

Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, 32/33, S. 83-96, 14 Abb., 1 Tab.
Halle (Saale), Mai 2011

Untersuchungen zu Totholzablagerungen und deren Einfluss auf die Gerinnemorphologie in einem Hochgebirgsbach

Antje Eitelmann & David Morche*

Eitelmann, A. & Morche, D. (2011): Untersuchungen zu Totholzablagerungen und deren Einfluss auf die Gerinnemorphologie in einem Hochgebirgsbach. [Investigations on large woody debris and effects on the channel morphology in a high-mountain stream.] – Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, 32/33: 83-96, Halle (Saale).

Kurzfassung: Grobes Totholz spielt eine wichtige Rolle für die Geomorphologie eines Fließgewässersystems. Durch die Ausbildung von Steps und Pools und die Wirkung als Geschiebefänger wird Einfluss auf das System genommen. Auch wenn der Großteil der Totholzablagerungen keine unmittelbare Beeinflussung ausübt, so können doch große Mengen an Sediment zurückgehalten werden, auch bei einer geringen Persistenz der Holzablagerungen. Die Untersuchung von grobem Totholz sollte daher bei fluvialgeomorphologischen Kartierungen eine stärkere Beachtung finden.

Abstract: Large woody debris (LWD) effects channel bed geomorphology in flowing water systems. LWD can create a step and pool morphology. Bed load material can be stopped upstream of LWD accumulations and build intermediate sediment stores on the riverbed. The persistence of LWD accumulations and sediment storing is variable and should be considered in future investigations.

Schlüsselwörter: Gerinnemorphologie, Totholz, Partnach, Reintal

Keywords: channel morphology, large woody debris, Partnach River, Reintal

* Anschriften der Autoren:

Antje Eitelmann (antje.eitelmann@web.de), Daimlerstr. 21, D-71116 Gärtringen;

Dr. David Morche (david.morche@geo.uni-halle.de), Institut für Geowissenschaften und Geographie,
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Von-Seckendorff-Platz 4, D-06110 Halle (Saale).

1. Einleitung

Im Zuge des Projektes „Materialtransfer in alpinen Fließgewässersystemen – Mobilität und funktionelle Kopplung“, einem Teil des Bündelprojektes „Sedimentkaskaden in alpinen Geosystemen“ (SEDAG), wurden Ausmaße und Folgen der Prozesse untersucht, welche die Reliefentwicklung maßgeblich beeinflussen. Da der Sedimenttransfer und fluvialgeomorphologische Gegebenheiten auch durch in Fließgewässern vorkommenden groben Totholzes (engl. large woody debris [LWD]) beeinflusst werden können (Mutz 2000, Braudrick & Grant 2001, Hassan & Woodsmith 2004), wurde dessen Kartierung in einem totholzreichen Gerinneabschnitt im Untersuchungsgebiet Reintal durchgeführt (Abbildung 1).

„Als Totholz bezeichnet man die im Gerinne liegenden ‚toten‘ Äste und Stämme der umgebenden Gehölzvegetation.“ (Huetten, M. 2000).

Bereits zu Beginn der Siebziger Jahre wurden im amerikanischen Raum Untersuchungen von Totholzablagerungen (engl. *Large Woody Debris [LWD]*) und dessen Auswirkungen auf die Gewässermorphologie durchgeführt, ein Großteil der heute vorhandenen Publikationen stammt jedoch aus den letzten zwanzig Jahren (Hogan 1987, Fetherston et al. 1995, Downs & Simon 2001, Haschenburger & Rice 2004). Da Totholzablagerungen durch intensives Management in den meisten mitteleuropäischen kaum eine Rolle spielten, fand diese Thematik kaum Beachtung (Hering et al. 2000). In den letzten Jahren wurden aber auch im deutschsprachigen Raum vermehrt Untersuchungen dazu durchgeführt. Dabei wurde in einem Großteil der Arbeiten, neben dem Einfluss des Totholzes auf die Gewässermorphologie, die Beeinflussung der Gewässerökologie mit Fauna und Flora beschrieben (Hering & Reich 1997, Gerhard & Reich 2000, Hering et al. 2000, Mutz 2000, Kail 2004).

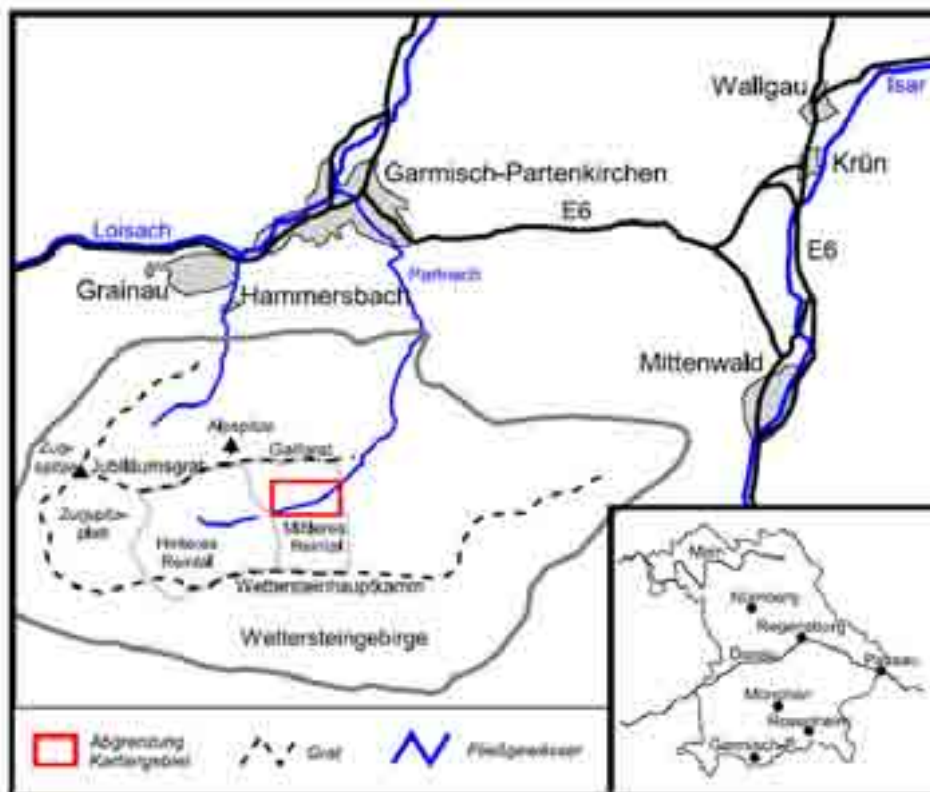


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebiets.

„Large Woody Debris (LWD) is known to influence the morphology and the ecology of small streams in many ways.“ (Mutz 2000: 107). Im Reintal (Oberbayern) wurde die Art und Weise dieses Einflusses anhand von Step-Pool-Systemen und der Wirkung des Totholzes als

Geschiebefänger untersucht. Des Weiteren beschäftigt sich der vorliegende Artikel mit der räumlichen Verteilung der groben Totholzablagerungen. Die Kartierungen für die Untersuchung wurden in den Jahren 2002, 2004 und 2005 durchgeführt.

2. Methodik

2.1 Menge und Verteilung des Totholzes

Damit Totholz bei der Kartierung als grobes Totholz charakterisiert werden kann, wurden

bestimmte Voraussetzungen definiert. So wurden in dem Gewässerabschnitt alle Totholzablagerungen kartiert, welche einem Mindestdurchmesser von 0,10 m und eine Mindestlänge von 1,00 m aufwiesen (u.a. nach Hogan 1987, Fetherston et al. 1995, Marcus et al. 2002).



Abb. 2: Einfache Totholzakkumulation, Blick in Fließrichtung (Foto: Antje Eitelmann, 17.08.2004).



Abb. 3: Komplexe Totholzakkumulation, Blick in Fließrichtung (Foto: Antje Eitelmann, 21.07.2004).

Neben einzelnen Stämmen wurden außerdem Totholzakkumulationen (engl. jams) aufgenommen. Dabei unterscheidet man zwischen 2 Ausprägungen (Abbildungen 2 und 3): einfache Totholzansammlungen bestehen aus mindestens 2 Einzelstämmen, welche zwar gemeinsam an einer Position liegen, jedoch keinen gemeinsamen Einfluss, zum Beispiel auf die Morphologie, ausüben. Komplexe Totholzakkumulationen

bestehen aus mehr als 2 Einzelstämmen, welche oftmals durch weiteres organisches Material, wie Blätter oder Zweige, miteinander verbunden sind und als Komplex auf ihre Umgebung wirken. Bei Einzelbäumen und den Stämmen von einfachen Totholzakkumulationen wurden die Länge und der mittlere Stammdurchmesser vermessen. Letzterer wurde nach Hogan (1987) über die Durchmesser der beiden Stammenden ermittelt.

Aus diesen Werten konnte später das Stammvolumen berechnet werden. Dagegen wurden bei den komplexen Holzakkumulationen die mittlere Höhe (h), die mittlere Breite (w) und die mittlere Länge (l) bestimmt (Piégay et al. 1999), um anhand der Formel

$$V = h * w * l \quad (1)$$

ebenfalls das Holzvolumen zu errechnen. Soweit bestimmbar wurde untersucht, durch welche

Ereignisse die Totholzstämme in das Gerinne der Partnach gelangt sind. Dabei lassen sich natürliche Ursachen wie Hochwasserereignisse oder Uferabbrüche und anthropogene Ursachen unterscheiden. Des Weiteren wurden die Lage der Totholzablagerung im Kartiergebiet sowie die Ursache seiner Mobilitätseinschränkung notiert. Hierbei kann nach Braudrick & Grant (2001) und Faustini & Jones (2003) eine hohe Bedeutung von Gesteinsblöcken erwartet werden.

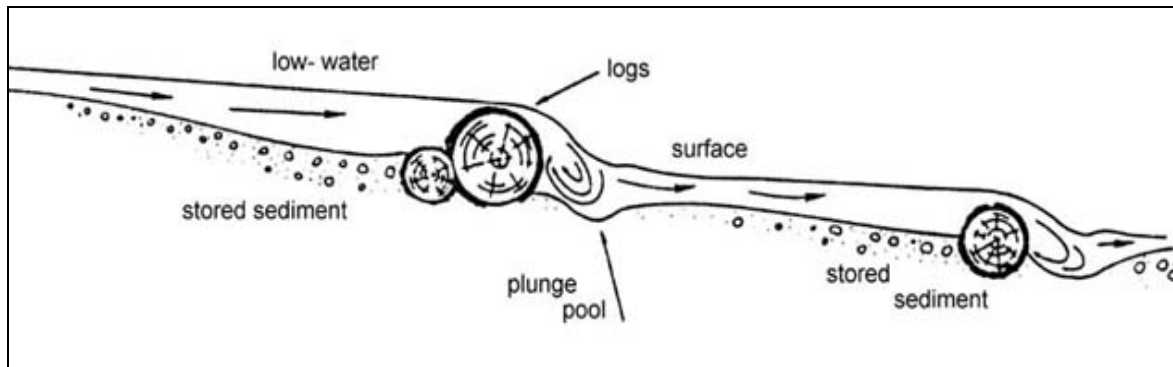


Abb. 4: Durch Totholz verursachte Wasserspiegelsprünge im Längsverlauf (Keller & Swanson 1979: 376, in Kail 2004).

2.2 Bildung von Steps und Pools

Steps und Pools können durch verschiedene Strömungshindernisse gebildet werden, so z.B. durch Blöcke oder Geschiebecluster, welchen in einem Gebirgsfluss wie der Partnach häufig vorkommen. Bei der Kartierung wurden nur Steps und Pools aufgenommen, welche durch das Vorhandensein von Totholz entstanden sind.

Bildet ein Totholzstamm ein Strömungshindernis, wird das mitgeführte Geschiebe oberhalb des Holzes abgelagert (Wallerstein & Thorne 2004) (Abbildung 4). Die Sohle gleicht sich sukzessive an die Höhe des Stammes an und bildet eine Stufe, nach Mutz (2000) und Bunte & Abt (2001) wird dabei vor allem grobes Material zurückgehalten. Die Höhe eines Steps kann laut Curran & Wohl (2003) vom Durchmesser des Totholzes abhängen. Strömt das Wasser über den Step, stürzt es die meist geringe Höhendifferenz zur Sohle unterhalb des Stammes herab. Durch die entstehenden Turbulenzen entsteht hier ein Pool, da die Sohle durch das herabstürzende Wasser und wegen fehlender Materialnachlieferung ausgeschürft wird. Nach Kail (2004) spricht

man in diesem Fall von einem Absturz-Pool (engl. plunge pool) (Abb. 5). Da im Reintal andere Poolformen keine größere Rolle spielen, wird auf solche hier nicht weiter eingegangen, ergänzend sind sie bei Robinson & Beschta (1990) aufgeführt. Nach Buffington et al. (2002) und Kail (2003) sind Größe und Stabilität eines Pools abhängig von der Baumgröße. In Pools häuft sich vor allem feines Material an (Mutz 2000, Bunte & Abt 2001, Schmidt & Ergenzinger 1992). In Fließgewässern, die Fischen als Habitat dienen, haben die Pools eine wichtige Lebensraumfunktion, so dienen sie bspw. bei Niedrigwasser als Zufluchtsort (Gurnell et al. 1995, in Kail 2004).

Nach Curran & Wohl (2003) wird die Höhe eines Steps von der Sohle bis zur Oberkante des Totholzes gemessen, des weiteren werden die Breite des Steps sowie die Ausdehnung und die tiefste Stelle des Pools notiert (Curran & Wohl 2003, Kail 2003). Bei der einführenden Kartierung 2002 wurden die ausgebildeten Steps noch nicht vermessen, sie werden in den vergleichenden Auswertungen nicht berücksichtigt.



Abb. 5: Überflossenes Totholz mit Absturz-Pool unterhalb, Blick in Fließrichtung (Foto: Antje Eitelmann, 17.08.2004).

2.3 Wirkung des Totholzes als Geschiebefänger

Eine bedeutende Eigenschaft von grobem Totholz ist die Wirkung als Geschiebefänger. Zur Akkumulation von Gesteinsmaterial kommt es zum einen an von Totholz gebildeten Steps, zum anderen an Stämmen beziehungsweise Totholzakkumulationen, die ein Hindernis für die Strömung und das mitgeführte Geschiebe bilden.

2.3.1 Masse des akkumulierten Materials

Um eine Vorstellung von den Größenordnungen des vom Totholz akkumulierten Materials zu bekommen, wurde bei der Kartierung 2005 die Masse des abgelagerten Geschiebes untersucht. Dazu musste das Material als geometrische Form betrachtet werden, welche in ihrer Höhe, Breite und Länge vermessen wurde. Nach der Berechnung der Flächen konnte das Volumen des Körpers berechnet werden, beispielsweise über die Volumenberechnung eines Pyramidenstumpfes:

$$V = h/3 * (A_G + \sqrt{A_G A_D} + A_D) \quad (2)$$

Dabei ist A_G die Grundfläche und A_D die Deckfläche des Körpers.

Das ermittelte Volumen wurde für die Auswertungen anhand der Formel

$$M = V * \rho \quad (3)$$

in die Masse der Geschiebeakkumulation umgewandelt.

2.3.2 Granulometrische und morphometrische Analyse des akkumulierten Materials

Um zu prüfen, inwieweit sich Totholz auf die Korngrößenverteilung im abgelagerten Geschiebe auswirkt, wurde bei der Kartierung im Sommer 2004 an neun ausgewählten Standorten eine Partikelzählung nach der 100-Partikel-Methode nach Wolman (1954, in Bunte & Abt 2001) durchgeführt, davon siebenmal an einem Step-Pool-System, einmal oberhalb und unterhalb eines Steps, an dem sich kein Pool gebildet hat und einmal oberhalb und unterhalb einer Totholzakкумуляtion, die weder einen Step noch einen Pool ausgebildet hat, aber als Sedimentfänger fungiert. Dabei wurden an jedem Standort je 25 Partikel oberhalb (Stepbereich) und unterhalb (Poolbereich) des Totholzes entnommen und nach Cailleux (1952) in ihrer a-, b- und c-Achse vermessen. Die Mengenverteilung der einzelnen Kornklassen wurde nach Müller (1964) anhand einer Kornsummenkurve dargestellt, aus dieser lassen sich wichtige Parameter (zum Beispiel die Percentile, der Mittelwert und die Schiefe) für die Auswertung der granulometrischen Analyse (nach Folk & Ward 1957) ableiten. Nach Bunte & Abt (2001) sowie Mutz (2000) ist zu erwarten, dass oberhalb des Totholzes vor allem grobes Material, im Poolbereich dagegen überwiegend feines Material angehäuft ist.

Für die morphometrische Analyse wurden außerdem die Zurundung und die Abplattung nach Cailleux (1952) sowie die Partikelform (Sneed & Folk 1958) bestimmt.

3. Ergebnisse & Schlussfolgerungen

3.1 Menge und Verteilung des Totholzes

Das mittlere Reintal weist einen hohen Anteil an grobem Totholz auf. Bei der ersten Kartierung im Sommer 2002 konnten 82 Holzablagerungen aufgenommen werden, bis auf 15 Stück konnten alle bei der folgenden Aufnahme im Sommer 2004 wiedergefunden werden. Insgesamt konnten bei dieser zweiten Kartierung 153 Tothölzer vermerkt werden. Bei der dritten und letzten Kartierung im September 2005 wurden 158 Totholzablagerungen aufgenommen. Davon konnte aber nur ein Totholzstamm von der Aufnahme von 2002 wiedergefunden werden. Nach den ersten beiden Kartierungen konnte davon ausgegangen werden, dass die Persistenz des Totholzes im Reintal sehr hoch ist, da fast alle Ablagerungen von 2002 wiedergefunden wurden und es sich dabei teilweise um sehr alte Stämme handelte. Nach dem Hochwasser im August 2005 ist im Reintal zwar ungefähr die gleiche Menge an Totholz vorhanden wie im Vorjahr, es wurde jedoch nahezu vollständig ausgetauscht. Die Stabilität der Holzablagerungen im System ist also stark abhängig von dem Auftreten von Hochwasserereignissen und deren Größe. Zwischen den beiden ersten Kartierungen trat zwar ebenfalls ein Hochwasser auf (Tabelle 1), hierbei

wurden jedoch nur einige kleine Einzelstämme ausgeräumt.

Jahr	Hochwasserzeitpunkt	HQ [m ³ /s]	Kartierungszeitpunkt
2002	12.08.	12,8	20.08. - 22.08.
2003	14.06.	13,3	-
2004	20.07.	7,7	16.07. - 19.08.
2005	23.08.	50	24.09. - 29.09.

Tab. 1: Hochwasserstände und Zeiträume der Totholz-kartierungen im Reintal.

Bei allen Kartierungen machen Einzelbäume mit mehr als 70% den Großteil der Tothölzer aus, komplexe Holzakkumulationen hatten eine Häufigkeit von rund 5% (Abb. 6).

Die Kartierstrecke besteht zum großen Teil aus gekrümmten Abschnitten, auf denen der Hauptteil der Totholzablagerungen zu finden ist. Die Vermutung, dass sich Totholz vor allem in den gebogenen Flussabschnitten ablagert, wurde statistisch überprüft. Der durchgeführte Chi-Quadrat-Test hatte ein Signifikanzniveau von $\alpha = 1$ Prozent. Es konnte bestätigt werden, dass es sich bei dem beobachteten Wert nicht um einen Zufallswert handelt, der aufgestellten These kann somit zugestimmt werden.

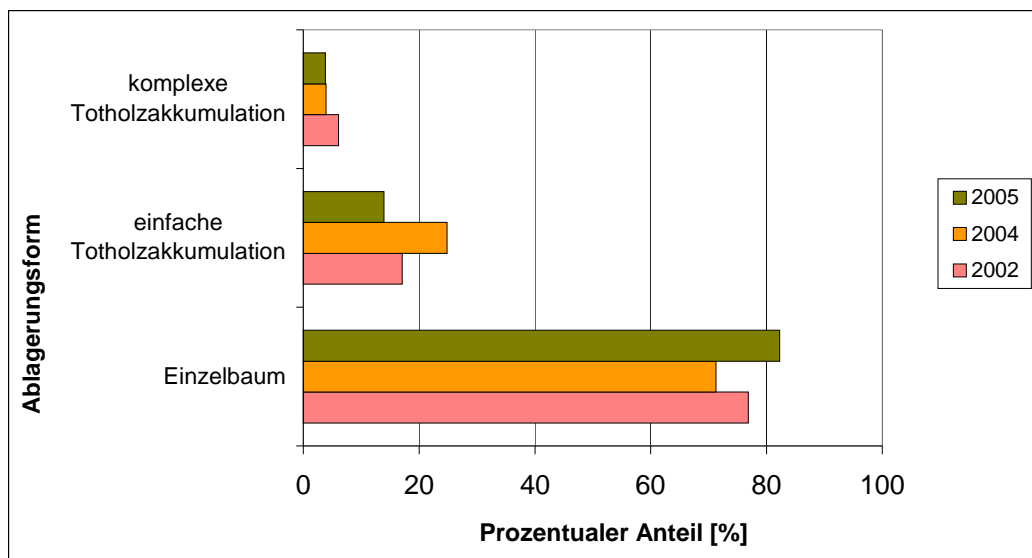


Abb. 6: Prozentualer Anteil der Ablagerungsform des aufgenommenen Totholzes.

Ein Großteil des Totholzes im Reintal ist durch fluvialen Transport von seinem ursprünglichen Standort an den jetzigen Depositionsstandort gelangt, die Ursache für den Eintrag in das Ge-

rinne ist nicht mehr nachvollziehbar. Macht der fluviale Transport 2002 nur 45 Prozent aus, sind es 2004 schon 57 Prozent. Nach dem starken Hochwasser im Sommer 2005 kann bei 75 Pro-

zent der aufgenommenen Tothölzer nur der fluviale Transport als Totholzliefersendes Medium angegeben werden. Eine weitere wichtige Totholzquelle für das Gerinne sind die sogenannten „Sturzbäume“ (LAWA 2000: 55), welche durch Rutschung, Kriechen oder Uferabbruch in das Gerinne gestürzt sind und nicht weiter transportiert wurden. Diese Bäume sind durch ihre Wurzel oft noch teilweise mit dem Ufer verbunden. Bei den ersten beiden Kartierungen wurde über ein Drittel der Tothölzer als Sturzbäume eingestuft, 2005 waren es in etwa noch 20 Prozent. Bei der Kartierung 2004 konnten außerdem vier Tothölzer kartiert werden, die durch anthropogenen Einfluss in das Gerinne gelangt sind. Bei 3 Totholzablagerungen handelt es sich um Stämme, welche von einer anthropogen angelegten Uferstabilisierung stammen. Des Weiteren konnte ein Stamm vermerkt werden, in dem Kerben zu sehen sind, welche vermutlich mit einer Axt eingeschlagen wurden (Abbildung 7).

Da es sich dabei um einen alten ausgebleichenen Baum ohne Rinde und Äste handelt, ist davon auszugehen, dass er aus der Zeit des Triftens stammt, welches im Reintal zwischen Ende des 18. Jahrhunderts und der 1960er Jahren durchgeführt wurde. Dabei wurden zersägte Stämme in die Partnach geworfen und talwärts geschwemmt. Um Verwechslungen auszuschließen schlugen die jeweiligen Besitzer ein Zeichen in das Holz, die sogenannte „Hausmarch“ (Rock 1951: 310).



Abb. 7: In ein Totholz eingeschlagene Hausmarch (Foto: A. Eitelmann, 19.08.2004).

Das in dem Untersuchungsgebiet aufgenommene Totholz wird durch verschiedene Ursachen an dem Ort seiner Ablagerung gehalten. Auffällig ist der hohe Anteil an Totholz, welches in Vergesellschaftung mit Blöcken auftritt, dieses macht bei allen Kartierungen in etwa die Hälfte aller Aufnahmen aus. Ein weiter hoher Teil der Totholzablagerungen liegt auf der Sohle bzw. auf Schotterflächen, wo es vermutlich wegen zu geringer Wassertiefe nicht weitertransportiert werden konnte. Die hierbei kritische Wassertiefe entspricht nach Braudrick & Grant (2001) ungefähr der Hälfte des Holzdurchmessers. Bei Hochwasser besteht die Möglichkeit der erneuten Mobilisierung des LWD.

3.2 Bildung von Steps und Pools

Bei der Kartierung im Sommer 2004 konnten im Untersuchungsgebiet 22 Totholzablagerungen mit Stepbildung aufgenommen werden. 14 LWD davon wurden bereits 2002 mitkartiert, bis auf eine Ausnahme war auch hier schon bei allen ein Step ausgebildet. Diese Ausnahme lag bei der ersten Aufnahme noch oberhalb der Sohle, so dass das Wasser darunter durchfließen konnte, bis zur Kartierung 2004 wurde jedoch ein Step ausgebildet (Abbildungen 8 und 9). Abbildung 9 macht deutlich, wie viel Geschiebe von einem Step zurückgehalten werden kann. Das akkumulierte Material stammt überwiegend von dem Hochwasser vom 14./15.06.2003. Alle Ablagerungen mit einer Stepbildung, welche bei der Kartierung 2002 aufgenommen wurden, sind auch zwei Jahre später noch vorhanden. 2005 konnten 14 zusätzliche Totholzablagerungen kartiert werden, an welchen eine Stepbildung zu beobachten war. Dabei handelte es sich ausschließlich um neu abgelagerte Stämme. Steps der zwei vorangegangenen Kartierungen wurden zerstört und nicht wiedergefunden.

Die Steps haben eine Breite zwischen 0,5 m und 7 m, sowohl bei den Stämmen von 2004 als auch bei jenen von 2005 war der überwiegende Teil (86 Prozent) kleiner als 3 m. Die Steps haben eine Höhe zwischen 0,14 m und 1,05, der Mittelwert liegt in beiden Jahren bei 0,46 m. Es wurden vor allem Steps mit einer Höhe zwischen 0,2 m und 0,6 m ausgebildet. Der von Curran & Wohl (2003) beschriebene Zusammenhang zwischen dem Stammdurchmesser und der Stephöhe konnte nicht nachgewiesen werden.



Abb. 8: Totholz bei der Kartierung 2002, Blick in Fließrichtung (Foto: Petra Hesse, 20.08.2002).



Abb. 9: Totholz bei der Kartierung 2004, Blick in Fließrichtung (Foto: Antje Eitelmann, 13.08.2004).

Von den 30 Pools der Kartierung von 2004 konnte 2005 kein einziger mehr wiedergefunden werden, stattdessen konnten 11 neue Pools aufgenommen werden. Dabei handelt es sich ausschließlich um Absturzpools. Die 2004 vermessenen Pools haben Flächen bis maximal 11 m², der größte Pool 2005 ist dagegen nur 3,52 m² groß. Hier spielt vermutlich der Zeitfaktor eine Rolle, da dem System noch nicht die Zeit zur Verfügung stand um größere Poolflächen auszu-schürfen. Die durchschnittliche maximale Tiefe der Pools betrug 2004 0,45 m und 2005 0,41 m. Da bei der letzten Kartierung nur drei Pooltiefen messbar waren, wurden bei der Auswertung die Werte der letzten beiden Aufnahmen zusammen-

gefasst. Dabei konnte bei nur 20 Prozent der Fälle ein Zusammenhang zwischen der Pooltiefe und der Poolfläche ermittelt werden, eine Abhängigkeit der Pooltiefe von der Stephöhe war nur in 19 Prozent der Fälle nachweisbar. Ein geringer Zusammenhang konnte außerdem zwischen der Pooltiefe und dem mittleren Durchmesser des poolbildenden Stammes festgestellt werden (Abbildung 10). Die erklärte Varianz beträgt in diesem Fall rund 25 Prozent der Gesamtvarianz, betrachtet man die Werte von 2004 separat, beträgt sie etwa 32 Prozent. In dieser Untersuchung konnten somit keine statistisch signifikanten Ergebnisse erzielt werden.

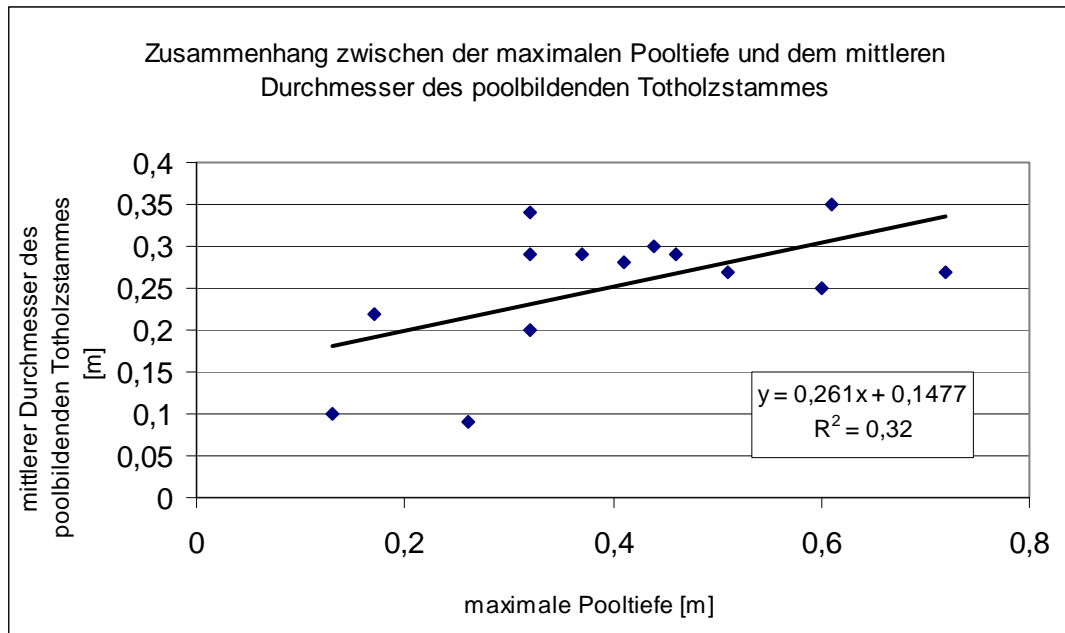


Abb. 10: Linearer Zusammenhang zwischen der maximalen Pooltiefe und dem mittleren Durchmesser des poolbildenden Totholzstammes (Datenaufnahme 2004, n = 14).

3.3 Wirkung des Totholzes als Geschiebefänger

3.3.1 Masse des akkumulierten Materials

Die Masse des akkumulierten Materials wurde an 21 Standorten ermittelt, dabei wurden Werte zwischen 0,04 t und 25,1 t berechnet, wobei letzterer Wert eine Ausnahme bildet, der Mittelwert liegt bei 3,5 t. Mehr als drei Viertel der untersuchten Gesteinsablagerungen wurden von Einzelbäumen beziehungsweise einem Stamm einer einfachen Totholzakkumulation zurückgehalten, nur 20 Prozent wurden an komplexen Holzakkumulationen angehäuft (Abbildung 11).

Bei der Auswertung der Ergebnisse wurden die Einzelbäume und die einfachen Totholzakkumulationen zusammengefasst, da sie auf eine ähnliche Weise auf ihre Umgebung wirken. Dabei konnte bei 13 Prozent der Werte ein Zusammenhang zwischen der Stammlänge und der Masse des akkumulierten Materials festgestellt werden, eine Beziehung zwischen dem Stammdurchmesser und der Masse des Geschiebes war nicht ableitbar, ebenso wenig wie zwischen dem Durchmesser des Totholzstammes und der mittleren Höhe des abgelagerten Materials. Ein größerer Zusammenhang konnte dagegen zwischen dem Holzvolumen komplexer Totholzakkumulationen und der Masse der Geschiebes festgestellt werden, die erklärte Varianz beträgt hier 94

Prozent der Gesamtvarianz. Dazu muss gesagt werden, dass für diese Untersuchung nur vier Werte zur Verfügung standen. Je mächtiger eine komplexe Totholzakkumulation ist, umso größer ist also auch die Masse des zurückgehaltenen Materials. Eine Analyse der Abhängigkeit des akkumulierten Materials und dem Holzvolumen der Einzelbäume brachte keine signifikanten Ergebnisse.

Die Höhe der Masse des Materials wurde anschließend separat für jene Ablagerungen betrachtet, welche eine Step ausgebildet haben und auf Zusammenhänge mit der Stepbreite untersucht. Der Anteil der erklärten Varianz beträgt in diesem Fall rund 39 Prozent der Gesamtvarianz. Nach dem starken Hochwasser im August 2005 gab es einen hohen Anteil an frischen Totholzstämmen im Untersuchungsgebiet, an denen neben Ästen und Zweigen auch noch grüne Nadeln vorhanden waren. Es konnte festgestellt werden, dass von Bäumen, die ihre Nadeln noch besaßen, mehr Geschiebe zurückgehalten werden konnte, als von Stämmen ohne Nadeln. So beträgt der Mittelwert der Masse des Materials bei den frischen Totholzstämmen circa 5,8 t, bei den älteren Holzablagerungen dagegen nur 1,8 t. Hier wäre eine erneute Kartierung empfehlenswert, um zu überprüfen, wie sich die Masse des akkumulierten Materials mit dem allmählichen Verlust der Nadeln verändert hat.

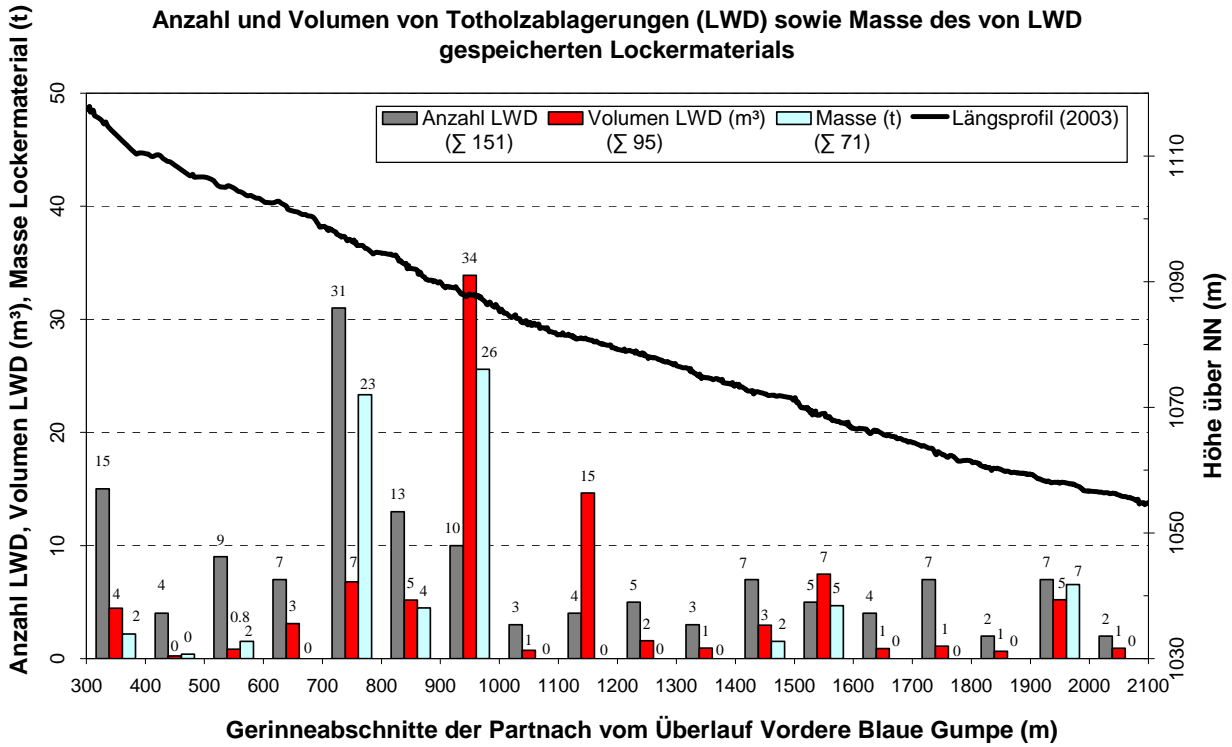


Abb. 11: Totholzvolumen und Masse des akkumulierten Materials im Längsprofil.

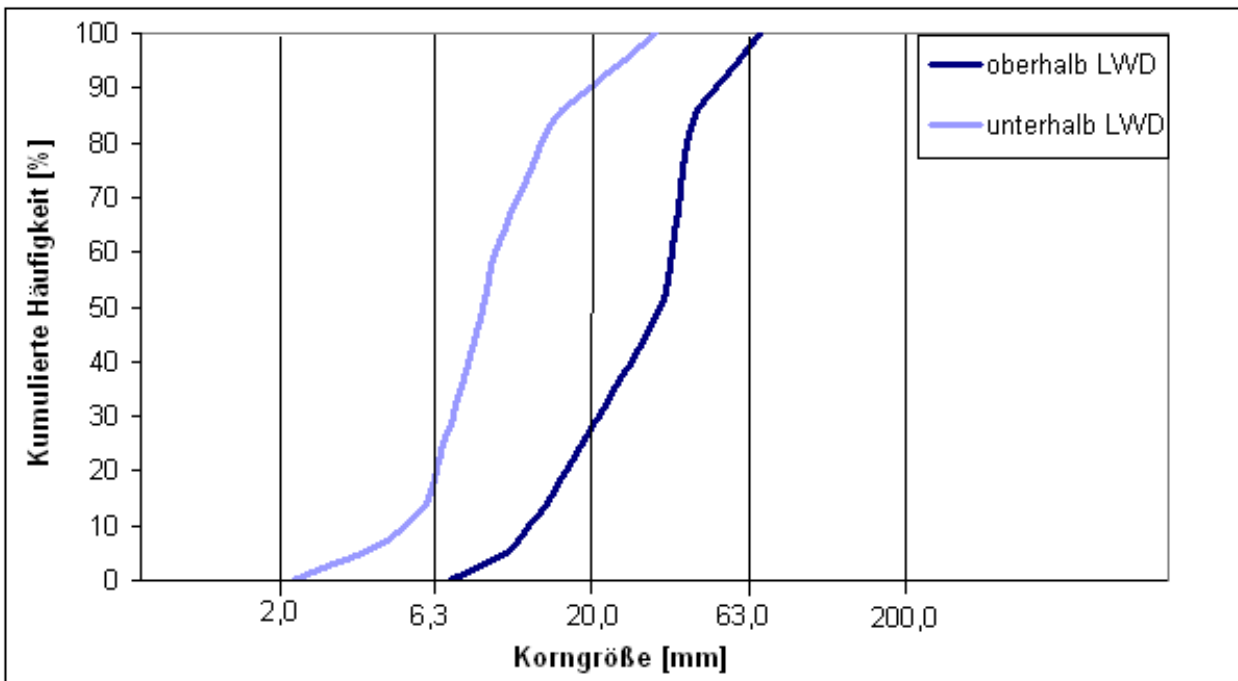


Abb. 12: Kornsummenkurven.

3.3.2 Granulometrische und morphometrische Analyse des akkumulierten Materials

Bei der granulometrischen Analyse der Partikelproben hat sich ergeben, dass sich unterhalb des

Totholzes vor allem feines Material ansammelt, oberhalb dagegen gröberes. Dieses Ergebnis zeigt sich, wenn man die charakteristischen Percentile D_{16} , D_{50} & D_{84} der Kornsummenkurven miteinander vergleicht (Beispiel Abbildung 12). Ihre

Werte sind im Poolbereich stets kleiner als jene im Stepbereich. Sowohl im Bereich oberhalb der Holzablagerung, als auch unterhalb des Stammes gehört der Großteil der abgelagerten Partikel zur Kiesfraktion. Oberhalb des LWD handelt es sich dabei eher um grobe Kiese, Partikel der mittleren Kiesfraktion sind zwar bei fünf Probestandorten vorhanden, jedoch nur in geringen Prozentsätzen. Steine konnten dagegen an allen Standorten vermerkt werden. In den Poolbereichen sind Steine nicht so stark vertreten, sie konnten zwar an sechs Probestandorten aufgenommen werden, bilden aber nur einen geringen Anteil an dem abgelagerten Geschiebe. Auch Feinkiese machen einen nur kleinen Prozentsatz des Materials aus. Hier wurden vor allem Partikel der mittleren und groben Kiesfraktion aufgenommen. Die Ablagerung von feinerem Material im Bereich unterhalb des Totholzes wird durch die einzelnen Mittelwerte bestätigt, diese sind (in mm angegeben) ohne Ausnahme kleiner als in den Bereichen oberhalb des LWD. Das Ergebnis des Schiefheitsgrades deckt sich im Allgemeinen mit dem des Vergleichs der Perzentile. Die Verteilung der Poolproben ist stärker positiv schief als die des Stepbereiches, das heißt hier besteht ein höherer Anteil an feinem Material.

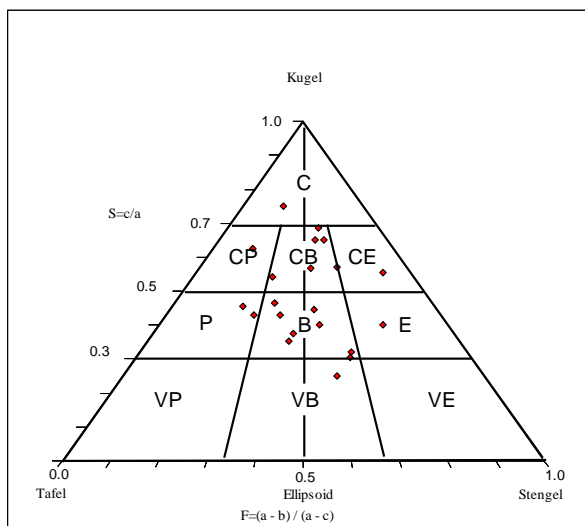


Abb. 13: Kornformdreieck nach SNEED & Folk (1958) einer Probe oberhalb der Totholzablagerung (C – kugelig, CP – kompakt-tafelförmig, CB – kompakt-ellipsoid, CE – kompakt-stengelig, P – tafelförmig, B – ellipsoid, E – stengelig, VP – sehr tafelförmig, VB – sehr ellipsoid, VE – sehr stengelig).

Die morphometrische Analyse wurde nur an den Partikeln der Kiesfraktion durchgeführt. Der durchschnittliche Zurundungsindex ist bei acht Proben im Poolbereich größer, die hier abgelager-

ten Partikel sind somit stärker gerundet als jene im Stepbereich. Die Zurundungswerte der Proben unterhalb des LWD steigen allgemein im Verlauf der Kartierungsstrecke an, der niedrigste Wert wurde mit 166,4 im oberen Drittel der Kartierungsstrecke ermittelt, die höchste durchschnittliche Zurundung gab es mit 212,4 im weiteren Flussverlauf kurz vor Ende des Untersuchungsgebietes. Dieses sogenannte Downstream fining wurde schon während früherer morphometrischer Analysen im Reintal von Morche & Schmidt (2005) festgestellt. Es ist mit der zunehmenden Transportstrecke zu erklären, welche die Partikel zurückgelegt haben, diese unterlagen dabei einer größeren Beanspruchung als jene Partikel weiter oberhalb im Flussverlauf. Der durchschnittliche Abplattungsindex liegt sowohl im Pool-, als auch im Stepbereich zwischen 1,7 und 1,9, bei sechs Proben hat er dabei jeweils den gleichen Wert. Ein Entwicklungstrend, wie bei dem Zurundungsindex der Partikel unterhalb des Totholzes, ist bei der Abplattung nicht zu beobachten.

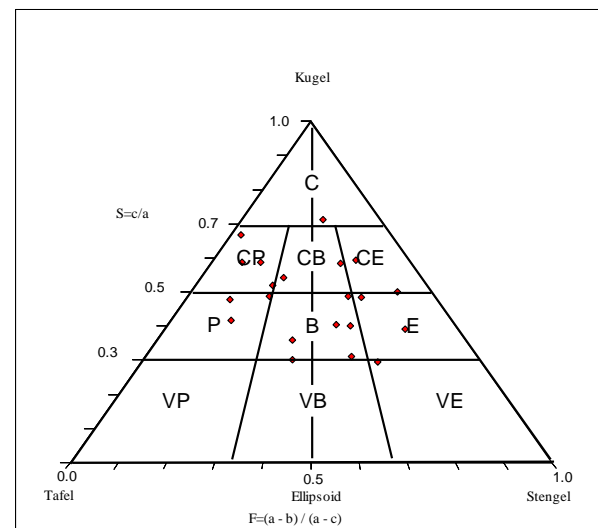


Abb. 14: Kornformdreieck nach SNEED & Folk (1958) einer Probe unterhalb der Totholzablagerung (C – kugelig, CP – kompakt-tafelförmig, CB – kompakt-ellipsoid, CE – kompakt-stengelig, P – tafelförmig, B – ellipsoid, E – stengelig, VP – sehr tafelförmig, VB – sehr ellipsoid, VE – sehr stengelig).

Mittels eines Kornformdreiecks nach Sneed & Folk (1958) wurde die Partikelform der Kiese bestimmt (Beispiel Abbildungen 13 und 14). In den Ablagerungen im Bereich oberhalb des Totholzes dominieren ellipsoide und kompakt-ellipsoide Partikel, in jeder Probe bildete mindestens eine der beiden Kornformen die Mehrheit oder war an einem sekundären Maximum beteiligt. Ein primäres Maximum wird hier nur einmal

von kugeligen und zweimal von stengeligen Partikeln gebildet. Im Poolbereich dominieren neben den ellipsoiden und kompakt-ellipsoiden Partikeln keine weiteren Kornformen. Kompakt-tafelförmige Partikel stellen bei fünf Proben im Stepbereich einen höheren prozentualen Anteil als unterhalb des Totholzes, stengelige an acht Standorten. Laut Gintz (1995) wird stengelförmiges Geschiebe vergleichsweise weiter transportiert als andere Kornformen. Für diese These spricht, dass stengelige Partikel ihren höchsten Anteil oberhalb des LWD bei der Probe kurz vor Verlassen des Kartiergebietes im unteren Flussverlauf erreichen, 55 Prozent der Partikel haben hier diese Form. Dennoch gehören sie, wie die kompakt-tafelförmigen Körner, zu den Formen, welche eher vom Totholzstamm am Weitertransport gehindert und oberhalb davon abgelagert werden. Zu den Kornformen, welche mit höherem Anteil im Poolbereich der jeweiligen Standorte aufzufinden waren, gehören kugelige, kompakt-ellipsoide und ellipsoide Partikel. Da die beiden letztgenannten in den meisten Fällen gleichzeitig oberhalb der Totholzablagerung das Maximum bilden, kann man in diesem Fall nicht von einem bevorzugten Weitertransport, bzw. Rückhalt im Stepbereich sprechen. Kugelige Partikel treten im Gegensatz zum Stepbereich regelmäßig im Poolbereich auf, sie werden von dem Totholz nicht so stark in ihrem Transport behindert wie andere Kornformen.

4. Fazit

Das mittlere Reintal weist eine große Menge an grobem Totholz auf. Nachdem sich die Anzahl der Totholzablagerungen von 2002 auf 2004 fast verdoppelt hat, konnte bei der dritten Kartierung im Sommer 2005 in etwa die gleiche Menge an Holz aufgenommen wurde, dabei handelte es sich jedoch um neues LWD. Das Totholz der ersten beiden Aufnahmen wurde 2005 während des Augusthochwassers aus dem Untersuchungsgebiet heraus transportiert.

Es konnte nachgewiesen werden, dass sich Totholz bevorzugt auf gekrümmten Gerinnabschnitten ablagert, auf gerade verlaufenden Teilstrecken konnte nicht soviel LWD aufgenommen werden. Auffallend ist außerdem die häufige Vergesellschaftung der Totholzablagerungen mit Blöcken, durch die sie in ihrem Transport behindert werden. Eine weitere wichtige Rolle bei der Ablagerung von grobem Totholz spielt die Wassertiefe.

Bei allen Kartierungen konnten Steps aufgenommen werden, deren Breite und Höhe vermessen wurden. Der von anderen Autoren beschriebene Zusammenhang zwischen dem Stammdurchmesser und der Stephöhe konnte nicht nachgewiesen werden. Bei der Auswertung des Absturz-Pools konnten eine geringe Abhängigkeit der Pooltiefe von der Poolfläche, dem mittleren Durchmesser des poolbildenden Totholzstammes und der Stephöhe ermittelt werden. Auch diese Ergebnisse sind nicht so signifikant wie bei anderen Verfassern. Eine mögliche Ursache dafür, dass im Reintal keine so signifikanten Abhängigkeiten ermittelt werden konnten, kann die geringe Zeit sein, die dem System zur Verfügung steht um sich einzustellen, bevor erneute Veränderungen auftreten.

Die granulometrische und morphometrische Analyse hat ergeben, dass an allen beprobten Standorten im Poolbereich mehr feines, gerundeteres Material angehäuft ist als in dem Bereich oberhalb des LWD. Ein Einfluss des Totholzes auf den Sedimenttransport konnte somit eindeutig nachgewiesen werden. Das Ergebnis zeigt außerdem, dass die Poolbereiche nicht vollständig von der Sedimentzufuhr abgeschlossen sind, da sonst auch das Feinmaterial oberhalb des Holzes akkumuliert wäre. Sande und Kiese wären in diesem Fall allmählich aus der Sohle gelöst und wegtransportiert worden, so dass sich ein Erosionspflaster mit groben Material gebildet hätte (Bunte & Abt 2001).

Etwa 30 Prozent der Totholzablagerungen fungiert als Geschiebefänger, an 21 Standorten konnte die Masse des akkumulierten Materials ermittelt werden. Dabei konnte ein geringer Zusammenhang zwischen der Länge des Totholzstammes und der Masse des zurückgehaltenen Geschiebes festgestellt werden. Bei komplexen Totholzakkumulationen ist die Masse des Materials abhängig von dem Holzvolumen. Dabei spielt es eine wichtige Rolle, ob es sich um frisches Totholz mit noch vorhandenen Nadeln handelt, da hier der Sedimentrückhalt erhöht ist.

Im Untersuchungsgebiet dominieren neben den ellipsoiden die kompakt-ellipsoiden Partikel, deren häufiges Auftreten auch bei Morche & Schmidt (2005) festgestellt wurde. Beide Partikelformen bilden im Allgemeinen das Kornformenmaximum im Step- als auch im Poolbereich. Stengelige und kompakt-tafelförmige Partikel werden vorzugsweise von dem Totholz zurückgehalten, kugelige Partikel werden dagegen eher weitertransportiert und im Poolbereich abgelagert.

Der Einfluss von grobem Totholz auf die Geomorphologie eines Fließgewässersystems konnte anhand der Ergebnisse eindeutig nachgewiesen werden.

5. Danksagung

Das Projekt wurde unterstützt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG; Az. SCHM 475/121-3). Die Ergebnisse der Totholzkartierungen von 2002 und 2004 stammen aus der Diplomarbeit von Antje Krause (heute Eitelmann, 2005).

Für ihre Unterstützung bei den Kartierungen und teilweise darüber hinaus sei Maik Unbenannt, Petra Hesse, Wolf-Rüdiger Eitelmann und Markus Witzsche gedankt.

6. Literatur

- Braudrick, C. A. & Grant, G. E. (2001): Transport and deposition of large woody debris in streams: A flume experiment. – *Geomorphology*, 41: 263-283.
- Buffington, J. M., Lisle, T. E., Woodsmith, R. D. & Hilton, S. (2002): Controls on the size and occurrence of pools in coarse-grained forest rivers. – *River Research and Applications*, 18: 507-531.
- Bunte, K. & Abt, S. (2001): Sampling surface and subsurface particle-size distributions in wadable gravel- and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics and streambed monitoring. – USDA Rocky Mountains Research Station General Technical Report, RMRS-GTR - 74.
- Cailleux, A. (1952): Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie. – *Geolog. Rundschau*, 40: 11-19.
- Curran, J.H. & Wohl, E. E. (2003): Large woody debris and flow resistance in step-pool channels, Cascade Range, Washington. – *Geomorphology*, 51: 141-157.
- Downs, P. W. & Simon, A. (2001): Fluvial geomorphological analysis of the recruitment of large woody debris in the Yalobusha River Network, Central Mississippi, USA. – *Geomorphology*, 37: 65-91.
- Faustini, J. M. & Jones, J. A. (2003): Influence of large woody debris on channel morphology and dynamics in step, boulder-rich mountain streams, Western Cascades, Oregon. – *Geomorphology*, 51: 187-205.
- Fetherston, K. L., Naiman, R. J. & Bilby, R. E. (1995): Large woody debris, physical process, and riparian forest development in montane river networks of the Pacific Northwest. – *Geomorphology*, 13: 133-144.
- Folk, R. L. & Ward, W. C. (1957): Brazos River Bar: A study in the significance of grain size parameters. – *Journal of Sedimentary Petrology*, 1: 3-26.
- Gerhard, M. & Reich, M. (2000): Restoration of streams with large wood: Effects of accumulated and built-in wood on channel morphology, habitat diversity and aquatic fauna. – *International Review of Hydrobiology*, 85: 123-137.
- Gintz, D. (1995): Transportdistanzen und räumliche Verteilung von Grobgeschieben in Abhängigkeit von Geschiebeeigenschaften und Gerinnemorphologie – Tracerversuche im Lainbach/ Obb. – *Berliner Geographische Abhandlungen, Beihefte*; Berlin.
- Haschenburger, J. K. & Rice, S. P. (2004): Changes in woody debris and bed material texture in a gravel-bed channel. – *Geomorphology*, 60: 241-267.
- Hassan, M. A. & Woodsmith, R. D. (2004): Bed load transport in an obstruction-formed pool in a forest, gravelbed stream. – *Geomorphology*, 58: 203-221.
- Hering, D. & Reich, M. (1997): Bedeutung von Totholz für Morphologie, Besiedlung und Renaturierung mitteleuropäischer Fließgewässer. – *Natur und Landschaft*, 9: 383-387.
- Hering, D., Kail, J., Eckert, S., Gerhard, M., Meyer, E. I., Mutz, M., Reich, M. & Weiss, I. (2000): Coarse woody debris quantity and distribution in Central European Streams. – *International Review of Hydrobiology*, 85: 5-23.
- Hering, D., Mutz, M. & Reich, M. (2000): Woody debris research in Germany – An introduction. – *International Review of Hydrobiology*, 85: 1-3.
- Hogan, D. L. (1987): The influence of large organic debris on channel recovery on the Queen Charlotte Islands, British Columbia, Canada. Erosion and Sedimentation in the Pacific Rim (Proceedings of the Corvallis Symposium, August, 1987). IAHS Publ., 165: 343-353.
- Huette, M. (2000): Ökologie und Wasserbau: ökologische Grundlagen von Gewässerverbauungen und Wasserkraftnutzung; Berlin, Wien.
- Kail, J. (2003): Influence of large woody debris on the morphology of six central European streams. – *Geomorphology*, 51: 207-223.
- Kail, J. (2004): Totholz in Fließgewässern. – <http://www.totholz.de>. Internet-Recherche vom 10. 11. 2004.
- Krause, A. (2005): Räumliche Muster und zeitliche Variabilität der Totholzverteilung im Reintal (Oberbayern). – Unveröffentlichte Diplomarbeit, Institut für Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; Halle (Saale).
- LAWA (2002): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland – Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer; Schwerin.
- Marcus, W. A.; Marston, R. A., Colvard Jr., C. R. & Gray, R. D. (2002): Mapping the spatial and temporal distributions of woody debris in streams of the Greater Yellowstone Ecosystem, USA. – *Geomorphology*, 44: 323-335.
- Morche, D. & Schmidt, K.-H. (2005): Particle size and particle shape analyses of unconsolidated material from sediment sources and sinks in a small Alpine catchment (Reintal, Bavarian Alps, Germany). –

- Zeitschrift für Geomorphologie, Supplement-Band, 138: 67-79.
- Müller, G. (1964): Methoden der Sediment-Untersuchung. – Sediment-Petrologie, Teil 1; Stuttgart.
- Mutz, M. (2000): Influences of woody debris on flow patterns and channel morphology in a low energy, sand-bed stream reach. – International Review of Hydrobiology, 85: 107-121.
- Piégay, H., Thévenet, A. & Citterio, A. (1999): Input, storage and distribution of large woody debris along a mountain river continuum, the Drôme River, France. – Catena, 35: 19-39.
- Rock, E. (1951): Werdenfelser Land – In früherer Zeit; Garmisch-Partenkirchen.
- Schmidt, K.-H. & Ergenzinger, P. J. (1992): Bedload entrainment, travel lengths, step lengths, rest periods – studied with passive (iron, magnetic) and active (radio) tracer techniques. – Earth Surface Processes and Landforms, 17: 147-165.
- Sneed, E. D. & Folk, R. L. (1958): Pebbles in the lower Colorado River, Texas – A study in particle morphogenesis. – Journal of Geology, 66: 114-150.
- Wallerstein, N. P. & Thorne, C. R. (2004): Influence of large woody debris on morphological evolution of incised, sand-bed channels. – Geomorphology, 57: 53-73.

Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, 32/33, S. 97-112, 9 Abb., 3 Tab.
Halle (Saale), Mai 2011

Die flächenhafte Ausweisung von Bodenfeuchteregimes – Eine Methode im Rahmen des pre-processing für die Modellierung des Landschaftswasserhaushaltes

Peter Chiffard, Michael Köchling, Jens Didszun & Harald Zepp^{*}

Chiffard, P., Köchling, M., Didszun, J. & Zepp, H. (2011): Die flächenhafte Ausweisung von Bodenfeuchteregimes – Eine Methode im Rahmen des pre-processing für die Modellierung des Landschaftswasserhaushaltes. [The spatial classification of soil moisture regimes – A method within the pre-processing for the regional water balance modeling.] – Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, 32/33: 97-112, Halle (Saale).

Kurzfassung: In dem Einzugsgebiet „Obere Brachtpe“ (2,6 km², Sauerland, Deutschland) wurden mit einer konventionellen Bohrstock-Kartierung (319 Bodenprofile) die verschiedenen Böden mit ihren spezifischen pedohydrologischen Eigenschaften erfasst und darauf aufbauend das Klassifikationskonzept zur Ableitung von Bodenfeuchteregime-Typen nach Zepp (1995) angewendet. Anhand dieser Informationen konnte die vorherrschende Wasserbewegungsrichtung und folglich verschiedene Abflussprozessflächen ausgewiesen werden. Um dieses Raumgliederungskonzept hinsichtlich der Frage, ob es zum pre-processing für die Modellierung des Landschaftswasserhaushalts beitragen kann, zu verifizieren, wurden zwei Niederschlags-Abfluss-Ereignisse tracerhydrologisch untersucht. Die Resultate zeigen, dass sich das Klassifikationskonzept nach Zepp (1995) zur hydrologischen Raumgliederung eines Einzugsgebietes gut eignet, es wird aber auch deutlich, dass neben den Bodeneigenschaften insbesondere die Lage der schnell reagierenden Flächen (Sättigungsflächen) innerhalb des Einzugsgebietes und deren Konnektivität mit dem Vorfluter entscheidend für den Beitrag schneller Abflusskomponenten sind. Besteht eine direkte Verbindung zwischen Sättigungsflächen und Vorfluter, so ist eine schnelle Abflussreaktion und ein hoher Anteil an Ereigniswasser zu erwarten.

Abstract: In the catchment “Obere Brachtpe” (2,6 km², Sauerland, Germany) the soils and their specific pedohydrological characteristics were investigated using a conventional drilling rig (319 drills). Based on the results the classification concept for deducing the soil moisture types by Zepp (1995) was applied so that the dominant flow directions and dominant runoff process areas could be detected. The question if this classification concept could be used as tool for the pre-processing within the runoff modelling was verified by the tracer hydrological investigation of two rainfall runoff-events. The results confirm that the classification concept by Zepp (1995) is an applicable tool for the spatial delineation of a catchment in hydrological response units. On the other hand it became apparent that in addition to the soil properties, the location of saturated areas within the catchment and their connectivity to the channel are especially important for the contribution of accelerated runoff components. If there exists a direct connection between the saturated areas and the channel a fast runoff reaction and a high portion of event water can be estimated.

Schlüsselwörter: Bodenwasser, Bodenfeuchteregime, Abflussbildung, Obere Brachtpe

Keywords: pedohydrology, soil moisture regimes, tracer hydrology, runoff

^{*} Anschriften der Autoren:

Dr. Peter Chiffard (peter.chiffard@wkl.ac.at), WasserKluster Lunz GmbH, Dr. Carl Kupelwieser Promenade 5, A-3293 Lunz am See;

Dipl.-Geogr. Michael Köchling, Horstmarer Str. 13, D-44239 Dortmund;

Prof. Dr. Harald Zepp, Ruhr-Universität Bochum, Geographisches Institut, Universitätsstr. 150, D-44780 Bochum.