service, 2003) angenommen werden, ist die durch diese Rutschungen in die Flüsse eingebrachte Schadgeschiebefracht mit 3-4 Mio. m³ einzuschätzen. Der Rutschungszustand nach dem Taifunereignis in Gangneung, wo die Flächengröße sämtlicher Rutschungen mit 591 ha und die Anzahl mit 3.012 Orten festgestellt wurde, ist als ein Beispiel in Abb. 2 und die Verteilung der Rutschungen in Abb. 3 dargestellt. Die flächigen Rutschungen konzentrierten sich in einem relativ engen Raum. Die gesamte Rutschungsfläche betrug zwar 112.3 ha aus 1.748 ha Waldbrandflächen und 478.7 ha aus 83.172 ha waldbrandfreien Bereichen, jedoch belief sich der Flächenanteil der Rutschungen aus den Waldbrandflächen auf 6.4 %, ein zwölfmal höherer Wert als der Wert von 0.6 % aus den



Abb. 2: Rutschungen auf verbrannten Hängen

Fig. 2: Landslides on burned hillslopes

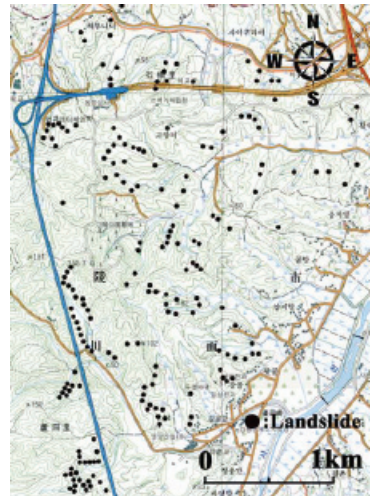


Abb. 3: Verteilung der Rutschungen im Einzugsgebiet Sacheonmyeon

Fig. 3: Distribution of landslides in the Sacheonmyeon catchments

waldbrandfreien Bereichen. Die Dichte der Rutschungen in den Waldbrandflächen betrug 83 Rutschungen pro km², dies entspricht dem 45-fachen Wert in der waldbrandfreien Bereichen (Gangneung City Office, 2003).

Geologisch gesehen wird die Republik Korea in 28 % Flächenanteil Granit und auch 28 % Granit-Gneise jeweils in Jurazeit eingeteilt sowie zusätzlich 20 % im präkambrischen metamorphischen Sedimentgestein. An der Ostküste dominiert der stark verwitterte Granit im Nord- und Mittelbereich, im Südbereich herrschen Granit-Gneise sowie die Sedimentgesteine vor. Rund 68 % sämtlicher Rutschungen beim Taifunereignis an der Ostküste traten in abgewitterten Granitsgebieten auf. Wie in Abb. 4 zeigt, befinden sich davon 64 % der Rutschungen im Mittelbereich der Hänge und 80 % in der Meereshöhe zwischen 50 und 150 m. Die Breite der Rutschungen variierte zwischen 3 und 34 m, und 77 % der gesamten Rutschungen hatte eine Länge von kürzer als 25 m.

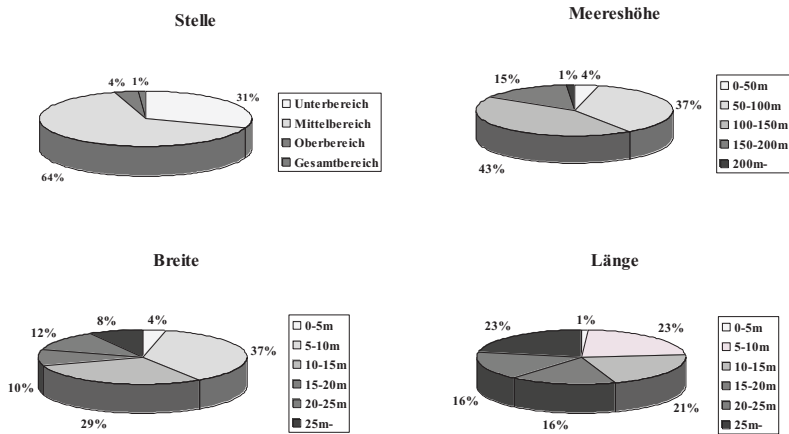


Abb. 4: Prozentanteil der Rutschungen in Bezug auf den Standort und das Ausmass in abgewitterten Granitgebiet
Fig. 4: Ratio of landslides concerned the location and scale in the weathered granite area

Die Mächtigkeit der abgeglittenen Rutschungen schwankte zwischen 0.2 und 0.8 m. Im Durchschnitt waren die Rutschungen flächig und wiesen einen Mittelwert von weniger als 0.5 m Tiefe auf (Suzuki et al., 2003). Die Ursachen sind auf den Verlust der Humusschicht und die Zerstörung des Oberbodens durch Waldbrände sowie die schwach entwickelten Böden auf verwittertem Granit zurückzuführen. Die meisten Rutschungen sind relativ kleinräumig mit einer Flächengröße zwischen 100 und 200 m². Rund 38 % sämtlicher Rutschungen zeigt ein Hanggefälle zwischen 30 und 40° mit einem Mittelwert aller Rutschungen von ca. 39°.

Der Waldbrand verschlechtert die hydrologische Eigenschaft der Bodenoberfläche wie z.B. die Verringerung der Versickerungsfähigkeit und die Abnahme der Wasserdurchlässigkeit im Unterboden (Shakesby et al., 1993; Rab, 1996). Dadurch werden die Abflussverhältnisse am Hang negativ beeinflusst und verändert. In den Einzugsgebieten in der Provinz Goseong und der Stadt Gangneung, welche beide zur Zone des abgewitterten Granits gehören, sowie einem der Sedimentgestein-Zone zuzuordnenden Einzugsgebiet in der Stadt Samcheok wurden die oberflächennahen physikalischen Bodenstrukturen auf Waldbrandflächen im Vergleich zu den anliegenden waldbrandfreien Hängen untersucht.

Wie in der Abb. 5 dargestellt, zeigte die Bodenfestigkeit auf Waldbrandflächen bei 5, 10, 15 und 20 cm Tiefe in drei Einzugsgebieten jeweils die größeren Werte im Vergleich zu den Werten auf waldbrandfreien Hängen. Ebenso nahm die Lagerungsdichte des Bodens auf Waldbrandflächen in Goseong um 15 %, in Gangneung um 6 % und in Samcheok um 3 % zu (Abb. 6). Die Zunahme beider Faktoren ist auf das Zusammenfügen der Bodenbestandteile im Oberboden unter Abspülung des Feinmaterials zurückzuführen. Im Gegensatz dazu nahm der Wert der Grob-Porosität (bei pF 2.8) in Goseong auf 15 %, in Gangneung auf 14 % und in Samcheok auf 4 % ab (Abb. 7). Der Waldbrand beeinträchtigte außerdem die Infiltrationskapazität der Bodenoberfläche, deren Wert sich in Goseong auf 42 %, in Gangneung auf 59 % und in Samcheok auf 15 % verringerte (Abb. 8), bedingt voraussichtlich durch die Krustenbildung des Mineralbestandteils bei Brandhitze. Die Wasserdurchlässigkeit des Unterbodens reduzierte in Goseong auf 20 %, in Gangneung auf 33 % und in Samcheok auf

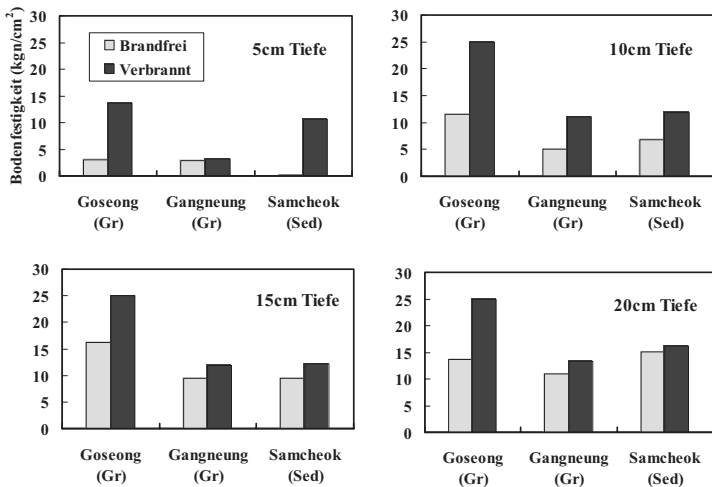


Abb. 5: Bodenfestigkeit in verbrannten und brandfreien Hängen

Fig. 5: Soil compaction on burned and unburned slopes

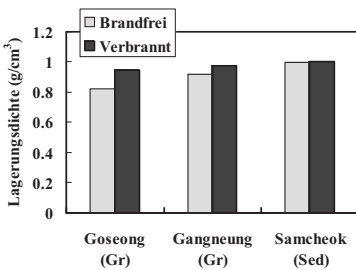


Abb. 6: Lagerungsdichte der Bodenoberfläche

Fig. 6: Bulk density of soil surface

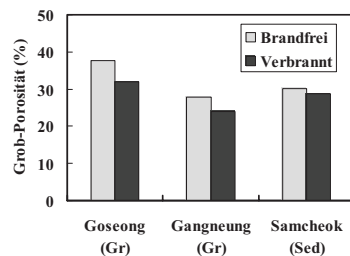


Abb. 7: Grob-Porosität im Oberboden (bei pF 2.7)

Fig. 7: Coarse porosity of top soil (at pF 2.7)

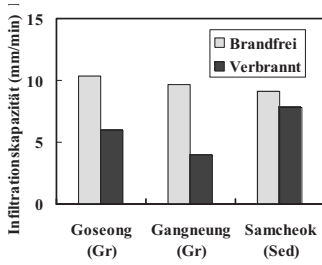


Abb. 8: Infiltrationskapazität des Oberbodens
 Fig. 8: Infiltration capacity of the top soil

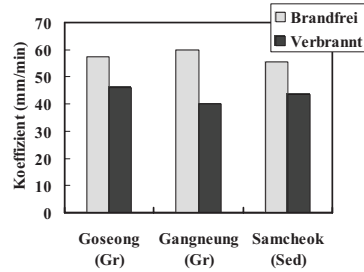


Abb. 9: Koeffizient der Wasserdurchlässigkeit im Unterboden
 Fig. 9: Coefficient of water permeability of the subsoil

22 % (Abb. 9). Die negative Auswirkung der Waldbrände auf Bodenstruktur ist insbesondere in der Zone des verwitterten Granits deutlich zu erkennen.

Die Grob-Porosität und die Infiltrationskapazität sind bedeutende Indikatoren für die Wasseraufnahme im Boden. Der Durchlässigkeitsbeiwert bezieht sich zudem eng auf den Wasserumlauf im Unterboden. Eine Versuchsanordnung bezüglich des Feststoffabtrages auf Hängen mittels eines Lysimeters zeigte, dass der Feststoffabtrag auf Waldbrandflächen Werte zwischen 200-700 g/m² aufwies, falls der Niederschlag 200 mm überschritt, während die Werte auf waldbrandfreien Hängen bei gleicher Niederschlagshöhe höchstens 100 g/m² betragen (Seo, 2003). Aufgrund dieser Ergebnisse und den Vergleichswerten bezüglich der oberflächennahen Bodenstruktur ist festzustellen, dass die Abnahme der Versickerungsfähigkeit von Bodenoberflächen durch Waldbrände den Oberflächenabfluss steigert und im Zusammenhang mit der Reduzierung der Wasserdurchlässigkeit im Unterboden das Auslösen einer Rutschung begünstigt.

Im Untersuchungsgebiet werden seit Anfang 1960er Jahre intensive Aufforstungen durchgeführt. Heute sind auf den Berghängen prächtig entwickelte Bestände mit Rotkiefer (*Pinus densiflora*) und Lärche (*Larix leptolepis*) anzusehen. Die von Waldbränden betroffenen Bäume waren größtenteils Rotkiefer mit dem Alter von 35-40 Jahren, einer Höhe von 12-15 m, einem durchschnittlichen Brusthöhendurchmesser von 20 cm und der Bestandesdichte von 400-900 Individuen/ha.

Nach dem Waldbrand im Jahr 2000 wurde auf den betroffenen Berghängen als Sofortmaßnahme weitgehend 4-8 jähriger Pflanzen von Rotkiefer, Bergahorn (*Acer palmatum*) und Eichen-Arten (*Quercus mongolica*, *Quercus variabilis*) gesetzt. Die hervorragenden Zuwächse von über 50cm pro Jahr betätigten die Richtigkeit der Pflanzwahl (Society of Korean Forest Conservation, 2005). Die stabilisierende Wirkung dieser Aufforstung war allerdings nicht ausreichend, da das Taifunereignis nur ein Jahr nach der Pflanzung erfolgte und die zur Stabilisierung erforderliche Wurzelbildung noch nicht abgeschlossen war (Abb. 10).



Abb. 10: Rutschungen auf der Aufforstungsfläche
 Fig. 10: Landslides in the reforestation area

In der Republik Korea ist heute noch eine althergebrachte Sitte verbreitet, die Toten in einem kreisförmigen Erdgrab auf einem terrassierten Berghang zu bestatten. Neben den Rutschungen auf normalen Berghängen zerstörte das Taifunereignis 2002 auch Friedhöfe, die dadurch eine gewisse Rolle als Geschiebeherde spielten (Abb. 11). Als Geschiebeherde dienten auch Forststrassen in Einzugsgebieten. Durch Abrutschung talseitiger Böschungen wurde das Geschiebepotential empfindlich vergrößert (Abb.12).



Abb. 11: Zerstörung der Friedhöfe auf dem Hang
Fig. 11: Destroying of the cemetery on the hillslope



Abb. 12: Abrutschung talseitiger Strassenböschungen
Fig. 12: Sliding of the road embankment

EIGENHEITEN DER FESTSTOFFMOBILISIERUNG

An der Ostseite des Taebaek Gebirges mit der Höhe der Wasserscheide zwischen 1.000 und 1.500m ü.M. haben die meisten Flüsse eine Lauflänge kürzer als 50 km. Vom Mittellauf abwärts wird die Gebirgsform sanfter wie bei einem „alten“ Gebirgszug. Die flachen Küstenebenen greifen tief in den Gebirgszug ein. Das Längsprofil ist daher in den Oberläufen ziemlich steil und verändert sich signifikant bei Erreichen des Unterlaufes. Eine Entwicklung großräumiger Schwemmkegel ist daher nicht zu beobachten. Die Flachstrecken der Unterläufe dienen der Landwirtschaft, meistens Reisanbau und auf den Hängen dem Gemüseaubau. Die Siedlungen befinden sich verstreut auf der Ebene und den Hängen.

Nach dem Waldbrand im Jahr 2000 wurden die verbrannten Bäume teilweise abgeholzt, jedoch nicht abgeräumt. Die beschädigten Bäume, tote, vertrocknende und lebende verblieben am Standort (Abb. 13). Beim Taifunereignis wurde eine große Anzahl solcher Stämme sowie auf den Hängen zurückgelassene Schlagabraum durch Rutschungen ins Tal befördert und führte durch Verkläuserung zur Murenbildung und zusätzlicher Mobilisierung von Feststofffrachten (Abb. 14).

Im Einzugsgebiet Guncheonchon, das zur Sedimentgesteinzone gehört, trug dieser Prozess mit dem im Flusslauf bereits vorhandenen kugelförmigen Geschiebe (mit



Abb. 13: Beschädigte Bäume auf Berghängen
Fig. 13: Damaged trees on the mountain slope

Korngrößen zwischen 0.5 und 1.3 m) entscheidend zur Murenbildung bei (Abb. 15). Das mit Geschiebe zusammen abtransportierte Treibholz führte unterwegs im Flusslauf und bei Brücken zu Verklausungen und verursachte, bei einer früheren Flussbreite von etwa 50 m, über lange Strecken Geschiebeablagerungen mit rund 2 m Mächtigkeit im flachen Flussbett und großflächige Überschwemmungen im Unterlauf.

Wie in Abb. 16 gezeigt, war in Gebieten aus verwitterten Granit die Auswaschung des



Abb. 14: Die Murenablagerung mit Treibholz
Fig. 14: Deposition of debris flow with drift woods



Abb. 15: Ablagerung der kugelförmigen Geschiebe
Fig. 15: Deposition of the spherical boulder

Feinmaterials mit der Mittelkorngröße von 2 mm charakteristisch. Das antransportierte Feinmaterial lagert sich deshalb nahe dem Talausgang ab und wird bei Flussrichtungsänderungen im Unterlauf, an Stellen geringer Schleppspannung, insbesondere in der Innenseite von Außenkurven vom Gerinne aus angelandet (Abb. 17).

Eine typische topographische Eigenschaft zeigt sich im Fluss Hwangpocheon, der eine Einzugsgebietsfläche von 10.3 km² und eine Lauflänge von 8.3 km aufweist (Abb. 18). Das Sohlengefälle zeigt im Mittellauf Werte von 6 bis 9 ‰, reduziert sich jedoch plötzlich am Talausgang (bei km 4.0) auf das geringere Gefälle von 3-5 ‰ (Abb. 19).



Abb. 16: Umlagerung des Feinmaterials auf der Bachsohle
Fig. 16: Reworking of fine material on channel bed



Abb. 17: Massenablagerung des Feinmaterials auf der Flusssohle
Fig. 17: Accumulation of fine material on river bed

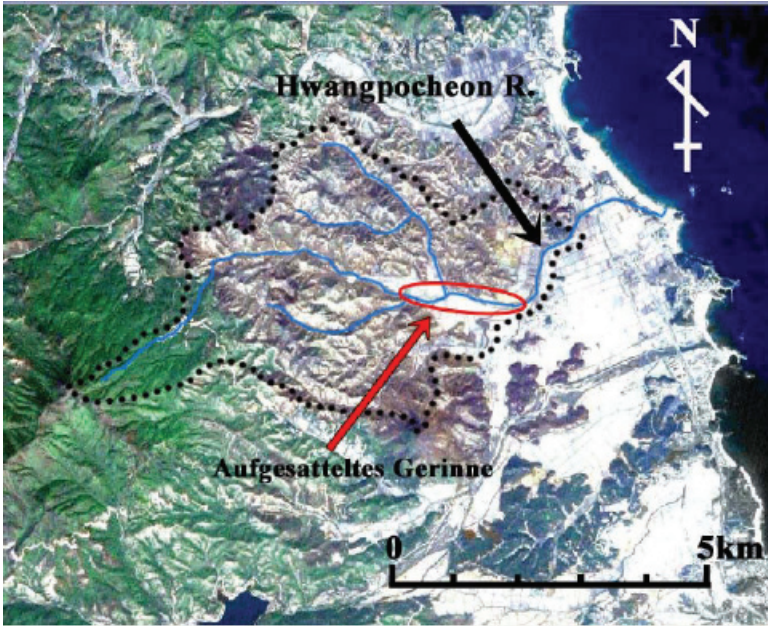


Abb. 18: Einzugsgebiet Hwangpocheon im Provinz Goseong

Fig. 18: Catchments of Hwangpocheon River in the Goseong province

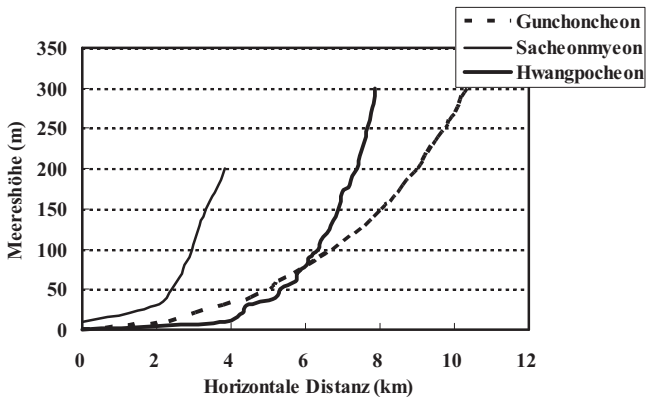


Abb. 19: Längenprofile der Flusssohle

Fig. 19: Longitudinal section of the rivers

In Unterlauf des Hwangpocheon liegt außerdem ein aufgesatteltes Gerinne vor. Bei km 3.5 liegt die benetzte Sohle 1.5 m höher als die begleitenden landwirtschaftlichen Flächen, die im Katastrophenfall durch eine erhebliche Geschiebeablagerung betroffen wurden. Sowohl eine solche Aufsattelung als auch die geringe Transportkapazität des Flussquerschnittes und das

Fehlen funktionierender Ufersicherungen verursachten Überschwemmungen (Abb. 20). Dies gilt auch in anderen Einzugsgebieten aus verwittertem Granit.

Es ist anzunehmen, dass in den Gebieten aus verwittertem Granit, bereits vor dem Taifunereignis die Akkumulation des Feinmaterials auf der Flusssohle stattgefunden hat. Die Ursache war die kontinuierliche Oberflächenerosion von den Berghängen (Lee, 2004). Dieses akkumulierte Material konnte beim Ereignis massenhaft mobilisiert werden und trug damit wesentlich zur Erhöhung des Schadgeschiebeanteiles bei. Das Volumen der abtransportierten Geschiebemassen in den einzelnen Einzugsgebieten ist allerdings wegen

der mangelhaften Datensammlungen nicht genau abzuschätzen. Es ist jedoch ersichtlich, dass sich die Prozesse des Feststoffabtrags beim Taifunereignis streng auf geologische Bedingungen beziehen und in Murgänge in Gebieten aus Sedimentgestein sowie Geschiebekatastrophen mit vorwiegend Feinmaterial in Gebieten aus verwittertem Granit eingeteilt werden.

Die zur Talsohle in großer Anzahl abgetragene Bäume und der Schlagabraum spielten beim Taifunereignis als Treibholz eine bedeutende Rolle bei der Auslösung von Murgängen. Unter der Voraussetzung, dass etwa die Hälfte, der auf den Hängen gestandenen Gehölze zur Mobilisierung der Prozesse beigetragen haben, wurde rund eine halbe Million Stück Unholz von den Berghängen an der Ostküste beim Taifunereignis mobilisiert. Das Treibholz erreichte zum Teil das Meer, wodurch enorme Schäden für die Küstenfischerei entstanden. In waldbrandfreien Einzugsgebieten bildeten sich zwar ebenfalls die von Rutschungen verursachten Murgänge, jedoch war ihre Häufigkeit niedriger und ihr Ausmaß geringer.

Teilt man die Rutschungen nach der Höhenlage ein, befindet sich rund 63 % sämtlicher Rutschungen zwischen 50 und 150 m Meereshöhe, im Gegensatz dazu liegt lediglich 1 % der Rutschungen über 200 m Meereshöhe. Daraus ist zu schließen, dass der größte Teil des Geschiebes, das im Unterlauf die Vermurungen und Überschwemmungen hervorrief, nicht unmittelbar aus den Berghängen im Oberlauf des Flusses stammte, sondern als bereits abgelagerte Feststofffracht auf der Flusssohle oder von Hängen nahe dem Talausgang vorhanden war. Dies bedeutet, dass sich die Katastrophe verursachenden Geschiebeherde nicht so fern von den zu schützenden Bereichen befinden.



Abb. 20: Überschwemmung der Reisfelder bei dem aufgesattelten Gerinne

Fig. 20: Flooding in the rice fields in the section of the raised river bed

PRINZIPIEN UND METHODEN DER GEGENMASSNAHMEN

Seit langem entwickelt sich und pflegt man in der Republik Korea eine sorgfältige „kunstvolle“ Hangbegrünungstechnik, die heute noch überall vorhanden ist. Bis zum Taifunereignis war der Schwerpunkt der technischen Vorbeugungsmaßnahmen bevorzugt in der Begrünungsarbeit auf vegetationslose Berghänge beschränkt, um die Geschiebeherde zu stabilisieren und Quellen des Schadgeschiebes auszuschalten (Chun, 2003). In den Einzugsgebieten mit hoher Priorität wurden bereits vor dem Taifunereignis Wildbachsperrn errichtet, die jedoch in vielen Fällen als Einzelobjekte gebaut wurden. Aus diesem Grund

konnten sie im Ereignisfall ihre Funktion nur teilweise erfüllen bzw. wurden aufgrund von Teilbeschädigungen durch dynamische Geschiebebelastung in ihrer Funktion beeinträchtigt.

Zur Vorbeugung und Verminderung der mit Geschiebe zusammenhängenden Katastrophen in einem Einzugsgebiet, sollte der Schwerpunkt der technischen Maßnahmen von der Hangsicherung mittels Begrünungen zur Steuerung des Geschiebetransportes im Hauptlauf und den Zubringern geändert werden, um die gefährdeten Bereiche zu schützen. Dazu ist es unerlässlich, eine möglichst genaue Abschätzung des Geschiebepotentials und der mobilisierbaren Feststofffrachten sowohl auf den Hängen als auch im Flusslauf im gesamten Einzugsgebiet durchzuführen, damit ein entsprechender, räumlich und zeitlich geordneter Geschiebewirtschaftungsplan eingerichtet werden kann.

In durch Schäden betroffenen Einzugsgebieten aus Sedimentgestein ist nach dem Taifunereignis festzustellen, dass sich im Flussbett Grobgeschiebe abgelagert haben und die verbrannten Bäume noch auf den Berghängen stehen. Deswegen ist es im Tallauf erforderlich, einen systematischen Sperrbau mit Unholzfilterung einzurichten, um die Vermurungen und den Schadgeschiebetransport zu reduzieren. Berücksichtigt man die topographischen Eigenartigkeiten der Einzugsgebiete, die sich in Längsprofil und Querschnitt des Flusses widerspiegeln, zeigt sich, dass das antransportierte Geschiebe bei Talausgang zu kontrollieren ist, wo schon jetzt die Umlagerung sowie Ablagerung des Geschiebes stattfindet.

In Gebieten aus verwittertem Granit ist vorzuschlagen, einen geeigneten Geschiebeablagerungsplatz im Knickpunkt des Längsprofils am Talausgang zu errichten. An diesen Stellen findet bereits eine natürliche Feingeschiebeakkumulation statt. Ergänzend sind im Unterlauf Uferschutzmaßnahmen zu setzen. Das aufgesattelte Gerinne soll maschinell entfernt werden, um den Flusslauf wieder der natürlichen Tiefenlinie zuzuführen.

Um die Stabilisierung der Geschiebeproduktion in einem Einzugsgebiet zu erzielen, ist die Wirkung einer einzelnen Baumaßnahme allein nicht zielführend, sondern ist es bedeutend, die funktionelle Zusammensetzung mehrerer Bauwerke in einer Funktionskette zu berücksichtigen (Fiebiger, 2006). Nebst der Fortsetzung technischer und biologischer Maßnahmen ist zudem die Entwicklung der raumplanerischen und sozio-ökonomischen Maßnahmen mittels weltführender IT-Technologie bedeutend. Vor allem sollte die IT-Technologie bei der Feststellung der Gefahrenzonen und der Erstellung von Gefahrenzonenplänen angewandt werden.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Soweit Vermurungen und Geschiebekatastrophen unseren Lebensraum beaufschlagen, ist es bedeutend, sowohl die Naturprozesse zu verstehen als auch Landnutzungspläne aus der Sicht der Katastrophenvorbeugung zu entwerfen. Mit Erweiterungen der Infrastruktur und der fortschreitenden regionalen Entwicklung ergibt sich neuerlich in der Republik Korea eine Zunahme von Naturkatastrophen sowie deren Schadenssummen. Beim Taifunereignis im Jahr 2002 kam es zu erhöhter Bereitstellung von Schadgeschiebe und Treibholz aus den Waldbrandflächen des Jahres 2000. Als Ursache dieser Waldbrände sind einerseits menschliche Fahrlässigkeit, aber auch militärische Übungen zu benennen. Aus beiden Gründen kann man die Waldbrandgefahr zukünftig nicht ausschließen.

Nach dem Katastrophenereignis 2002 sind auf Berghängen die durch Waldbrände beschädigten Bäume noch zahlreich vorhanden, wodurch das Restrisiko in den betroffenen Einzugsgebieten ansteigt. Ein topographisch ausgeprägter Unterschied von Flüssen mit steilem Sohlengefälle im Oberlauf und Unterläufen mit wenig Gefälle beeinflusst an der

Ostküste der Republik Korea deutlich die Feststofftransportprozesse, die auch von geologischen Gegebenheiten abhängig sind. Überdies ist die Entfernung zwischen Verursachungsgebiet und Schadenswirkungsgebiet meistens relativ gering, so dass die schützenden Bereiche unmittelbar von den Geschiebемobilisierung gefährdet sein können. Unter Einbeziehung dieser Standortbedingungen sollten die integrierten Maßnahmen zur Geschiebем Bewirtschaftung getroffen werden, um die Sicherheit des Lebensraums an der Ostküste zu gewährleisten.

DANKSAGUNGEN

Unser Dank gebührt Herrn Dr. Min-Sik Kim der Kangwon Universität und den Magisterstudenten, Herrn Jin-Ho Lee, Herrn Youn-Jin Kim und Herrn Young-Hyup Lim, die bei den Feldbegehungen und Datenanalysen stets behilflich waren. Dank geht auch Herrn Dr. Gernot Fiebiger für seine freundliche Durchsicht des Textes. Diese Arbeit wird finanziell zum Teil vom „Japan Society for the Promotion of Science“ (JSPS: No.17208012) unterstützt.

LITERATURVERZEICHNIS

- Chun K., Seo J. and K. Yeom (2003): Sediment disasters and prevention works in Korea. Proc. Int. Workshop on Sedimentary Dynamics in Catchment Scale in Sapporo: Japan, 143-151.
- Fiebiger G. (2006): Landslide Control: Tool of the Chain of Functional Structures in Systematic Debris Flow Control. Proc. "INTERPRAEVENT 2006" in Niigata: Japan, Vol. 2, 705-713.
- Gangneung City Office (2003): The collection of research works on the typhoon "Rusa". 687p. *
- Korea Forest Service (2003): Archives on restoration of flooding damages by the typhoon "Rusa". 802p. *
- Lee C. (2002): Erosion, sediment disasters and sabo in Korea. "Kasen", 2002.5, 26-34. ***
- Lee C. (2004): Characteristics of Soil Erosion in Forest Fire Area at Kosung, Kangwondo. J. Korean For. Soc., 93(3), 198-204.**
- Rab M.A. (1996). Soil physical and hydrological properties following logging and slash burning in the *Eucalyptus regnans* forest of southeastern Australia. Forest Ecology and Management, 84, 159-176.
- Seo J. (2003): Effects of Vegetation Burnt Trees and Mulching Sheets on Soil Outflow in Forest Fire Area. Master dissertation of the Kangwon National University, 55p. (unveröffentlichte Publikation) **
- Shakesby R.A. et al. (1993): Wildfire Impact on Soil Erosion and Hydrology in Wet Mediterranean Forest, Portugal. J. Wildland Fire, 3(2), 95-110.
- Society of Korean Forest Conservation (2005): Report of the monitoring on recovery and rehabilitation in damaged areas by forest fire in the eastern coastal regions. 150p. *
- Suzuki M. et al. (2003): Debris disasters in the eastern region of Korea caused by the 15th typhoon Rusa in 2002. J. Jap. Soc. Erosion Control Engineering, 55(6), 59-67. ***

* : auf Koreanisch (Titelübersetzung vom Verfasser)

** : auf Koreanisch mit dem englischen Titel sowie Kurzfassung

*** : auf Japanisch mit dem englischen Titel sowie Kurzfassung