

Tafel 5.7 Grosse Hochwasser – unterschiedliche Reaktionen von Einzugsgebieten

Einleitung

Einzugsgebiete reagieren sehr unterschiedlich auf Starkregen. Die verschiedenen Reaktionsarten lassen sich vor allem auf Unterschiede in der Speicherfähigkeit der Gebiete zurückführen. Bei Flächen mit geringem Speichervermögen verläuft die Abflussbildung bei Starkregen schneller als in Gebieten mit grossem Speichervermögen. Mit Hilfe von geologischen und pedologischen Karten und gestützt auf Untersuchungen im Gelände kann das Einzugsgebiet in Teilflächen unterschiedlicher Reaktionsweisen (schnell, leicht verzögert, verzögert, stark verzögert) gegliedert werden. Aus dem Anteil und der räumlichen Verteilung dieser Teilflächen ergeben sich Hinweise, wie und auf welchen Typ von Niederschlagsereignis ein Einzugsgebiet anspricht. Erfahrungen mit künstlich erzeugten Niederschlägen (Beregnungsversuche, s. Fig. 1) [1,4] lieferten wichtige Grundlagen zur Beurteilung der Umsetzung des Niederschlags in den Abfluss (Abflussbildung). Basierend auf diesen Kenntnissen lassen sich Entstehungsweise und Grösse von Hochwassern besser erklären.

Im Mittelpunkt der Darstellung stehen sechs Einzugsgebiete mit Flächen zwischen 0.9 km² und 195 km², welche unterschiedliche Reaktionstypen charakterisieren. Es handelt sich um Gebiete mit aussagekräftigen Niederschlags- und Abflussmessreihen. Zu jedem Fallbeispiel werden zwei Elemente dargestellt: Zum einen die Karte des Einzugsgebietes mit der Verteilung der Teilflächen unterschiedlicher Reaktion; zum andern ein Diagramm mit dem jeweils grössten gemessenen Hochwasserereignis. Die Niederschlagsdaten stammen von einer im Gebiet liegenden oder benachbarten ANETZ-Station (vgl. Tafel 2.1), die Abflusswerte von Stationen der Landeshydrologie und -geologie sowie des Kantons Aargau (vgl. Tafel 5.1). Detailgrafiken zeigen einen typischen Aspekt des jeweiligen Gebietes.

Hinterrhein

Im alpinen Einzugsgebiet des Hinterrheins entstehen grosse Hochwasser erst, wenn zuvor mindestens 60 mm Regen den Boden befeuchtet haben. Ganglinien grosser Ereignisse sind daher gekennzeichnet durch einen langsamen Anstieg und dann – mit zunehmender Befeuchtung des Bodens – durch kurze intensive Abflussspitzen, welche den Niederschlagsverlauf widerspiegeln.

Gneise und Granite sowie – im östlichen Teil – Sedimentgesteine der Trias und Bündnerschiefer bestimmen die Geologie des Einzugsgebietes. Diese Gesteine sind teilweise überlagert von Moränen, von Hang- und Blockschutt am Fuss der Felswände und Alluvionen in der Talsohle (Quartär). Die Mächtigkeit der Böden ist meist beschränkt; es dominieren Rohböden und Podzole. Die Flächen mit schneller oder nur leicht verzögerter Abflussbildung liegen im Bereich der anstehenden Granite und Gneise, welche keine oder nur eine geringmächtige Bodenaufgabe aufweisen. Flächen mit Hangschuttablagerungen und Alluvionen sowie solche mit mächtigen Böden bilden hingegen Zonen mit verzögerter und stark verzögerter Abflussbildung, die kaum zum Hochwasserabfluss beitragen.

Wie die kleinmassstäbliche Karte verdeutlicht, ist die grösste in den Teileinzugsgebieten des Alpenrheins beobachtete Abflussspende sehr unterschiedlich. Die Abflussspende des Hinterrheins hebt sich wesentlich von derjenigen der meisten anderen Teileinzugsgebiete ab.

Aach

Im Einzugsgebiet der Aach dominieren die Flächen, welche verzögert zum Abfluss beitragen. Grosse Hochwasser entstehen daher erst nach Niederschlägen langer Dauer, welche

Abflussganglinien mit langen Anstiegszeiten, kleinen Spitzenabflüssen und mässigen Abflussvolumen erzeugen.

In einem grossen Teil des Einzugsgebietes bedecken würmeiszeitliche Moränen die Mergel und Sandsteine der Oberen Süsswassermolasse. Die Mächtigkeit der Moränenüberdeckung (Grundmoränen, in einzelnen Fällen auch Wallmoränen) nimmt von 60 m im Süden bis auf wenige Meter im Norden ab. Die Moränen sind meist wenig durchlässig; daher sind die Böden als pseudogleyige Braunerden und Parabraunerden mit Mächtigkeiten zwischen 30 und 50 cm ausgebildet. In der Talsohle der Aach sind Alluvionen, im westlichen Teil auch Moore oder stark vernässte Gebiete vorhanden. Zur Verbesserung der Ertragsfähigkeit der vernässten Böden wurden grossflächig Drainagen verlegt (s. Kartenskizze). Das Niederschlagswasser dringt in den Boden ein und fliesst – bedingt durch die Bodenpassage – mit Verzögerung über das Drainagesystem ab. Oberflächenabfluss beschränkt sich auf die Siedlungszonen.

Saltina

Im Einzugsgebiet der Saltina sind die schnell reagierenden Teilflächen dispers verteilt. Ein Gewitterregen mit seiner beschränkten räumlichen und zeitlichen Ausdehnung kann diese Teilflächen nicht einheitlich und genügend stark beregnen. Für die grossen Hochwasser sind deshalb lange und ergiebige Niederschlagsereignisse massgebend, bei denen auch die verzögert reagierenden Flächen zum Abfluss beitragen. Dabei ist entscheidend, dass die Nullgradgrenze sehr hoch liegt und der Niederschlag somit überall in Form von Regen fällt.

Geologisch können im Einzugsgebiet eine Sedimentzone und eine kristalline Zone unterschieden werden, die teilweise von quartären Ablagerungen bedeckt sind. Bei den Sedimenten handelt es sich um Kalkglimmerschiefer, Tonschiefer, Dolomit- und Kalkmarmore. Glimmerführende Gneise und Glimmerschiefer bilden den kristallinen Anteil. Die physikalische Verwitterung der Gesteine führt zu grusartigen, sandigen Deckschichten mit guter Durchlässigkeit und gutem Speicherungsvermögen. Die Quartärgeologie des Gebiets wird dominiert von mächtigen Moränenkörpern unterschiedlichen Alters sowie durch Hang- und Blockschutt am Fuss der Felswände. Unterirdische Wasserzirkulation führt zu Quellaustritten. Die Mächtigkeit der Böden nimmt mit zunehmender Hangneigung ab; in den flachgründigen Steilhängen beträgt sie bis zu 50 cm, an den flachen, südexponierten Standorten bis zu 1 m.

Die Unterschiede der Abflussreaktion von Teilflächen lassen sich anhand des Verhältnisses von abfliessendem Niederschlag zur Niederschlagssumme darstellen (s. Figur). Im Fall der Saltina fliesst bei einem extremen Regen von beispielsweise 200 mm auf den stark reagierenden Flächen ca. 90 %, auf den verzögert reagierenden Flächen jedoch nur ca. 5 % des Niederschlags ab.

Schüss

Für das Auftreten grosser Hochwasser ist im Einzugsgebiet der Schüss das Zusammenwirken von Niederschlägen langer Dauer mit der Schneeschmelze und gefrorenen Böden verantwortlich [2]. Die Hochwasserganglinien sind gekennzeichnet durch sehr lange Anstiegszeiten, kleine Spitzenabflüsse und grosse Abflussvolumen.

Das Gebiet befindet sich in einer Synklinalen des Faltenjuras. In der Talsohle liegen die jüngsten Schichten, Mergel und Sandsteine des Tertiärs, die teilweise durch tonige Grundmoränen überdeckt sind. Verkarstete Kalke bilden die nördlichen und südlichen Flanken des Tals. In der Talsohle sind Braunerden und Gleye ausgebildet, an den Talflanken Braunerden und kalkige Rohböden (Rendzina). Letztere weisen eine übermässige Durchlässigkeit auf, leiten das Wasser in den verkarsteten Untergrund (s. Figur) und führen insgesamt zu einer stark verzögerten Abflussreaktion. Zu den Flächen mit schneller oder nur leicht verzögerter Abflussbildung gehören die Siedlungszonen und die tonigen Grundmoränen. Hier ist Oberflächenabfluss der massgebende Abflussprozess. Da das Gebiet mehrheitlich Teilflächen mit guter Durchlässigkeit umfasst, entstehen grosse Hochwasser nur dann, wenn Frost die Infiltrationskapazität der Böden vermindert.

Allenbach

Die grossen Hochwasser des Allenbachs entstehen bei sommerlichen Gewitterregen, welche zu kurzen Hochwassern mit ausgeprägten Abflussspitzen führen. Bei lang andauernden Niederschlägen sind die Hochwasserspitzen weniger markant.

Den Untergrund des Gebietes bilden tonige Flysche, Kalksteine und postglaziale Lokalmoränen. In den Flyschen der sehr steilen Südhänge sind, wenn überhaupt, nur Rohböden vorhanden. An den parallel zum Schichteinfallen der Flyscheinheiten verlaufenden Nordhängen treten mächtige gleyige Verwitterungsböden auf. Diese Hänge sind oft instabil und durch Sackungen und Rutschungen geprägt. Bei kurzen, intensiven Niederschlägen reagieren die steilen Fels- und Rohbodenflächen (s. Photo) aufgrund ihrer geringen Speicherkapazität sofort. Diese Flächen sind zum grössten Teil zusammenhängend, vom Gerinnenetz gut erschlossen und können von einem lokal begrenzten Gewitter überregnet werden. Hier ist eine schnelle Abflussreaktion möglich. In viel geringerer Masse tragen die teils tonigen Moränenablagerungen und die gleyigen Verwitterungsböden zum Hochwasserabfluss bei, während die Flächen mit mächtigen Hang- und Bachschuttablagerungen kaum reagieren.

Brunngraben

Die kurze Messreihe (1981–1990) der kantonalen Messstation zeigt, dass grosse Hochwasser bei kurzen Gewitterniederschlägen entstehen. Wie beim Allenbach weisen die sommerlichen Ereignisse kurze Anstiegszeiten auf, und sie sind meist auch von kurzer Dauer. Allerdings sind die Abflussspitzen wenig ausgeprägt. Im Winter können bei Niederschlägen zum Zeitpunkt der Schneeschmelze oder nach lang andauernden Niederschlägen ebenfalls Hochwasser auftreten, welche allerdings das Ausmass der sommerlichen Abflussspitzen nicht erreichen.

Sandsteine der Oberen Meeresmolasse bilden den Felsuntergrund in diesem kleinen (0.86 km²), bewaldeten Einzugsgebiet. Die fein- bis grobkörnigen Sandsteine sind zerklüftet, durchlässig und wirken als gute Wasserspeicher. Über dem Sandstein liegt meist eine sandige Verwitterungsschicht mit Mächtigkeiten bis zu 50 cm (vgl. Tafel 8.4, Fallbeispiel Lenzburg), darüber folgen sandige, leicht siltige Braunerden oder Parabraunerden. Die steilen Hanglagen entlang der Gerinne weisen eine un stabile, geringe Bodenbedeckung auf. Anrissbänder und Bereiche mit anstehendem Sandsteinfels sind hier gut zu erkennen (s. Photo). Nur diese steilen, räumlich begrenzten Hanglagen tragen bei kurzen, intensiven Niederschlägen zum Hochwasserabfluss bei. Massgebende Abflussprozesse sind der Oberflächenabfluss sowie der Abfluss in hochdurchlässigen Schichten über der Felsoberfläche. Die Infiltrationskapazität der restlichen Flächen mit mächtigen, sandigen Böden wird auch bei intensiven Niederschlägen kaum erschöpft.

Beregnungsversuche

Die Grösse von Hochwasserabflüssen in Einzugsgebieten ergibt sich im wesentlichen aus dem Zusammenwirken von Teilflächen mit unterschiedlichen Abflussprozessen und unterschiedlichem Speichervermögen. Dazu wurden mit einer Beregnungsanlage von 60 m² Fläche künstliche Regen mit einer Intensität zwischen 50 und 110 mm/h erzeugt, was einem seltenen Starkregenereignis entspricht. An 18 in der Schweiz liegenden Hangstandorten (s. Übersichtskarte) erfolgte eine Untersuchung der Abflussprozesse [1,3,4]. Gemessen wurden Abflüsse auf der Bodenoberfläche und im Boden, zusätzlich gaben Messinstrumente Hinweise über die Benetzungs- und Entwässerungsvorgänge im Boden. Auf der Atlas-Tafel sind vier Hangstandorte dargestellt, die wesentliche Unterschiede bei den beobachteten Prozessen und beim Wasserrückhalt zeigen.

Literatur

- [1] **Faeh, A. (1997):** Understanding the processes of discharge formation under extreme precipitation. A study based on numerical simulations of hillslope experiments. Mitteilung der VAW, Nr. 150, Zürich.
- [2] **Horat, P. et al. (1997):** Wie grosse Hochwasser kann die Schüss bringen? Über die Entstehung grosser Hochwasser im Einzugsgebiet der Schüss. In: Proceedings of the 12th International Congress of Speleology 12th–17th August 1997:9–12, La Chaux-de-Fonds.
- [3] **Naef, F., Scherrer, S., Faeh, A. (1998):** Die Auswirkungen des Rückhaltevermögens natürlicher Einzugsgebiete bei extremen Niederschlagsereignissen auf die Grösse extremer Hochwasser. Schlussbericht NFP 31, Zürich.
- [4] **Scherrer, S. (1996):** Abflussbildung bei Starkniederschlägen. Identifikation von Abflussprozessen mittels künstlicher Niederschläge. Mitteilung der VAW, Nr. 147, Zürich.