

# Natur und Museum

Mai 1979 · Band 109 · Heft 5 · D 5107 E



# Dammbruch- bedingte Hochwasserschäden auf Talauen<sup>1)</sup>

Am 22. 8. 1977 brach im Knüll-Gebirge, nahe der Autobahnausfahrt Kirchheim an der Strecke Frankfurt-Kassel, der Erddamm eines Freizeitsees, der im Ferienzentrums Kirchheim 1977 fertiggestellt worden war. Die dabei entstandene Welle überflutete das untere Ibratal, bedeckte Teile des Aulatales und erreichte stark abgeschwächt die Fulda.

Da Untersuchungen über geomorphologische Auswirkungen von Dammbrüchen nur spärlich vorhanden sind (EHLERS 1977; GIERLOFF-EMDEN 1954; KOLB 1962), wurden die Auswirkungen aufgenommen. Das berechnete Stauvolumen von ca. 500 000 m<sup>3</sup>, die kartierten Hochwassermarken und der bekannte Zeitablauf der Flutwelle lassen es zu, die Intensitäten der geomorphologischen Prozesse recht gut abzuschätzen.

Das Ibratal liegt im östlichen Teil des Knülls (Abb. 1) und ist im Buntsandstein ausgebildet. Die von der Flutwelle betroffene Talaua enthält eine Füllung von vorwiegend sandig-schluffigen

Sedimenten. Abgesehen von den Ortslagen Reiboldshausen und Gershausen wird die Aue im wesentlichen durch Grünland genutzt, und bis auf einen kleinen Abschnitt zwischen den beiden genannten Dörfern ist der Bach begradigt. Vor der Mündung der Ibra in die Aula sperrt ein nur mit einem kleinen Durchlaß versehener Eisenbahndamm den Talauausgang ab, der – wie gezeigt werden wird – für den Ablauf der Flutwelle von großer Bedeutung war.

## Niederschläge und Einzugsgebiet

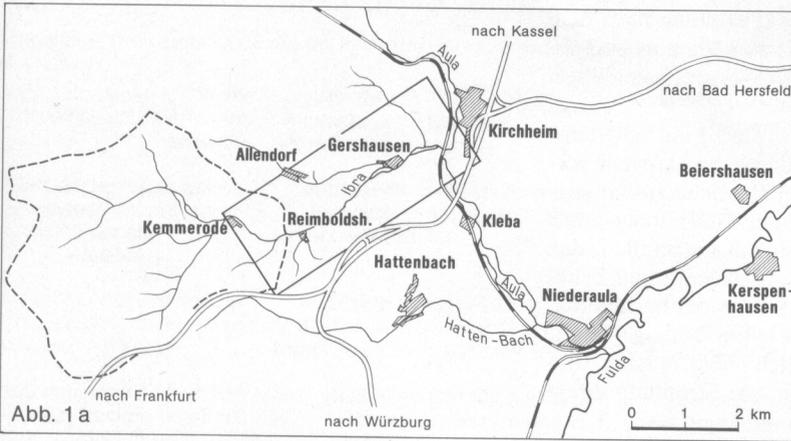
Ohne Zweifel spielen die hohen Niederschläge, die in der Aufstauzeit des Sees nach dem 1. 7. 1977 gefallen sind, für den Dammbruch eine Rolle. Um ihre Bedeutung zu erkennen, ist eine Auswertung der Niederschlagsverteilung anhand der an der Station Kirchheim täglich gemessenen Werte (nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes) vorgenommen worden. Sie lassen Rückschlüsse auf das Abfließpotential im Einzugsbereich der Ibra oberhalb des Staudamms zu.

Die Verteilung der täglichen Niederschlagsmengen für die Monate Juli und August 1977 ist in Abb. 2 dargestellt. Hierbei zeigen sich deutliche Spitzen im Niederschlagsangebot für den 24. 7. 1977 sowie den 17. 8. 1977. Binnen 24 Stunden sind ca. 32 mm bzw. 27 mm Niederschlag, entsprechend einer Flächenbelastung von  $32 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2}$  bzw.  $27 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2}$ , an der Station Kirchheim gemessen worden. Dies entspricht 44% bzw. 37% des Niederschlages beider Monate (jeweils 73 mm), der an diesen beiden Tagen gefallen ist. Im Vergleich zu den vorher und nachher deutlich niedrigeren Werten handelt es sich hierbei um hohe Spitzenbelastungen für das Einzugsgebiet in verhältnismäßig kurzer Zeit. Sie haben eine außerordentlich rasche Auffüllung des Stausees bewirkt.

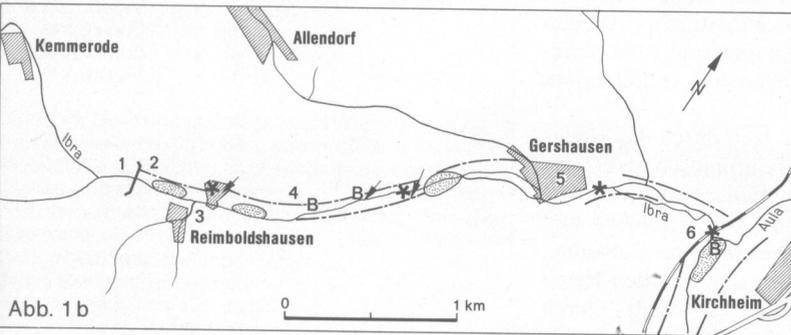
Wie hoch die aus diesen Niederschlägen resultierende Abflußbelastung gewesen ist, soll an dem folgenden Zahlenbeispiel verdeutlicht werden: Das Einzugsgebiet der Ibra oberhalb des Staudammes besitzt eine Fläche von ca. 17 km<sup>2</sup>. Es ist vorwiegend mit Nadelbäumen bestanden, die einen geschlossenen Waldbestand bilden.

Legt man für eine Abflußberechnung die Niederschlagsmengen vom 24. 7. und vom 17. 8. 1977 zugrunde, so ergibt sich für das Einzugsgebiet eine Wassermenge von 544 000 m<sup>3</sup> für den 24. 7. und 460 000 m<sup>3</sup> für den 17. 8. 1977. Diese Beträge vermindern sich um die Werte für die Interzeption<sup>2)</sup>, die Infiltration und die Verdunstung. Die Interzeption wird in diesem Beispiel mit etwa

<sup>1)</sup> dargestellt am Beispiel des Dammbruchs im Ibratal (Knüll)



1. Schäden und morphologische Veränderungen beim Dammbbruch im Ibratal (Knüll). – (Nach eigenen Kartierungen.)



10% veranschlagt, da die Rückhalterate bei starken Regenfällen vermindert ist. Für Infiltration und Verdunstung sollen zusammen weitere 40% des Wasserdargebotes abgezogen werden. Somit verbleiben für den direkten Abfluß aus den dargebotenen Niederschlagsmengen vom 24. 7. und 17. 8. 1977 etwa 272 000 m<sup>3</sup> bzw. 230 000 m<sup>3</sup> zur Verfügung. Dies bedeutet, daß die Wassermenge dieser beiden Regenfälle allein ausreicht, um das Gesamtfassungsvermögen des Freizeitsees auszulasten.

Betrachtet man den Zeitablauf der Ereignisse seit der Inbetriebnahme des Stausees, so zeigt

sich, daß der Damm fünf Tage nach dem zweiten Niederschlag aus hier nicht zu erörternden Gründen brach. Es sei weiterhin erwähnt, daß diese beiden betrachteten Niederschlagsmengen größenordnungsmäßig keine Besonderheiten für diesen Raum darstellen (die mittleren Monatssummen betragen im langjährigen Mittel nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes für Juni 71 mm, Juli 69 mm und August 67 mm), denn Hochwasser ließen sich vor der Begradigung der Ibra und vor dem Bau des Stausees fast alljährlich beobachten.

### Die Auswirkungen des Dammbrechens

Die durch den Dammbrech freigesetzten Wassermassen ergossen sich in einer kurzzeitigen, etwa zwei bis drei Meter hohen Flutwelle durch das mittlere und untere Ibratal. Innerhalb kürze-

<sup>2)</sup> Interzeption = Niederschlag, der als Benetzungswasser den Blattoberflächen anhaftet und somit nicht in den Abfluß gelangt.

ster Zeit war für knapp zwei Stunden nach dem Bruch des Dammes das bis zu 150 m breite Sohlental von den abfließenden Wassermassen überflutet.

In der Tabelle 1 ist stichwortartig ein Schadensregister für die einzelnen, durch die Flutwelle veränderten und geschädigten Bereiche zusammengestellt. Prinzipiell ist bei der Geländebegehung und Schadensaufnahme im Tal aufgefallen, daß das Ausmaß der Schäden an Häusern und Brücken sowie an exponierten Stellen der bachlaufnahen Talaue mit zunehmender Entfernung vom geborstenen Damm nicht gleichmäßig abnahm, sondern vielmehr von lokalen, die Strömung direkt beeinflussenden Faktoren abhängig war.

Beispiele hierfür finden sich immer dort, wo Hindernisse künstlicher oder natürlicher Art den Talquerschnitt veränderten und somit für plötzlich wechselnde Bedingungen im Abflußregime gesorgt haben.

Die schwersten Schäden sind durch das Hochwasser in den Orten Reiboldshausen und Gershausen sowie an der Eich-Mühle verursacht worden (Standorte 3, 5 und 6 – vgl. Tabelle 1 und Abb. 1). Beide Dörfer reichen mit ihrer Bebauung bis in die Talaue und haben dadurch den freien Ablauf der Hochwasserwelle eingeeengt. Durch den Druck der Wassermassen wurden in Reiboldshausen zwei Gebäude so stark beschädigt, daß sie abgebrochen werden mußten. Außerdem traten deutlich sichtbare Schäden an den leeseitigen Wänden anderer Häuser auf. Während die talaufwärts exponierten Wände bis auf die Durchnässung weitgehend unbeschädigt blieben, traten an den Rückseiten durch die verstärkte Strudelinwirkung Ausspülungen der Fachwerkfüllungen auf. Mitgeführte Sedimentfracht, die sich aus Ton, Schluff und Feinsand sowie Pflanzenresten zusammensetzte, hat sich in den Erdgeschossen von Wohn- und Wirtschaftsgebäuden in Mächtigkeiten bis zu 30 cm abgesetzt.

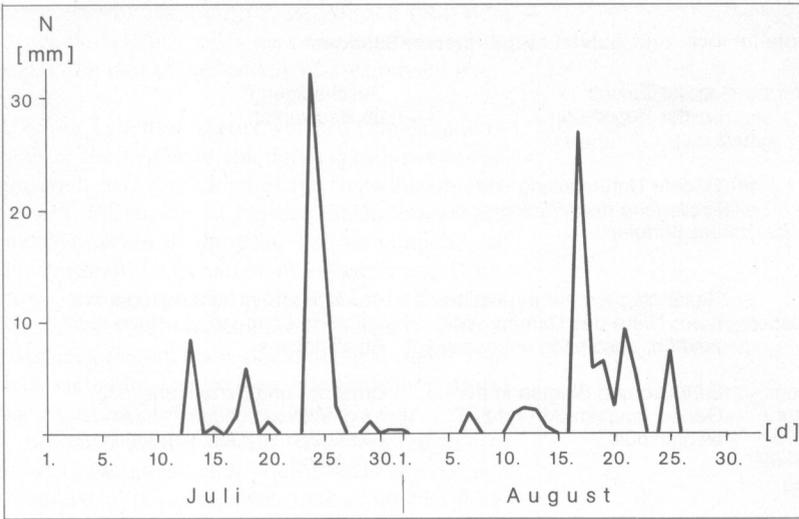
Ebenso wie die Gebäude behinderten die auf niedrigen Erddämmen das Tal querenden Straßen und Wege den Abfluß (Standorte 3, 4 und 5). Die Brücken wurden fortgerissen, und auf den talabwärts gelegenen Seiten entstanden bis zu 1,5 m tiefe Kolke. Vor dem Eisenbahndamm, der das Ibratal an seinem Ende quert, wurde die Hochwasserwelle zunächst bis zu einer Höhe von 5 bis 6 Metern aufgestaut. Dieser Stau, der die Höhe der Bahnschwellen erreichte, bewirkte, daß das Wasser beim Überlauf durch den Bahnschotter unter den Gleisen durchsickern konnte und führte

Nr. auf Karte	Standorte Entfernung vom Damm	Höhe der Flutwelle	Morphologische Situation
1	≈ 100 m oberhalb des Damms	–	Vergrößerung der Wasseroberfläche durch Aufstau
2	0–100 m unterhalb des Damms	–	–
3	400 m	≈ 3 m	Verengung der Talaue durch Ortschaft, Verengung des Bachbettes durch Straßenbrücke
4	1500 bis 1700 m	≈ 2 m	1–1,5 m hoher, das Tal querender Damm; verengter Abfluß bei Hochwasser, bedingt durch kleine Brücke
5	2500 bis 3000 m	≈ 2 m	Natürliche Verengung des Tals auf ca. 80 m
6	3700 bis 4000 m	kurzzeitig 5,5 m	Tal wird vom 6 m hohen Eisenbahndamm gequert
	4000 bis 6000 m	≈ 1 m	breites Tal
	10–12 km	kurzzeitig 0,75 m	

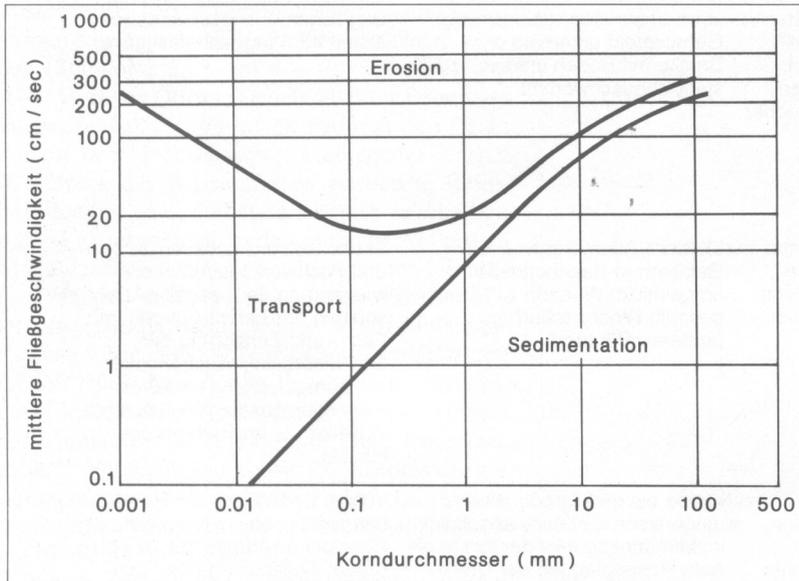
**Tabelle 1: Übersicht über die im Ibra- und Aulatal aufgetretenen Schäden**

morphologischer Art	Veränderungen in der Talau an der Vegetation	Beschädigung an Bauwerken
Südufer des Sees weist Erosionsschäden/Hangrutschungen auf	Leichte Unterspülung und Freilegung des Wurzelwerks am Südufer	—
Unterhalb der Bruchstelle Kolke, deltaförmige Akkumulation von Dammmaterial	Rasenplaggen nur in unmittelbarer Nähe des Damms völlig zerstört, ansonsten unbeschädigt	Bruch des 10 m hohen Erddamms auf 15 m Länge in der Nähe des Ablaufstollens
1–2 m breite und 1–1,5 m tiefe Kolke ober- und unterhalb der Brücke; stellenweise Sandakkumulation im Hochflutbereich der Ibra unterhalb der Brücke	Gemüse und Blumen in den Gärten umgeknickt und z. T. weggespült	Brücken- und Scheunenerstörung; Wasserschäden an den Gebäuden im Talauenbereich bis 3 m Höhe
Unterhalb der zerstörten Brücke seitliche Kolke im Talboden, etwa 1–1,5 m tief; auf rechter Bachseite stärker als auf linker, oberste Bodenkrume abgeschwemmt; Buntsandsteinschutt zwischen 2–5 cm Größe in Feldmauslöcher gespült; weiter talabwärts: Sedimentation des aus dem kleinen Damm stammenden Materials	Rasendecke nur in unmittelbarer Nähe unterhalb der Brücke zerstört; ansonsten unbeschädigt; Gemüsefeld unterhalb der Brücke mit Boden unterschiedlich stark abgeschwemmt	Fahrdamm des Weges unterspült und stark beschädigt; (Aufbau: Steinlagen aus Buntsandsteinschutt mit Plaggenbefestigung)
Kolke wechselnder Größe unterhalb der Brücke; stellenweise kleinräumige Sedimentation von Buntsandsteinmaterial wechselnder Korngröße auf Talau	Kleinere Bäume entwurzelt, Gebüsch in Bachbettnähe umgeknickt, Wurzeln z. T. freigespült; Rindenschurf an größeren Bäumen	Starke Gebäudeschäden an Stein- und Fachwerkhäusern; vorwiegend an der Leeseite Ausspülung der Lehmfüllungen im Fachwerk; Zerstörung der Straßenbrücke; Weidepfosten z. T. umgeworfen; 10–20 cm mächtiger Absatz von Schlamm in Kellern u. im Parterre der Häuser
Oberhalb der Brücke starke laterale und linienhafte Erosion; Akkumulation von Sand und Schuttmaterial unterschiedlicher Größe ober- und unterhalb der Eisenbahnbrücke; unterhalb im nahegelegenen Auebereich der Brücke Absatz des Dammschuttes	Kleine bis mittelgroße Bäume umgerissen, Gebüsch abgeknickt; im Mündungsgebiet der Ibra in die Aula Rasenplaggen der Uferbefestigung weggerissen; starker Rindenschurf an Bäumen durch abgeschwemmtes Holzmaterial	Völlige Zerstörung der Eisenbahnbrücke sowie Abspülung des Eisenbahndammes auf 20–25 m Breite; Ausspülung des Fachwerks bei Scheunen und Wohngebäuden
Zuschüttung des Bachbetts und Aufstau der Aula durch Bahndammmaterial	Stellenweise Gebüsch in unmittelbarer Abflußrinne abgeknickt; Gärten in Bachnähe lokal verwüstet	Kleinere Brücken zwar überflutet, jedoch nicht zerstört

Keine Schäden im Fuldataal



2. Tägliche Niederschlagsmengen der Station Kirchheim (Juli und August 1977). – (Werte nach Deutscher Wetterdienst Offenbach).



3. Erosion und Sedimentation nach HJULSTROM. – (MORISAWA 1968).

zur Zerstörung des Bahndammes durch Auskolkungen auf der Rückseite. Hierdurch wurde das Mauerwerk des Durchlasses zum Einsturz gebracht.

Gegenüber den Schäden an Häusern und anderen Bauwerken sind die weiteren Veränderungen in der Talaue gering. Neben einigen umgestürzten Bäumen und durch Treibholz verursachtem Rindenschurf zeigt der nicht regulierte Bachabschnitt

zwischen Reiboldshausen und Gershausen eine Mäanderüberformung durch Erosion (Abb. 6). Die fast geschlossen vorhandene Grünlanddecke hat dem Hochwasser standgehalten und wurde lediglich plattgewalzt. Nur wo die Aue mit Gärten und Gemüsefeldern genutzt wurde (Standort 4) kam es zur Abtragung. Dort wurden die Pflanzen zusammen mit der obersten Bodenkrume abgespült.



4. Zerstörter Erddamm des Freizeitsees Kirchheim – im Vordergrund die Sedimentakkumulation unterhalb der Bruchstelle des Dammes. – Aufn. 4–7 Verf.

### Abflußmengen und geomorphologische Aktivitäten

Zur Einordnung der Intensität der Hochwasserwelle soll anhand der zur Verfügung stehenden Daten der Ablauf der Flutwelle abgeschätzt werden. Bekannt sind:

**Tabelle 2:**

Abflußmenge: ca. 500 000 m <sup>3</sup>	
Fluthöhe: in Reiboldshausen	3 Meter
vor Gershausen	2 Meter
in Kleba	0,5 Meter
Abflußkanalbreite: in Reiboldshausen	80 Meter
vor Gershausen	100 Meter
in Kleba	150 Meter
Gefälle des Ibratales: 20 m auf einer Länge von 3700 m (tgβ = 0,0054)	

Als Ansatz zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeit soll die FROUDE-Zahl (Fr) herangezogen werden. Sie bestimmt die Grenze für die mittlere Fließgeschwindigkeit (V) zwischen strömendem (Fr < 1) und schießendem (Fr > 1) Abfluß. Unter den gegebenen Bedingungen zur Zeit des Flutwellenhöchststandes ergeben sich dabei für den Ort Reiboldshausen als Grenzwert V:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} = 1 \quad V = \sqrt{gh}$$

$$V = \sqrt{981 \cdot 300} = 542 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$$

Bei dem Gefälle des Ibratales (tgβ = 0,0054) und einer Wassertiefe (h) ist davon auszugehen, daß beim Abfluß des Hochwassers mit schießendem Abfluß zu rechnen ist. Damit stellt dieser Wert die Mindestfließgeschwindigkeit dar. Das bestätigt auch eine Parallelberechnung der Fließgeschwindigkeit nach der MANNING-Formel<sup>3)</sup>:

$$V = n \cdot R^{2/3} \cdot \text{tg}\beta^{1/2}$$



5. Von der Flutwelle betroffener Ortsteil von Reiboldshausen. Der maximale Wasserstand ist durch die dunkle Verfärbung an den Gebäuden sichtbar.

6. Talaue zwischen Reiboldshausen und Gershausen mit Erosionsschäden im nicht begradtigten Ibraabschnitt. Auf der linken Bildseite ist die Hochwassergrenze sichtbar. ▶

7. Bruchstelle des Eisenbahndammes im unteren Ibratal. ▶

Bei Gleichsetzung der Wassertiefe mit dem hydraulischen Radius (R) und einer Annahme des MANNING-Koeffizienten  $n = 60$  resultiert eine Fließgeschwindigkeit von  $V = 917 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ .

Aufgrund der Fließgeschwindigkeiten und der Maße des Abflußkanals läßt sich für den Zeitpunkt des Flutwellenhöchststandes eine Mindestabflußmenge von ca.  $600 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1}$  abschätzen.

Für das Ibratal oberhalb der Ortschaft Gershäusen lassen sich nach gleicher Rechnung eine Mindestfließgeschwindigkeit von  $440 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$  (bei Nutzung der MANNING-Formel:  $V = 700 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ ) und eine Mindestabflußmenge von ca.  $500 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1}$  ermitteln.

In Kleba (Aulatal) werden erheblich niedrigere Werte erreicht. Die Mindestfließgeschwindigkeit beträgt nur noch  $220 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$  (bei Nutzung der

MANNING-Formel:  $V = 270 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ ) und die Mindestabflußmenge ca.  $100 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1}$ .

Diese Werte zeigen, daß die Flutwelle schon im Ibratal eine Verminderung ihrer Fließgeschwindigkeit erfährt. Dies ist nur möglich, wenn der Maximalstand der Hochwasserwelle sehr früh eintritt und damit noch genügend freier Stauraum im Tal vorhanden ist. Noch deutlich geringer sind die Werte in Kleba. Hier wirkt sich die Stauwirkung

<sup>3)</sup> MANNING-Formel (HERMANN 1977): Am häufigsten verwendete Formel zur Berechnung von Fließgeschwindigkeiten unter Berücksichtigung von Abflußkanalmaßen, Gefälle und Reibung.

<sup>4)</sup> HJULSTRÖM-Diagramm (MORISAWA 1968): Auf empirischen Werten basierendes Diagramm, das die Beziehung zwischen Erosion, Transport und Sedimentation zur Korngröße darstellt.



des Eisenbahndammes am Ausgang des Ibratales verzögernd aus. Vor ihm staute sich zunächst die anbrandende Hochwasserwelle, und die Durchlaßgröße im Bahndamm bestimmte zunächst die Abflußmenge ins Aulatal. Erst als der Bahndamm überflossen wurde, brach die Brücke weg. Zu diesem Zeitpunkt war jedoch der Höhepunkt der Flutwelle bereits überschritten.

Die im Ibratal zur Zeit der Hauptflutwelle aufgetretenen Mindestfließgeschwindigkeiten von 400 bis 500  $\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$  sind gemäß dem Diagramm von HJULSTRÖM<sup>4</sup>) (Abb. 3) so hoch, daß die in der Aue lagernden Sedimente eigentlich durch Erosion beseitigt werden können. Zumindest aber wären größere Erosionsschäden zu erwarten. Bei diesen Fließgeschwindigkeiten sind sämtliche Feinsedimente und Gerölle bis zu einer Korngröße von 20–30 cm Durchmesser erodierbar. Die Kartierung zeigt jedoch klar, daß die lockeren Auensedimente durch die feste Grasnarbe des Grünlandes gut geschützt wurden. Aber auch das zwischen Reiboldshausen und Gershausen liegende Gemüesfeld zeigt nur geringe Abspülungsspuren. Dies läßt sich nur mit einem sehr kurzzeitigen Auftreten von hohen Fließgeschwindigkeiten beim Ablauf der Hochwasserwelle erklären. Nach dem Durchgang der Hauptflutwelle muß das Wasser sehr schnell wieder gesunken sein. Die Schäden, welche durch die hohe Geschwindigkeit und den Druck der eigentlichen Flutwelle verursacht wurden, beschränken sich damit auf die Hindernisse, wie Gebäude, Brücken, Dämme und Bäume, die bremsend und den Kanal verengend auf den sonst freien Ablauf der Wassermassen

wirkten. Hinter den Hindernissen bildeten sich Wirbel, von denen die eigentliche Zerstörungskraft ausging.

Die wesentlichen Materialumlagerungen aus den Auskolkungen, vom Staudamm und dem Eisenbahndamm fallen eindeutig zeitlich mit dem Rückgang der Hochwasserwelle zusammen. Die sandigen und gröberen Bestandteile finden sich als Sedimentationskörper meist nur 100 bis 200 Meter talabwärts von der Erosionsstelle wieder. Nur die Feinanteile sind als Schwebfracht durch das Ibratal durchtransportiert worden. Dies ist jedoch nur möglich, wenn die Fließgeschwindigkeiten des Wassers deutlich niedriger liegen als zur Zeit der Hauptflutwelle.

#### **Verfasser:**

Dr. DIETER GLATTHAAR, Dr. WILHELM KUTTLER, Ruhr-Universität Bochum, Geographisches Institut, Postfach 10 21 48, D-4630 Bochum.

**Schriften:** CHOW, V. T. (1964): Handbook of applied hydrology. – (Mac Graw Hill Inc.) New York. \* EHLERS, J. (1977): Morphologische Auswirkungen des Dammbrochs am Elbe-Seitenkanal. – Z. Geomorph., N. F., **21**: 460–465; (Gebr. Borntraeger) Berlin, Stuttgart. \* GIERLOFF-EMDEN, H. G. (1954): Die morphologischen Wirkungen der Sturmflut vom 1. Februar 1953 in den Westniederlanden. – Hamb. geogr. Studien, **16**: 23 S. \* HERRMANN, R. (1977): Einführung in die Hydrologie. – (Teubner) Stuttgart. \* KOLB, A. (Hrsg.) (1962): Sturmflut 17. Februar 1962 – Morphologie der Deichbeschädigungen zwischen Moorburg und Cranz. – Hamb. geogr. Studien, **16**: 27 S. (Selbstverlag Inst. Geogr. und Wirtschaftsgeogr. Univ.). \* MORISAWA, M. (1968): Streams, their dynamics and morphology. – (Mac Graw Hill Inc.) New York.