



Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

GESCHIEBE FÜHRENDE UND MURFÄHIGE WILDBÄCHE IN MITTELGEBIRGSRÄUMEN

BED LOAD DISCHARGING AND DEBRIS FLOW ENDANGERED TORRENTS IN LOW MOUNTAIN RANGES

Bodo Damm¹

ZUSAMMENFASSUNG

Hochwasser- und Geschiebe führende Wildbäche sind in den Mittelgebirgsräumen weiter verbreitet, als allgemein angenommen. Im Verlauf der vergangenen Jahrzehnte traten in den europäischen Mittelgebirgen zahlreiche Abflussereignisse auf, im Zuge der wiederholt auch umfangreiche Geschiebefrachten abgeführt wurden. Der räumliche Schwerpunkt der vorliegenden Untersuchung liegt im nordhessisch-südniedersächsischen Bergland. Durch Archivstudien sind hier für den Zeitraum der vergangenen 140 Jahre rund 50 Abflussereignisse belegt, bei denen neben großen Mengen an Wildholz auch erhebliche Geschiebefrachten abgeführt wurden. Zur Vorbeugung von Schäden erfolgte in mehreren Einzugsgebieten bereits vor Jahrzehnten eine Verbauung der Bäche. Die Maßnahmen waren von unterschiedlichen Erfolgen begleitet, da die technischen Einrichtungen nur zum Teil in Stand gehalten wurden. Aktuelle Untersuchungen an Wildbächen des Fulda-Einzugsgebietes verfolgen das Ziel, Faktorengefüge und Prozessbereiche von Wildbächen sowie Gefahrenzonen und Risikopotentiale zu erfassen und zu bewerten. Erste Ergebnisse zeigen, dass klassische Abfluss- und Erosionsmodelle nur eingeschränkt zur Simulation von Wildbachprozessen in Mittelgebirgsräumen anwendbar sind.

Key words: Mittelgebirge, Wildbäche, Geschiebefrachten, Abflussmodellierung

ABSTRACT

Bed load discharging and debris flow endangered torrents are generally not expected to be spread in low mountain areas. However, during the past decades numerous runoff events occurred in the European low mountain areas whereby considerable bed load discharges could be observed. The focal point of the present investigation is regarding the northern Hesse and Lower Saxony mountain areas (Germany). Torrents in these areas arise from short branch valleys of the Fulda, Werra and Oberweser rivers. Based on historical studies about 50 runoff events could be documented in the past 140 years, whereby in addition to large quantities of wood debris substantial sediment discharges could be noticed. In order to prevent from other damages several catchment areas provided with torrent regulations already decades before. The measures resulted in little success as the constructions were maintained only to

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Geographisches Institut, Goldschmidtstraße 5, D-37077 Göttingen (Tel: 0551-398029; Fax: 0551-398008; email: bdamm@gwdg.de)

some extent. Current investigations at the Fulda catchment area aim at the registration and evaluation of factor structures and process domains of torrents as well as hazard zones and risk potentials. It is evident that traditional runoff and erosion models are restricted in terms of their appliance concerning torrent processes in low mountain areas.

Key words: Low mountain ranges, torrents, bed load discharge, discharge simulation

EINFÜHRUNG

In den vergangenen Jahrzehnten traten in den europäischen Mittelgebirgen wiederholt



Abb. 1: Gebäudeschäden und Geschiebeablagerungen nach einem Abflussereignis (Wilczka-Einzugsgebiet, Schlesien/Polen, Juli 1997
Fig. 1: Damage to a building and depositions of bed load after a runoff event (Wilczka catchment area, Silesia/Poland, July 1997)



Abb. 2: Geschiebeablagerungen durch die Priessnitz in Glashütte/Sachsen (Bundesrepublik Deutschland) nach Starkregen und Dammbbruch im Aug. 2002 (Photo THW)
Fig. 2: Bed load deposition by the Priessnitz River at Glashütte/Saxony (Germany) after thunderstorm and dam failure in Aug. 2002 (Photo THW)

Münchener Rück 1999, Pohlhausen 1999). Im nordhessisch-südniedersächsischen Bergland

Abflussereignisse in Wildbächen (vgl. DIN 19663, Hübl et al. 2002) auf, die erhebliche Schäden verursachten (vgl. Abb. 1 u. 2). Dabei wurden mitunter Geschiebefrachten in Ausmaßen bewegt (vgl. Brunotte u. Hund 1992, Caspar 2002, Czerwinski u. Zurawek 1999, Kühnle u. Rohn 1998, Roschke 1967), wie sie typisch für alpine Wildbachsysteme sind. Obwohl eine Zunahme des Schadensaufkommens durch Wildbäche mittlerweile evident ist, wird die Verbreitung des Phänomens in den Mittelgebirgsräumen weitgehend unterschätzt. So hatte beispielsweise die Baden-Württembergische Gebäudeversicherung in den Jahren 1993 und 1994 überdurchschnittliche Kosten durch Überschwemmungs- und Hochwasserschäden aufzuweisen. Etwa die Hälfte der Schadenaufwendungen war nicht auf das Ausuferen von Flüssen, sondern auf lokale Starkregenfällen zurückzuführen, die unter anderem in kleinen Einzugsgebieten Überschwemmungen und Verschüttungen durch Wildbäche zur Folge hatten. Verschiedenen Beobachtungen zu Folge sind nicht nur die Schadenaufwendungen angestiegen. Auch die Intensität der Ereignisse hat (signifikant?) zugenommen (u.a.

kommen Wildbäche insbesondere aus Seitentälern von Fulda, Werra und Oberweser ab. Archivstudien belegen hier für die vergangenen 140 Jahre rund 50 Abflussereignisse mit zum Teil erheblichen Geschiebefrachten, die zu Verschüttungen von Nutzflächen, Verkehrsanlagen und Gebäuden führten. Besonders zwischen 1905 und 1915 sowie in den Jahren 1926, 1937, 1961, 1965, 1969, 1975, 1985 und 1997 häuften sich extreme Abflussereignisse. Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts erfolgte in verschiedenen Einzugsgebieten eine Verbauung der Bäche mit Abstürzen und Sperren zur Geschieberückhaltung. Seit mehreren Jahren werden nun im Zuge von Renaturierungsmaßnahmen technische Bauwerke wieder entfernt. Nach längerer Abstinenz von Abflussereignissen mit Schäden, vermutlich auch durch den hohen Wirkungsgrad der Verbauungen bedingt, werden Wildbachgefahren unterschätzt.

UNTERSUCHUNGSRAUM

Die untersuchten Wildbacheinzugsgebiete liegen im nordhessisch-südniedersächsischen Bergland zwischen Kassel und Göttingen (vgl. Abb. 3). Die Haupttäler von Fulda, Werra und Oberweser sind in diesem Raum 200 – 300 m tief in ein präoligozänes Flächensystem über dem südlichen Solling-Gewölbe, einer Sattelstruktur im Mittleren Buntsandstein, eingeschnitten. Geländehöhen liegen zwischen 115 m NN im Oberwesertal und 580 m NN im Bereich der Kammlagen von Reinhardswald und Kaufunger Wald. Verbreitet treten Lössverwitterungsböden unterschiedlicher Mächtigkeit sowie Sandsteinverwitterungsböden über den Ausgangsgesteinen bzw. den periglazialen Solifluktionsschuttdecken auf. Über ebenen Plateaulagen sind Pseudogleye und stauende Stagnogleye entwickelt. Auf den Talschultern und Hochflächen liegen dörfliche Siedlungen und Ackerfluren, in den Haupttälern wurden Infrastruktureinrichtungen im zum Teil auf den Schwemmfächern der Nebentäler angelegt. Forstflächen werden von Buchen-Mischwald-Beständen dominiert, besonders auf nährstoffärmeren Böden stocken Fichtenbestände. Die Talflanken der Haupttäler weisen Neigungen von 25 - 45° und darüber auf. Kerb- und kastenförmige Täler ziehen von den Hochflächen in die Flanken hinein. Ihre Talsohlen verlaufen abschnittsweise im Anstehenden, überwiegend jedoch in Talverfüllungen aus Quartären Schottern, umgelagertem Hangschutt, Rutschmassen und Abraum aus Steinbrüchen. In den Mündungsbereichen der Seitentäler sind schmale Schwemmfächer aus steinigem bis blockigem Material entwickelt. Die aus diesen Tälern abkommenden Bäche weisen meist geringen kontinuierlichen, häufig auch periodischen oder episodischen Abfluss und zumindest streckenweise hohes Gefälle auf. Abflussereignisse mit erheblicher Hochwasserführung werden in der Regel durch Starkregen und/oder plötzliche Schneeschmelze ausgelöst. Die Einzugsgebiete ($F_E = 2,5 - 18 \text{ km}^2$) sind häufig intensiv landwirtschaftlich genutzt bzw. versiegelt.

Die Niederschläge in Nordhessen und Südniedersachsen variieren zwischen ca. 650 mm/a in den Tallagen und rund 800 mm/a in den Kammgebieten der Mittelgebirge. Der längerfristige Trend belegt eine mittlere lineare Niederschlagszunahme von rund 20 % seit Mitte des 19. Jahrhunderts. Mit der Zunahme der Niederschlagshöhen nahm auch die Niederschlagsvariabilität zu. Überdurchschnittlich feucht waren die Jahre 1956, 1958, 1961, 1966, 1970 und 1981, zum Teil mit einer Häufung exzessiver sommerlicher Starkregen. Kurzzeitige Stark- und starke Dauerniederschläge sind zwar seltene Ereignisse, lösten in der Vergangenheit allerdings wiederholt lokale Überschwemmungen, Wildbäche sowie Hangbewegungen aus. Seit 1951 traten im unteren Fuldataal am Nordrand von Kassel 24 Niederschlagsereignisse mit 24-Stunden-Werten $> 50 \text{ mm}$ auf, 3 davon $> 90 \text{ mm}$ (vgl. Deutscher Wetterdienst (DWD)). Neben Starkregen mit geringeren Jährlichkeiten waren darunter immerhin 4 Ereignisse mit $T \geq 50 \text{ a}$ bzw. $T \geq 100 \text{ a}$. Extreme Niederschlagsereignisse ereigneten sich besonders zwischen

1954 und 1967, 1981 sowie zwischen 1985 und 1992. Allerdings belegen Aufzeichnungen aus nichtamtlichen Regenmessungen, dass durch die Stationen des DWD zahlreiche Starkregen nicht erfasst werden (vgl. auch Damm 2002).

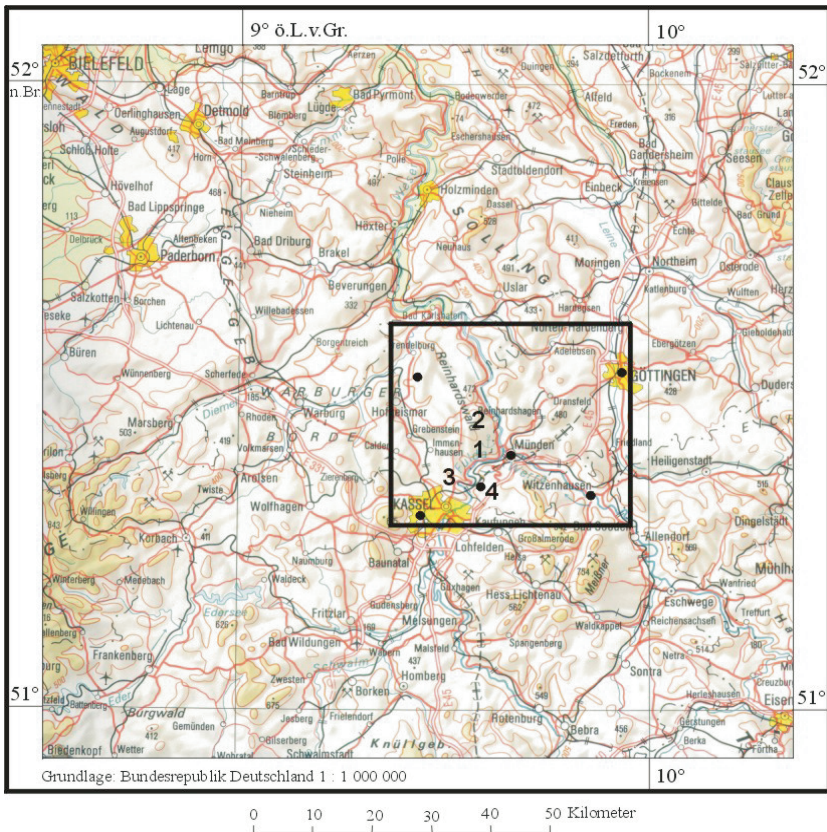


Abb. 3: Das Untersuchungsgebiet mit der Lage von Niederschlagsstationen und Wildbächen (vgl. Text)
 Fig. 3: The area of interest with the location of meteorological stations and torrents (see below)

WILDBÄCHE IM FULDA- UND OBERWESERRAUM (FALLBEISPIELE)

Im Fulda- und Oberweserraum lassen sich Hochwasser führende, Geschiebe führende und stark Geschiebe führende Wildbäche unterscheiden. Obwohl die beiden erstgenannten Typen überwiegen, traten wiederholt Abflussereignisse mit Geschiebefrachten von bis zu 16.000 m³ auf. Blöcke mit Kantentlängen von 1 - 2 m Länge wurden transportiert. In verschiedenen Fälen war der Übergang zu murartigen Abflussereignissen gegeben. Neben den nachstehenden Beispielen (vgl. auch Tab. 1) sind zahlreiche weitere aus dem Fulda- und Oberweserraum und darüber hinaus aus Nordhessen und Südniedersachsen bekannt (u.a. Pörtge 1986, Rosche 1967, Seedorf 1955/56, Tonn 1982).

Tab. 1: Kenndaten von Wildbacheinzugsgebieten im Fulda- und Oberwesergebiet
 Tab. 1: Characteristics of torrent catchment areas in the Fulda and Oberweser region

Wildbach	Gewässer und Einzugsgebiet				Abfluss und Geschiebe (berechnete Werte)		
	F_E [km ²]	Höhen- differenz [m]	Max. Gefälle [%]	Abfluss kontinuierlich, periodisch, episodisch	mittlerer Abfluss [l/s]	Abfluß- spitzen [m ³ /s]	max. Geschiebe- austrag [m ³]
Hemelbach	12,6	302	5,4	k	40 – 50	6 – 8	2.000 - 3.000
Rattbach	4,8	248	9,4	k	30 – 40	-	500 – 1.500
Elsterbach	5,5	341	9,5	k	34,5	3,5	mehr. hundert
Graue Katze	0,3	124	15,7	e	-	~ 2	70 - 100
Rehgraben	2,84	155	12,8	e	-	~ 50	~ 16.000
Wandersteinbach	3,47	202	13,7	e	-	~ 40	2.200
Grenzgraben	0,3	146	22,9	e	-	0,7	50 – 10
Schleusenhaus	0,4	122	17,4	e	-	0,7	< 100
Vogelsangbach	8,5	422	12,3	k	~ 40	-	mehr. hundert

1 Elsterbach – Abflussvariabilität: Der Elsterbach ist ein linksseitiger Zufluss der Fulda und gilt aus forsthydrologischer Sicht als typischer Mittelgebirgs-Wildbach mit geringer Geschiebeführung. Das Einzugsgebiet ($F_E = 4,2 \text{ km}^2$) mit einem Waldanteil von 95 % gehört zum Forsthydrologischen Forschungsgebiet Reinhardswald. Seit 1972 finden im Hauptgerinne Abflussmessungen statt (HLFWW 2000). Der jährliche Abfluss liegt im Mittel bei 34,5 l/s und variiert zwischen 5,0 und 3.511 l/s (Maximum12/1988), womit die Abflussvariabilität der Alpiner Wildbäche nahe kommt. Trotz des hohen Waldanteils reagiert hier das hydrologische System besonders in feuchten Jahren empfindlich auf Starkregen, was nicht zuletzt auf die geringen Infiltrationskapazitäten der auf den staunassen Hochflächen auftretenden Molkenböden zurückzuführen ist. Ausgelöst durch Starkregen oder Schneeschmelze richtete der Elsterbach in den vergangenen 100 Jahren wiederholt Schäden durch Überschwemmungen, Unterspülungen und Geschiebetrieb an und führte zum Teil erhebliche Geschiebemengen in die Fulda ab. Außergewöhnliche Abflussereignisse sind für die Jahre 1925, 1937 und 1965 belegt (Damm 2003). Bereits 1904 erfolgte im Lauf des Elsterbaches, wie auch an anderen Seitenbächen der Fulda, der Bau von Abstützen und Holzsperrern mit dem Ziel, den Geschiebetrieb zu reduzieren. Die Maßnahmen standen im Zusammenhang mit dem Ausbau von Fulda und Weser als Wasserstrasse von Kassel nach Bremen. Für die Freihaltung der Fahrrinnen waren im Zeitraum zuvor hohe Ausgaben notwendig geworden, da zahlreiche Zuflüsse erhebliche Geschiebefrachten transportierten und in die Vorfluter sedimentierten. Die Geschiebefrachten umfassten in Einzelfällen mehrere hundert bis mehrere tausend Kubikmeter (vgl. Keller 1901).

2 Hemelbach – Abflussereignisse, Schäden und Wildbachverbauung: Das Einzugsgebiet des Hemelbachs ($F_E = 12,6 \text{ km}^2$) im zentralen Reinhardswald wird vorwiegend forstlich genutzt. Der Buchen-Fichten-Mischwald nimmt einen Flächenanteil von rund 97,6 % einschließlich Moor- und Heideflächen ein. Darüber hinaus besteht in geringem Umfang Grünlandnutzung. Der Anteil an versiegelten und teilversiegelten Verkehrsflächen beträgt 0,9 %. Das Einzugsgebiet erstreckt sich zwischen 452 m und 150 m NN bei einem maximalen Gefäl-

le von 5,4 % im Oberlauf. Der mittlere Abfluss des Hemelbaches beträgt 40 - 50 l/s. Der Schwemmfächer (0,5 km²) ist unterschiedlich dicht mit Wohn-, Gewerbe- und Verkehrsflächen bebaut. Im Bereich des Schwemmfächerhalses und abschnittsweise auf dem Schwemmfächer entwickelte sich der Gebäudebestand erst nach 1907, als mit der Verbauung des Wildbaches begonnen worden war. Schwerere Abflussereignisse wurden überwiegend durch sommerliche Stark- oder Dauerregen ausgelöst. Allein aus dem Zeitraum 1862 – 1912 sind zehn Abflussereignisse bekannt, die erhebliche Schäden an Wohn- und Wirtschaftsgebäuden, Brücken und Strassen verursachten. Der direkte Abfluss von ausgedehnten Moorflächen im Quellgebiet des Hemelbaches, die auch nach längeren niederschlagsfreien Perioden hohe Stauwasserstände aufweisen, dürfte in den meisten Fällen der wesentliche Faktor für die Hochwasserführung des Baches gewesen sein. Mehrfach führte der Hemelbach Geschiebe und Wildholz ab, was zu Verschüttungen auf dem Schwemmfächer führte. 1910 sedimentierte der Bach 2000 – 3000 m³ Geschiebe in der Weser, wodurch die Fahrrinne blockiert wurde. Die Verbauung und Kanalisierung des Wildbaches erfolgte zwischen 1903 und 1912 und wurde später kontinuierlich fortgeführt. Derzeit sind im Hemelbach-Einzugsgebiet acht Sperrwerke, im wesentlichen Sortiersperren, zahlreiche Abstürze und mehrere Ablenkwerke in Vollbauweise (Beton-Sandstein) installiert. Geschiebeablagerungsplätze und Absinkbecken umfassen einen Retentionsraum von insgesamt 5000 – 6000 m³.

3 Reh- und Fuchslöchergraben – Abfluss, Geschiebefracht und Raumnutzung: Am 25. April 1994 richteten wolkenbruchartige Regenfälle in Nordhessen und Südniedersachsen schwere Schäden an. In der Gemarkung Fuldata/Simmershausen am Nordrand von Kassel löste Oberflächenabfluss auf landwirtschaftlich genutzten und teilversiegelten Flächen einen Wildbach im Reh- und Fuchslöchergraben, einem linken verzweigten Seitental der Fulda, aus.



Abb. 4: Verschüttete Gebäude und Anlagen des Klärwerks im Fuldata nach dem Abflussereignis im April 1994
 Fig. 4: Damaged buildings and works of the Fuldata sewage plant after the runoff event on April 1994

Der Wildbach überschwemmte ein auf dem Schwemmfächer angelegtes Klärwerk und verschüttete Klärbecken, Steuergebäude, Anlagengelände und die angrenzende Bundesstrasse mit Geschiebe und Wildholz, wobei murartige Abflussprozesse auftraten (Abb. 4). Als Folge des Ereignisses entstand ein Sachschaden von ca. 2 Mio. DM. Das rundliche Einzugsgebiet ($F_E = 2,84 \text{ km}^2$) mit einem maximalen Gefälle von 12,8 % erstreckt sich über eine Höhendifferenz von 155 m. Das Einzugsgebiet wird vorwiegend ackerbaulich genutzt (58,1 %), darüber hinaus bestehen Grünlandnutzung

(4,6 %) und forstliche Nutzung (28,5 %). Bebaute Flächen umfassen einen Anteil von 8,8 %. Die Sohlen der Gräben verlaufen überwiegend in umgelagertem Hangschutt, Rutschmassen und Abraum aus Steinbrüchen und führen episodisch Abfluss. Während einer mit Unterbrechungen vierwöchigen Abflussperiode nach Dauerregen im Oktober und November 1998 wurde ein Abfluss von $Q_{\max} = 33 \text{ l/s}$ gemessen.

Während des Niederschlagsereignisses am 25.4.1994 lag das Einzugsgebiet im Starkregenzentrum. Amtliche Messungen (DWD) fehlen. Nach Regenmessungen durch Landwirte und Forstleute in der direkten Umgebung fielen zwischen 70 und 100 mm Niederschlag in 45 - 75 Minuten. Bei der Abflussspende überzog der Abfluss von landwirtschaftlich genutzten Flächen mit einem Anteil von



89,4 %, während auf Verkehrs- und Wirtschaftswege lediglich 2,3 % und auf teilversiegelte Nutzflächen 8,3 % entfielen. Im Unterlauf der Gräben erreichte der Scheitelabfluss eine Höhe von mehr als 2,5 m über der Talsohle (vgl. Abb. 5). Bei Abflussgeschwindigkeiten von $v = 2,4 \text{ m/s}$ im Rehgraben und $v = 2,0 \text{ m/s}$ im Fuchslöchergraben betragen die Abflussspitzen $Q_{\text{max}} = 24 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. $Q_{\text{max}} = 32 \text{ m}^3/\text{s}$ (zur Berechnung Aberle et al. 1999, Rickenmann 1996). Geschiebe und Wildholz kamen auf dem

Abb. 5: Der untere Talabschnitt des Fuchslöchergrabens
Fig. 5: The lower gully of Fuchslöchergraben

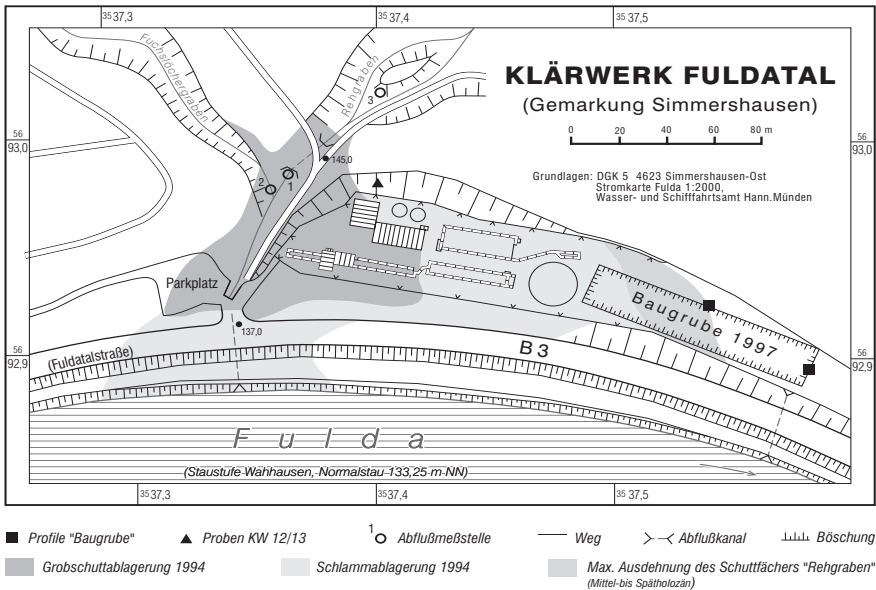


Abb. 6: Die Klärwerksanlagen auf dem Schwemmfächer des Rehgrabens mit den Geschiebe- und Sedimentablagerungsbereichen vom April 1994
Fig. 6: Sketch map of the technical installations at the Rehgraben torrential fan and the deposition area of the runoff event on April 1994

Schwemmfächer zur Ablagerung (Abb. 6). Blöcke mit Kantenlängen von bis zu 170 cm und Massen von bis 1 m³ wurden transportiert. In erheblichem Umfang wurde darüber hinaus feinklastisches Material in die Fulda gespült. Insgesamt sind ca. 16.000 m³ Geschiebe und 5 – 6.000 m³ feinklastischer Sedimente aus dem Einzugsgebiet ausgetragen worden (Damm 2000).

Bereits zu Anfang der 1880er Jahre waren im Rehgraben drei Sperren aus Bruchsteinen zur Geschieberückhaltung vorhanden (Keller 1901). Hier bestanden offenbar die ältesten Wildbachverbauungen, die aus dem nordhessisch-südniedersächsischen Raum bekannt sind. Die Bauwerke verfielen später. Extreme Abflussereignisse vor 1994 traten mit großer Wahrscheinlichkeit im Mai 1898 und im Mai 1937 auf (Damm 2003). Zwischen 1975 und 1980 wurde auf dem 9 - 12 % steilen Schwemmfächer das Gruppenklärwerk der Gemeinde Fuldata errichtet. Vor dem Bau der Anlage war das Gelände landwirtschaftlich (Grünland) und forstlich genutzt worden. Beim Bau der Anlage musste der Schwemmfächer zum Teil erheblich abgetragen werden. Der Auslauf von Reh- und Fuchslöchergraben wurde gefasst, das Abzugsgerinne (Abflusskapazität rund 1,5 m³/s) ausgepflastert und über den Scheitel des Fächers geführt. Darüber hinaus entstand ein Planum für Gebäude und Becken, was mit einer erheblichen Abtragung der Fächeroberfläche im Bereich des Fächerhalses verbunden war. Der Auslauf der Gräben auf den Schwemmfächer streicht als Folge der Baumaßnahmen heute in die Luft aus. Auf der Grundlage eines Gutachtens, in dem 1995 die *Unbedenklichkeit* des Standortes festgestellt wurde, erfolgte zum Anschluss weiterer Gemeinden zwischen 1997 und 1999 eine Erweiterung der Anlage.

4 Wandersteinbach – Abflussereignisse, Wildbachverbauung und Geschiebepotential:

Der Wandersteinbach ($F_E = 3,47 \text{ km}^2$) ist ein rund 3 km langer rechter Zufluss der Fulda nordöstlich von Kassel. Die Talsohle ist abschnittsweise im tiefgründig verwitterten Anstehenden, überwiegend jedoch in Schottern, Hangschutt und Rutschmassen entwickelt. Abfluss im Gerinne tritt periodisch bis episodisch auf und versickert häufig in Klüften des Buntsandsteins (Brunotte u. Hund 1992). Die Höhendifferenz im Einzugsgebiet beträgt 202 m, das mittlere Gefälle rd. 6,8 %, das maximale 13,7 %. Im Einzugsgebiet herrscht landwirtschaftliche Nutzung, nahezu ausschließlicher Ackerbau (58,8 %), vor. Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie ein 2,25 km langes Teilstück der Bundesautobahn 7 umfassen 19,3 %. An diese Flächen schließen Ober- und Mittellauf des Baches an. Forstliche Nutzung mit einem Anteil von 21,9 % erfolgt entlang von Steilhängen im Unterlauf des Wandersteinbaches. Der Wandersteinbach mündet bei 129 m NN in die Fulda. Auf seinem Schwemmfächer liegt der Sportplatz der Gemeinde Spiekershausen (Landkreis Göttingen/Niedersachsen), der 1980 ausgebaut und vergrößert wurde. Im Erweiterungsbereich der Anlage wurde der Bach in Rohre gefasst und unter dem Spielfeld durchgeführt. Unterhalb des Schwemmfächerhalses quert die Kreisstrasse 1 den Schwemmfächer. Wenig oberhalb liegt ein aufgelassener Steinbruch, dessen Abraumhalde vom Wandersteinbach angeschnitten wird.

Aus Archivberichten sind schwere Abflussereignisse aus den Jahren 1916 und 1961 bekannt, die durch lokale Starkregen ausgelöst wurden und Schäden an der Kreisstrasse sowie der Sportanlage zur Folge hatten. Nach 1961 wurden im Unterlauf des Baches drei Geschiebesperren in Stahl-Holz-Bauweise eingebaut. Nach einem Starkregen im Mai 1981 führte der Wandersteinbach ca. 1 – 2.000 m³ Geschiebe sowie Wildholz ab, verkläute die Dole unter der Kreisstrasse 1 (max. Abzug 4,5 m³/s) und verschüttete die Sportanlage mit Geschiebe und Schlamm. Bei diesem Ereignis wurden die Sperren offenbar zerstört. Im Mai 1985 verursachten Starkregen über dem unteren Fuldata zwischen Kassel und Hann. Münden Schäden von rund 5 Mio. DM. Im Einzugsgebiet des Wandersteinbaches wurden 89,9 mm Niederschlag

gemessen. Der Hauptregen von etwa 81 mm fiel innerhalb von 45 Minuten und löste Abfluss von versiegelten und landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie eine Hochwasserwelle im Wandersteinbach aus. Ein Spitzenabfluss von rund 40 m³/s bewirkte ein bis zu 3 m hohes Ansteigen des Baches im Unterlauf (vgl. Brunotte u. Hund 1992). Der Bach überschwemmte die Kreisstrasse sowie die Sportanlage und sedimentierte 2.200 m³ Geschiebe sowie erhebliche Mengen an Wildholz (Abb. 7). Etwa 1.300 m³ feinklastischer Sedimente gelangten in die Fulda (Brunotte u. Hund 1992). Dabei entstanden Schäden von 150 - 200.000 DM. Zur Vorbeugung vor möglichen weiteren Schäden wurde entlang der Sportanlagen ein Entlastungsgraben angelegt, der überschüssiges Wasser und Geschiebe aufnehmen soll. Auf dem Schwemmfächer wurde ein Geschiebefang mit 1.000 – 1.200 m³ Stauraum angelegt. Das Bauwerk ist auf max. 55 % der 1985 abgelagerten Geschiebemassen ausgelegt. Die 1,5 m hohe Pfeiler-Palisadensperre in Stahl-Holz-Bauweise dürfte beim Abkommen einer größeren Hochwasserwelle (Wasserstand im Mai 1985 in diesem Abschnitt 3 m! über Sohle) zu Bruch gehen.



Abb. 7: Geschiebeablagerung durch den Wandersteinbach in der Gemarkung Spiekershausen/Landkreis Göttingen im Mai 1985 (Aufnahme F.-J. Hund)

Fig. 7: Bed load deposition by the Wanderstein torrent after the run off event on Mai 1985 at Spiekershausen/Göttingen district, Germany (Photo F.-J. Hund)

Als Folge weiterer Abflussereignisse in den Jahren 2000 und 2002 setzten sich im Stauraum des Geschiebefangs, der seit seiner Herstellung nicht geräumt wurde, rund 120 m³ Geschiebe sowie etwa 150 m³ feinklastische Sedimente ab (Stand April 2003). Bezogen auf das Abflussereignis vom Mai 1985 beträgt der effektive Stauraum derzeit etwa 40 %. Allein im etwa 250 m langen Unterlaufabschnitt des Wandersteinbachs, der oberhalb des Geschiebefangs anschließt, ist ein vorsichtig kalkuliertes Geschiebepotential von mindestens 2.000 – 2.300 m³ vorhanden. Es setzt sich aus Gehängeschutt in Prall- und Steilhängen, Terrassenkörpern und Schuttablagerungen entlang der Sohle zusammen. Weiteres Potential liegt in der möglichen Stofflieferung aus der Abraumhalde des Steinbruchs.

MODELLIERUNG VON WILDBACHPROZESSEN UND GEFAHRENZONEN

Angesichts möglicher Gefahren, die von Wildbächen ausgehen, und im Hinblick auf die, aus dem Bodenschutzrecht (König 2002) resultierenden Haftungsfragen, werden in Nordhessen und Südniedersachsen Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, auf der Grundlage von Faktorenanalysen und Modellrechnungen Ursachen von Wildbächen sowie Gefahrenzonen und Risikopotentiale zu erfassen und zu bewerten. GIS-gestützte Arbeiten in den Einzugsgebieten von Hemel- und Elsterbach gehen beispielsweise der Frage nach dem Einfluss von

Mooren und stauenden Böden auf die Abflussdynamik in bewaldeten Einzugsgebieten im Zusammenhang mit Starkregenereignissen nach. Im Einzugsgebiet von Reh- und Fuchslöchergraben stehen Probleme der Generierung von Geschiebepotentialen sowie der Festlegung von Gefahrenzonen im Vordergrund.

Im Rahmen einer Untersuchung im Einzugsgebiet des Wandersteinbachs (Kreikemeier et al. 2004) wurde die Frage verfolgt, ob Bodenerosionsmodelle zu einer Bewertung der Disposition zur Geschiebeführung bei Wildbachprozessen eingesetzt werden können, auch wenn diese Prozesse nicht direkt durch das Modell abgebildet werden. Da Ansätze zur Modellierung der Geschiebeverlagerung an Mittelgebirgswildbächen bisher nicht verfolgt wurden, ergab sich die Fragestellung vor dem Hintergrund, dass sich von Wildbachprozessen betroffene Gebiete in Mittelgebirgen in zahlreichen Parametern von denen der Hochgebirge unterscheiden. Vorhandene Modelle (z.B. Gamma 2000, Rieger 1999) sind daher nicht ohne weiteres anwendbar. So sind in den Mittelgebirgen die Neigungsverhältnisse in den Wildbacheinzugsgebieten in der Regel wesentlich geringer, die Liefergebiete feinklastischer Sedimente hingegen – als Folge der stärkeren ackerbaulichen Nutzung – um ein Vielfaches größer. Häufig stellen auch die Gerinnesohlen selbst in großem Umfang die Geschiebeherde dar. Im Hinblick auf die Geschiebemobilisierung und –verlagerung dürfte das den Mittelgebirgswildbächen zugeführte feinklastische Material allerdings besondere Bedeutung besitzen, da die Feinsedimentfracht des Transportmediums bei entsprechender Viskosität und Dichte eine verstärkte Exarations- und Transportkraft von Blockmaterial begünstigt (u.a. Roschke 1967).

Mit der skizzierten Fragestellung wurde im Einzugsgebiet des Wandersteinbachs das Bodenerosionsmodell EROSION 3D (Schmidt 1996) zur Simulation des Abflussereignisses vom Mai 1985 eingesetzt. Das physikalisch-deterministische Modell verwendet verschiedene Relief-, Boden- und Niederschlagsparameter als Eingangsdaten, die jedoch nur zum Teil als Primärdaten vorlagen und weitgehend in generalisierter Form Eingang in die Simulation fanden. EROSION 3D erlaubt prospektive Aussagen über Verlauf und Ausmaß der Erosionsvorgänge von Einzelereignissen. Abflussvolumina sowie Erosions- und Akkumulationsbeträge und die Zusammensetzung der verlagerten Feinsedimente sind Ausgabeparameter. Daraus abgeleitet lässt sich eine Abschätzung der stofflichen Zusammensetzung der Hochwasserwelle vornehmen. Fiktive Rahmenbedingungen für den Erosionsprozess, wie mögliche Niederschlagszeitleistungen, Bodenbearbeitungsmethoden und Erosionsschutzmaßnahmen können in das Modell integriert werden. Die mit EROSION 3D simulierten Abfluss- und Erosionsprozesse im Einzugsgebiet des Wandersteinbachs wurden auf ihre Plausibilität hin anhand der von Brunotte u. Hund (1992) auf der Grundlage von Feldstudien und Vermessungen durchgeführten Berechnungen überprüft. Im Ergebnis zeigt sich, dass das Modell geeignet ist, Faktorengänge und Prozessbereiche mit erhöhtem Abfluss und starker Erosionsgefährdung zu identifizieren. Darüber hinaus simuliert es die, den Geschiebetransport begünstigende Feinmateriallieferung im Wildbach. Abfluss- und Abtragsleistung wurden hingegen stark überschätzt, was im Wesentlichen auf die Generalisierung von Eingangsparametern zurückzuführen war.

AUSBLICK

Von Wildbächen können - mit starker regionaler Differenzierung - auch in den Mittelgebirgen erhebliche Schadenspotentiale ausgehen. Im Hinblick auf eine Ausweitung und Verdichtung der Nutzung im Umfeld von Wildbacheinzugsgebieten sowie vor dem Hintergrund einer möglichen weiteren Zunahme von Starkregen wird dieses Phänomen daher bei Raum- und

Umweltplanungen künftig an Bedeutung gewinnen. Aus geowissenschaftlicher Sicht sind im Zusammenhang mit der Analyse der Prozesse, der Bewertung von Risiken und der Ausweisung von Gefahrenzonen die Kenntnisse in den Mittelgebirgsräumen bislang unzureichend. Wissen über die Verbreitung von Wildbacheinzugsgebieten, Magnituden potentieller Ereignisse, vorhandene Geschiebepotentiale u.ä. fehlt weitestgehend.

Die Arbeiten in den nordhessischen und südniedersächsischen Wildbacheinzugsgebieten untersuchen Faktorengefüge und Prozessbereiche von Wildbächen. Sie zielen auch auf die Erfassung und Bewertung von Gefahrenzonen und Risikopotentialen ab. Erste Erfahrungen mit der Simulation von Prozessen und Dispositionen zeigen, dass klassische Abfluss- und Erosionsmodelle nur mit Einschränkungen anwendbar sind, da wesentliche elementare Prozessdifferenzierungen nicht parametrisiert werden (vgl. Kreikemeier et al. 2004). Es erscheint daher als sinnvoll, für Hochgebirgsräume entwickelte Wildbach- oder Murenmodelle auch für Mittelgebirgsräume zu überprüfen und gegebenenfalls zu modifizieren bzw. mit Bodenerosionsmodellen zu kombinieren.

LITERATUR

- Aberle, J., Dittrich, F., Nestmann, F. (1999): "Description of steep stream roughness with the standart deviations". *Institute of Water Resources Management, Hydraulic and Rural Engineering*, Karlsruhe, paper, 7 p.
- Becht, M. & Rieger, D. (1997): „Debris Flows on Alpine Slopes“. – *Géomorphologie: relief, processus, environnement* 1; 33-41.
- Brunotte, E., Hund, F.-J. (1992): „Akzentuierte Dynamik eines Seitenbaches der Fulda durch einen Starkregen im partiell flächenversiegelten Einzugsgebiet: Bilanzierung von Oberflächenabfluß und Abflußspende, Erosions- und Akkumulationsbeträgen“. *Bonner Geographische Abhandlungen* 85; 81-99.
- Caspar, M. (2002): „Die Identifikation hydrologischer Prozesse im Einzugsgebiet des Dürreychbaches (Nordschwarzwald)“. *Mitt. Inst. Wasserwirtsch. Kulturtechn. Univ. Karlsruhe* 210; 1-214.
- Czerwinski, J., Zurawek, R. (1999): "The geomorphological effects of heavy rainfalls and flooding in the Polish Sudetes in July 1997". *Studia Geomorphologica Carpatho – Balcanica* XXXIII; 27-43.
- Damm, B. (2000): „Massenbewegungen im Fulda- und Oberweserraum (Nordhessen/Südniedersachsen) - Methodik, Fallbeispiele, Statistische Auswertung“. *Abschlußbericht DFG-Projekt DA 452/1-1/1-2, Mai 2000*. Langfassung, 130 S. + Anhang.
- Damm, B. (2002): „Starkregenphasen der vergangenen 140 Jahre im nordhessisch-südniedersächsischen Mittelgebirgsraum – Starkregenrekonstruktion auf der Grundlage meteorologischer und geomorphologisch-historischer Daten“. *Trierer Geographische Studien* 25; 161-176.
- Damm, B. (2003): „Starkniederschläge und Starkregenfolgen in Mittelgebirgsräumen“. *Datenbank für Mitteleuropa von 865 - 2002. Stand August 2003*, Göttingen (unveröff.).
- DIN 19663 (1985): „Wildbachverbauung; Begriffe, Planung und Bau“. *Deutscher Normenausschuß*. Berlin, 1985.
- Hübl, J., Kienholz, H., Loipersberger, A. (2002): „DOMODIS – Documentation of Mountain Disasters“. *Schriftenreihe der Internationalen Forschungsgesellschaft Interpraevent, Handbuch 1*, Klagenfurt, 36 Seiten.
- Gamma, P. (2000): „dfwalk – Ein Murgang-Simulationsprogramm zur Gefahrenzonierung“. *Geographica Bernensia* G 66; 144 Seiten.

- HLFWW (2000): „Forsthydrologisches Forschungsgebiet Reinhardswald – Elsterbach-Einzugsgebiet“. *Hessische Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie, Exkursionsführer*. Hann. Münden, 24 Seiten.
- Keller, H., Hrsg. (1901): „Weser und Ems, ihre Stromgebiete und ihre wichtigsten Nebenflüsse“. *Bd. II: Quell- und Nebenflüsse der Weser (ohne Aller)*. Berlin, 603 Seiten und Tabellenband.
- König, W. (2002): „Vorgaben des Bodenschutzes für das Management von Böden“. *In: Cyffka, B., Härtling, J.W., Hrsg.: Bodenmanagement*. Berlin/Heidelberg/New York, 215 Seiten.
- Kreikemeier, A., Damm, B., Böhner, J., Hagedorn, J. (2004): „Wildbachprozesse im Fulda- und Oberwesereinzugsgebiet – Ereignisse, Modellierung von Abfluss und Abtrag“. – *In: Becht, M., Damm, B., Hrsg.: Naturgefahren in Mitteleuropa. – Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd. (in Vorb.)*.
- Kühnle, U., Rohn, J. (1998): „Hangbewegungen anlässlich eines Starkniederschlagsereignisses bei Oppenau/Schwarzwald“. *Schr. Angew. Geol. Karlsruhe* 50, 1-VI; 217-228.
- Münchener Rück (1999): „Naturkatastrophen in Deutschland - Schadenerfahrungen und Schadenpotentiale“. *Münchener Rückversicherungs- Gesellschaft*, München, 99 Seiten.
- Pörtge, K.-H. (1986): „Der Wendebachstausee als Sedimentfalle bei dem Hochwasser im Juni 1981“. *Erdkunde* 40; 146-153.
- Pohlhausen, R. (1999): „Katastrophenvorsorge und Raumplanung aus Sicht der Versicherungswirtschaft“. *Neues Arch. Niedersachsen* 1/1999; 1-12.
- Rickenmann, D. (1996): „Fließgeschwindigkeit in Wildbächen und Gebirgsflüssen“. *Wasser, Energie, Luft* 88, 11/12; 298-303.
- Rieger, D. (1999): „Bewertung der naturräumlichen Rahmenbedingungen für die Entstehung von Hangmuren – Möglichkeiten zur Modellierung des Murpotentials“. *Münchener Geographische Abhandlungen Reihe A*, Bd. A 51, München; 1-149.
- Roschke, G. (1967): „Lineare Land- und Bodenabtragung durch beschleunigt abfließendes Wasser“. *Naturwissenschaftliche Rundschau* 20; 190-196.
- Seedorf, H. H. (1955/56): „Der Starkregen am 28. August im Gebiet zwischen Solling und Hildesheimer Wald und seine Folgen“. *Neues Arch. Niedersachsen* 8(13); 350-357.
- Schmidt, J. (1996): „Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen“. *Berliner Geographische Abhandlungen* 61, Berlin; 1-148.
- Tonn, R. (1982): „Ungewöhnliche Hochwässer aus dem Harz“. – *Neues Arch. Niedersachsen* 31/2; 113-125.