

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 80 (1988)
Heft: 7-8

Artikel: Das Abfluss-Intensitätsdiagramm, ein Hilfsmittel zur Beurteilung von extremen Hochwasserabflüssen
Autor: Zeller, Jürg / Röthisberger, Gerhard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940727>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Das Abfluss-Intensitätsdiagramm, ein Hilfsmittel zur Beurteilung von extremen Hochwasserabflüssen

Jürg Zeller und Gerhard Röthlisberger

Zusammenfassung

Es wird gezeigt, wie ein Abfluss-Intensitätsdiagramm entsteht, für was es verwendet werden kann und welche charakteristischen Merkmale es kennzeichnen. Besonders geeignet ist es für die Bestimmung der jährlichkeitsabhängigen Wasserfrachten, wie sie zum Beispiel für die Dimensionierung von Hochwasserrückhaltebecken benötigt werden. Auch ist es ein wertvolles Hilfsmittel zur Beurteilung extremer Hochwasserereignisse, indem nicht nur die Hochwasserspitze erfasst wird, sondern auch die Wasserfracht. Des weitern wird gezeigt, welche Auswirkungen Einzugsgebietsgrösse, Seeretention, Vergletscherung und Bewaldungsgrad auf die Form der Intensitätskurven haben.

Résumé: Diagramme de l'intensité de l'écoulement – un moyen permettant d'analyser l'écoulement des crues

Cette étude décrit comment prend forme le diagramme d'intensité de l'écoulement (en fonction de la durée et de la période de retour), quelle en est son utilité et quels traits caractéristiques lui sont propres. Ce diagramme convient particulièrement à déterminer le volume des eaux dépendant de la période de retour, données qui seront utilisées pour le dimensionnement d'un bassin de retenue des crues. Il est aussi d'une aide précieuse lors de l'estimation d'événements de crues extrêmes, là où non seulement les débits de pointe mais aussi le volume des crues sont enregistrés. Il est ensuite question de l'influence exercée sur la forme des courbes d'intensité par la grandeur des bassins versants, l'effet d'absorption des crues d'un lac (rétention), la formation des glaciers et le taux de boisement.

Summary: Discharge-intensity diagram – a method to analyse extreme flood events

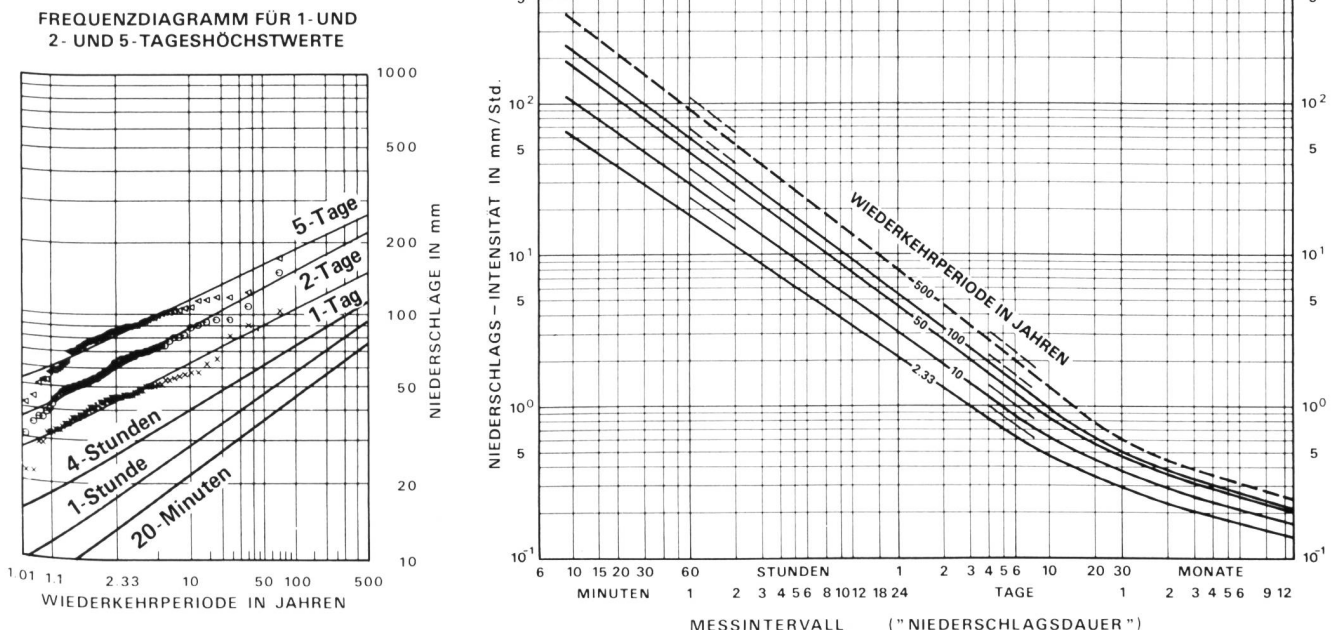
The report contains the set-up of a discharge-intensity diagram, its purpose, and its characteristics. This provides useful basis to estimate rate of runoff subject to return period as required, for example, in the design of flood retarding basins. Furthermore, it serves to analyse extreme flood events, because peak of flood and rate of change of runoff are both considered. The influences of catchment area, retaining capacity of lakes, glacial formations, and woodlands on the shape of intensity curves are also discussed.

1. Einleitung

Hochwasserereignisse werden meist mit Hilfe der Abflussganglinie und der Jährlichkeit (Wiederkehrperiode) der Hochwasserspitze charakterisiert. Bei einer ersten Beurteilung solcher Ereignisse begnügt man sich mit dieser Jährlichkeit und eventuell noch mit der Dauer des Ereignisses. Bei vielen Hochwasserereignissen mag diese Betrachtungsweise ausreichen. Jedoch gibt es immer wieder Fälle, wo dies zu Fehleinschätzungen führt. Das Hochwasserereignis der Thur vom Juni 1965 ist hiezu ein typisches Beispiel. Zwar betrug die Hochwasserspitze bei Andelfingen rund $1000 \text{ m}^3/\text{s}^1$, was etwa einem 15- bis 20jährigen Ereignis entspricht. Doch dauerte das Hochwasser viele Tage. Die Schäden am Gerinne, insbesondere an den Ufern, waren erheblich und wesentlich gravierender als von einem 15- bis 20jährigen Hochwasser hätte erwartet werden können. Man fand damals keine hinreichende Erklärung für diese Widersprüchlichkeit zwischen Hochwassergösse und Schadensausmass. Es wäre notwendig gewesen, die Abflussganglinie hinsichtlich ihrer Auftretenswahrscheinlichkeit zu untersuchen, ein Unterfangen, das bis heute noch nicht gelöst ist. Eine Möglichkeit, diesem Problem nä-

¹ Die gemessene Hochwasserspitze betrug $890 \text{ m}^3/\text{s}$. Jedoch ist die Thur weiter oben «über die Ufer getreten». Die korrigierte Abflussspitze beträgt etwa $1000 \text{ m}^3/\text{s}$.

Bild 1. Niederschlags-Frequenzdiagramm (links) und Niederschlags-Intensitätsdiagramm (rechts) für die Messstation der SMA in Zürich. Verwendet wurde die 2. Extremalverteilung (log-Gumbel). Entnommen aus «Starkniederschläge des schweiz. Alpen- und Alpenrandgebietes», Band 2, EAFV 1977.



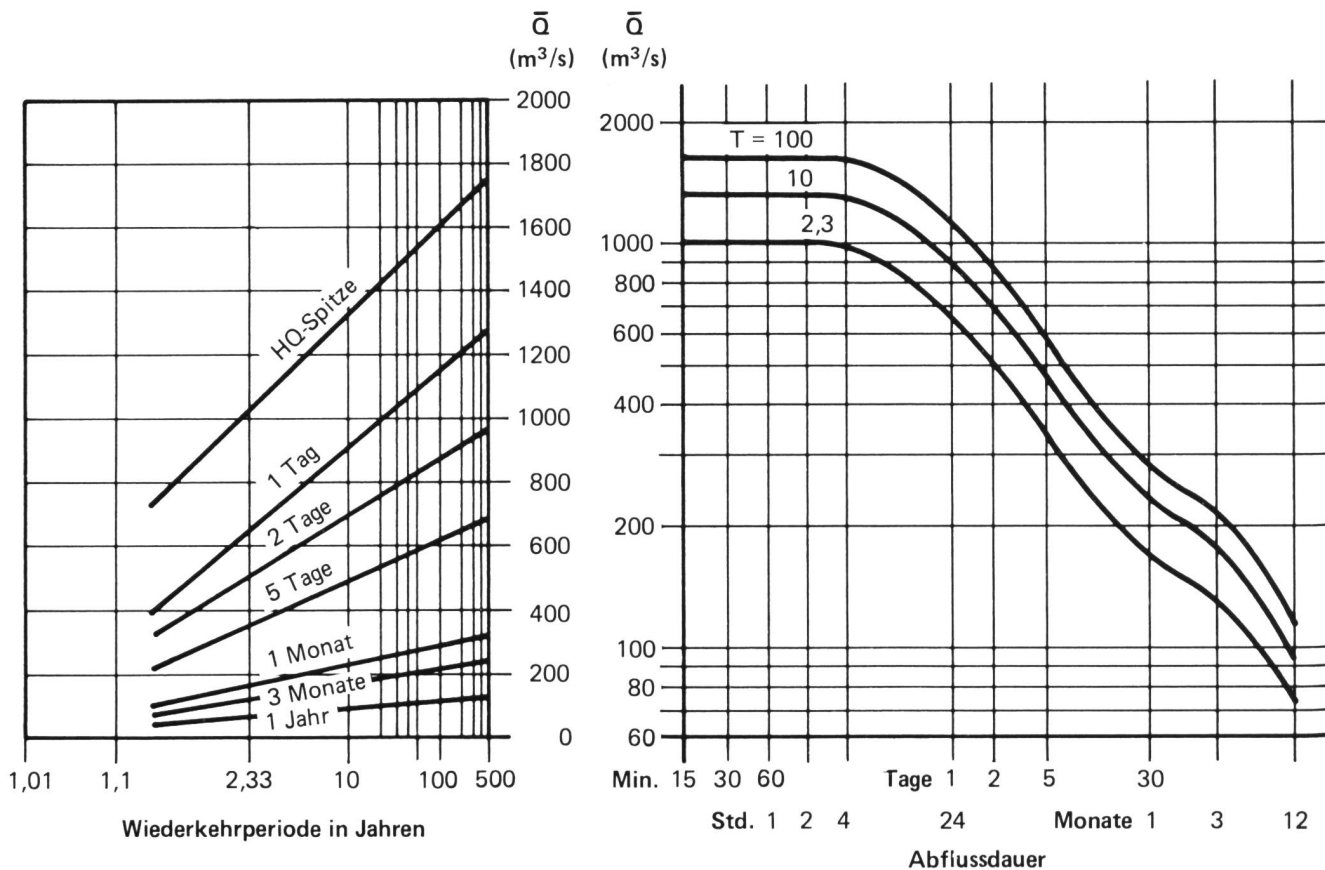


Bild 2. Abfluss-Frequenzdiagramm (links) und Abfluss-Intensitätsdiagramm (rechts) für den Ticino bei Bellinzona der Messperiode 1914 bis 1980. Verwendet wurde die Normalverteilung. Bei Verwendung der weniger gut passenden 1. Extremwertverteilung würden leicht höhere Werte für Q entstehen (kalendarisch).

herzukommen, ist das «Abfluss-Intensitätsdiagramm», das wir nachfolgend vorstellen wollen.

2. Das Abfluss-Intensitätsdiagramm

Das Abfluss-Intensitätsdiagramm stellt den Zusammenhang zwischen Abflussmenge Q , -dauer t und -jährlichkeit T dar. Diese Diagrammart wird schon seit Jahren bei der Starkregenanalyse verwendet. Bei den Starkregen erstellt man vorerst ein *Niederschlags-Frequenzdiagramm* für verschiedene Messdauern bzw. «Regendauern» (Bild 1, links) und zeichnet diese zu einem *Niederschlags-Intensitätsdiagramm* (Bild 1, rechts) um. Sinngemäß entwirft man *Abfluss-Frequenzdiagramme* für die Hochwasserspitze sowie für die weiteren Abflüsse verschiedener Abflussdauern. Es handelt sich hierbei um die Höchstwerte der Abflussmittel \bar{Q} über die Abflussdauer t eines jeden Jahres («Jährliche Serie»). Hierauf zeichnet man die Frequenzdiagramme zu einem Intensitätsdiagramm um (Bild 2).

3. Verwendungsmöglichkeiten

Das Abfluss-Intensitätsdiagramm kann für die Lösung verschiedenster Probleme herangezogen werden. Wir sehen eine Verwendung vor allem in der

- *Hochwasserbeurteilung* im Hinblick auf Hochwasserschäden, die Bemessung der Gerinne, die Abschätzung von Dauer und Stärke der hydraulischen Beanspruchung von Verbauungen, z. B. des Lebendverbaues sowie auch bis zu einem gewissen Grade hinsichtlich Geschiebehaushalt.
- Bemessung von *Hochwasser-Rückhalteräumen*, indem in Abhängigkeit von Dauer und Jährlichkeit die erwartbare Wasserfracht vermittelt werden kann ($V_T = \bar{Q}_T \cdot t$).
- Bemessung von *Durchlässen, Ableitungen* usw., indem bei ungenügendem Schluckvermögen oder bei Verstop-

fen besser abgeschätzt werden kann, welches Abflussvolumen mit welcher Abflussdauer etwa zu erwarten ist.

- *Gewässerkunde*, wodurch eine bessere Beurteilung der Gewässer bzw. des Hochwasserabflussregimes möglich ist. Dies hilft auch bei der Gefahrenbeurteilung bzw. der Erkennung der Gefährlichkeit von Gewässern. Bei Totalausbrüchen, wie sie im Kegelhals von Wildbächen vorkommen, kann das Überflutungsvolumen und damit u. U. die Ausdehnung des Überflutungsgebietes geschätzt werden.

Der Anlass für diese Untersuchung waren allerdings nicht die eben genannten Anwendungen, sondern der Versuch, Wildbäche und evtl. Wildflüsse gegenüber den andern Gewässern hydrologisch besser charakterisieren und abgrenzen zu können. Dieses Ziel wurde leider nur teilweise erreicht.

4. Untersuchte Abflussmessstationen

Eine Auswahl verschiedenartigster Gewässer sollte ermöglichen, Einblick in die Eigenheiten und die Aussagekraft der Abfluss-Intensitätsdiagramme zu vermitteln. Untersucht wurden deshalb 34 Messstationen der Landeshydrologie und -geologie, und zwar an 13 Wildbächen, 10 Gebirgsflüssen, 5 Mittelland- und Jurabächen bzw. -kleinflüssen und 6 Stationen an Hauptflüssen. Es sind dies in den Einzugsgebieten

- *Rhein*: Ferrerabach/Trun, Hinterrhein/Hinterrhein, Hinterrhein/Andeer, Landquart/Klus, Tamina/Bad Ragaz, Rhein/Bad Ragaz, Rhein/St. Margrethen bzw. Schmitter, Aach/Selmsach (Bodensee), Rhein/Nohl, Thur/Andelfingen, Rhein/Rheinfeldern und Ergolz/Liestal
- *Limmat*: Eubach/Eutal, Sihl/Zürich
- *Reuss*: Reuss/Andermatt, Schächen/Bürglen, Reuss/Seedorf, Muota/Ingenbohl, Engelberger Aa/Büren, Reuss/Mellingen

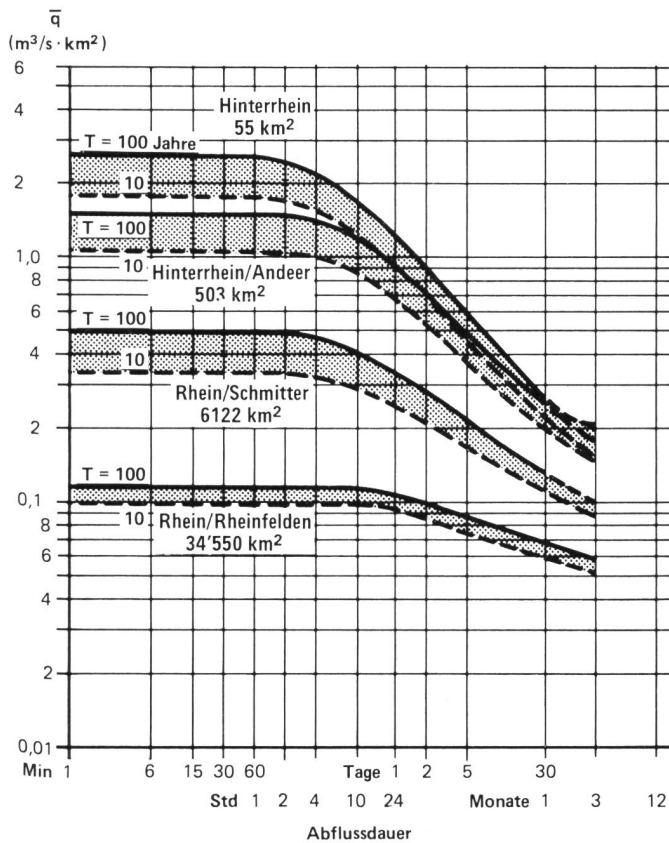


Bild 3. Abfluss-Intensitätsdiagramme für verschieden grosse Einzugsgebiete des Rheins für 10- und 100jährige Ereignisse (T = Jährlichkeit oder Wiederkehrperiode in Jahren).
 Hinterrhein/Hinterrhein 1945–1980, $E = 55 \text{ km}^2$
 Hinterrhein/Andeer 1923–1959, $E = 503 \text{ km}^2$
 Rhein/Schmitter 1919–1980, $E = 6119 \text{ km}^2$
 Rhein/Rheinfelden 1933–1980, $E = 34550 \text{ km}^2$
 (kalendarisch).
 Die Messstationen Schmitter und St. Margrethen wurden kombiniert ($E = 6119$ bzw. 6122 km^2).

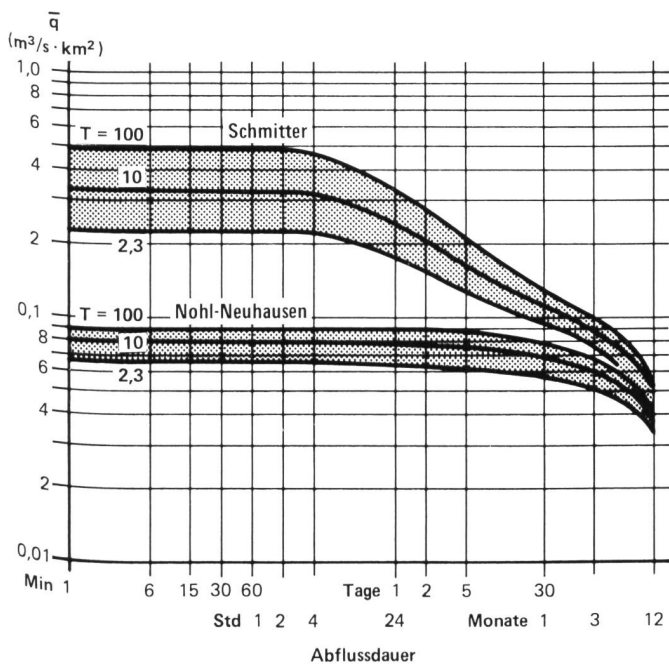


Bild 4. Abfluss-Intensitätsdiagramm für den Rhein oberhalb und unterhalb des Bodensees (Messstationen Schmitter mit $E = 6119 \text{ km}^2$, 1919–1980, bzw. Nohl-Neuhausen mit $E = 11890 \text{ km}^2$, 1909–1980; kalendarisch).

- *Aare*: Gornerbach/Kiental, Rotenbach und Schwändli-bach/Schwarzsee, Sense/Thörishaus, Orbe/Orbe, Sperbel- und Rappengraben/Napfgebiet, Langeten/Lotzwil
- *Rhone*: Massa/Massaboden-Blatten, Lonza/Blatten, Baye de Montreux/Les Avants bzw. Gorges du Chauderon
- *Ticino*: Melera/Val Morobbia südöstlich von Bellinzona, Ticino/Bellinzona.

5. Einige qualitative, gewässerkundliche Feststellungen

Einfluss der Einzugsgebietsgrösse auf das Abfluss-Intensitätsdiagramm am Beispiel des Rheins

Um eine Gegenüberstellung zu ermöglichen, wurde in bekannter Weise anstelle der Abflussmengen \bar{Q} der spezifische Abfluss $\bar{q} = \bar{Q}/E$ (E = Einzugsgebietsgrösse) verwendet. Weiter wurden nur die 100- und 10jährigen Ereignisse eingetragen, um die Abbildungen nicht zu überladen. Aus Bild 3 geht die ausgleichende Wirkung auf den Verlauf der Intensitätskurven bei zunehmender Einzugsgebietsgrösse klar hervor. Die dämpfende Wirkung des Bodensees ist bis Rheinfelden gut spürbar. Was im Diagramm weniger klar hervorgeht, ist der abnehmende Abstand der Kurven $T = 100$ zu $T = 10$ Jahre. Dies bedeutet, dass die dazugehörigen Frequenzdiagramme mit wachsender Einzugsgebietsgrösse an Steilheit abnehmen, oder anders ausgedrückt, dass die Streuung der Hochwasserabflüsse mit wachsender Einzugsgebietsgrösse abnimmt.

Während bei sehr kleinen Einzugsgebieten die sog. «Hochwasserspitze» nur während etwa 5 bis 20 Minuten auftritt, nimmt bei sehr grossen Einzugsgebieten diese «Hochwasserspitze» u. U. viele Stunden in Anspruch. Ob diese Zeitspanne für ein und dasselbe Gebiet auch von der Jährlichkeit abhängt, konnte mangels ausreichender zeitlicher Auflösung der Messstreifen nicht festgestellt werden.

Einfluss von Seen auf das Abfluss-Intensitätsdiagramm

Die dämpfende Wirkung von Seen auf den Hochwasserabfluss ist bestens bekannt. Das wohl eindrücklichste Beispiel liefert der Bodensee (Bild 4). Während oberhalb des Sees die Intensitätskurven sich nach etwa 2 Stunden zu senken beginnen, tritt dies unterhalb erst nach 1 bis 2 Tagen ein. Auch beachte man das stark unterschiedliche Abfallen der Kurven mit zunehmender Abflussdauer und den starken Streuungsunterschied (Abstand von $T = 100$ zu $T = 2,3$ Jahre). Die dämpfende Wirkung des Bodensees führt zu einer vollständigen Veränderung des Hochwasser-Abflusscharakters.

Die Auswirkungen von Hochwasserrückhaltebecken oder von Kraftwerkspeichern mit Hochwasserschutzräumen sind ähnlich. Das Mass der Dämpfung ist allerdings massgeblich beeinflusst durch die Grösse des verfügbaren Speicherraumes im Verhältnis zur Einzugsgebietsgrösse.

Zum Hochwasser-Abflusscharakter sehr kleiner Gebirgseinzugsgebiete

Im Gegensatz zu den grossen Einzugsgebieten haben sehr kleine Gebiete steile Intensitätskurven (Bild 5). Die Hochwasserspitzen treten wie erwähnt nur sehr kurze Zeit auf (einige Minuten). Auch reagieren sie empfindlich auf Besonderheiten ihrer Einzugsgebiete. Ihre spezifischen Spitzenabflüsse sind hoch. Die im Bild 5 dargestellten Bäche

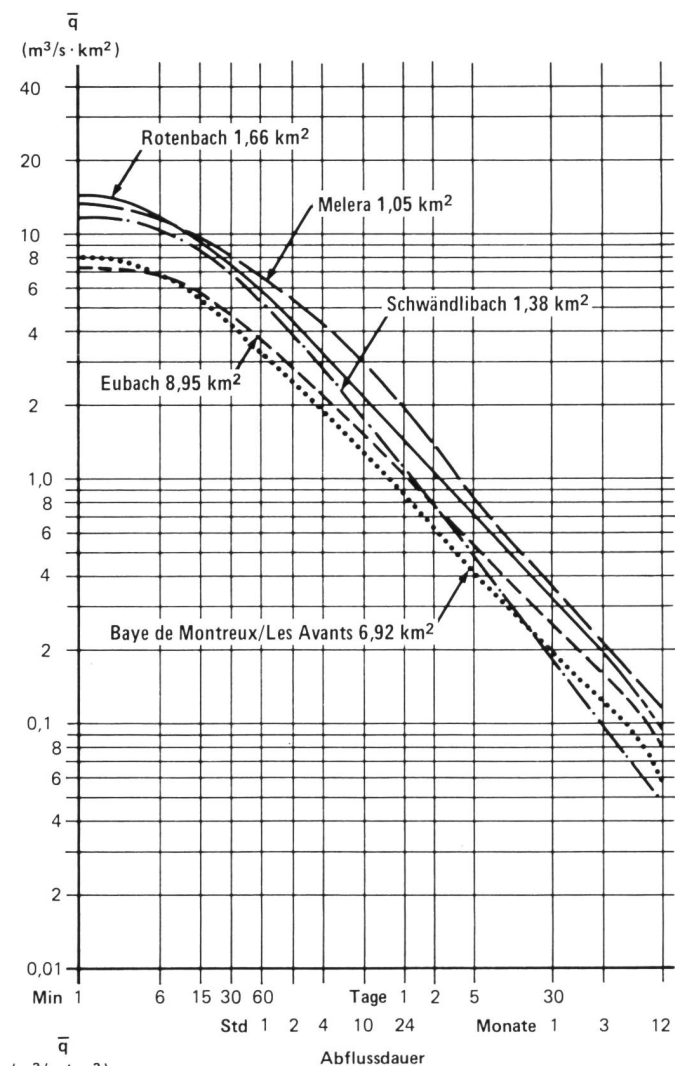


Bild 5, links. Abfluss-Intensitätsdiagramm für 100-jährliche Ereignisse sehr kleiner Gebirgseinzugsgebiete (hydrologische Versuchsgebiete).
 Kanton Waadt: Baye de Montreux 1933–1974, $E = 6,92 \text{ km}^2$
 Kanton Freiburg: Rotenbach und Schwändlibach 1953–1985, $E = 1,66$ resp. $1,38 \text{ km}^2$
 Kanton Schwyz: Eubach 1960–1980, $E = 8,95 \text{ km}^2$
 Kanton Tessin: Melera 1935–1985, $E = 1,05 \text{ km}^2$ (nichtkalendarisch).

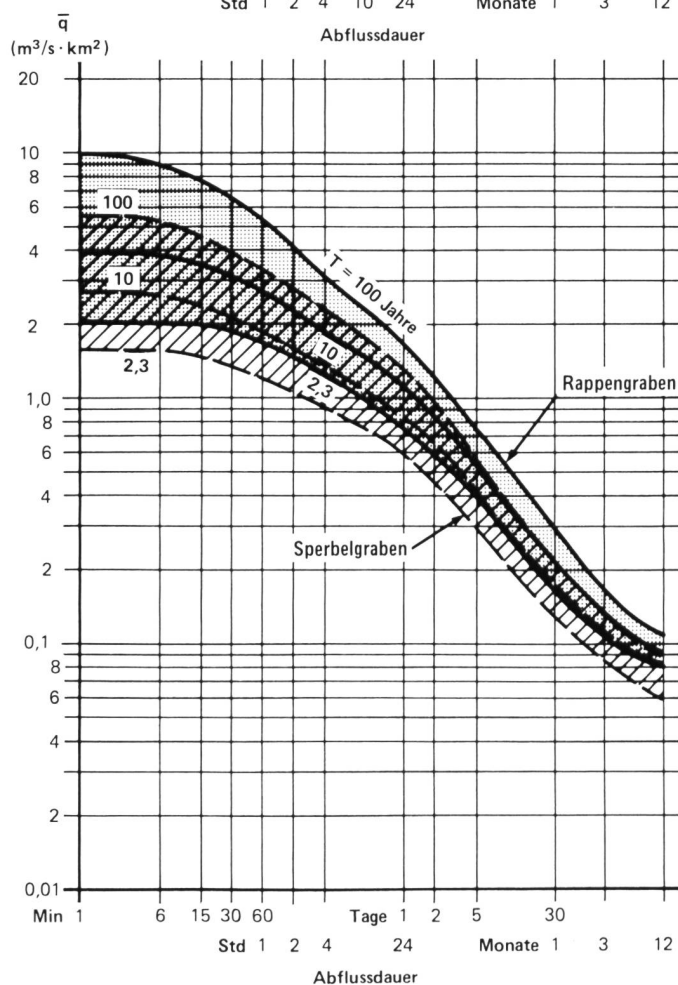


Bild 6, links unten. Abfluss-Intensitätsdiagramm von Sperbelgraben und Rappengraben für die Jährlichkeiten 2, 3, 10, 100 Jahre.
 Sperbelgraben: $E = 0,54 \text{ km}^2$, 99% Wald
 Rappengraben: $E = 0,60 \text{ km}^2$, 32% Wald (1903–1985, nichtkalendarisch).

sind diesbezüglich als durchschnittlich zu betrachten. Insbesondere von Voralpenbächen sind wesentlich höhere Werte bekannt. Bei den dargestellten Bächen handelt es sich um hydrologische Versuchsgebiete mit einer über viele Jahrzehnte betreuten Abflussmessstation. Die angegebenen Kurven dürfen deshalb für diese Gebiete über den ganzen Kurvenbereich als repräsentativ angesehen werden.

Einfluss des Bewaldungsgrades auf den Hochwasserabfluss sehr kleiner Einzugsgebiete

Dieser Frage wird besonders in den letzten Jahren wieder erhöhte Beachtung geschenkt. Als klassische Beispiele dürfen die ersten forstlichen Versuchsgebiete Sperbel- und Rappengraben im Napfgebiet gelten. Seit 1902 wird dort ununterbrochen der Abfluss gemessen. Beide haben sehr ähnliche Einzugsgebiete bezüglich Grösse, Höhenausdehnung, Gefälle, Exposition, Geologie und Niederschläge. Jedoch ist der Bewaldungsgrad stark verschieden. Im Sperbelgraben beträgt der Anteil der Bewaldung am Gesamteinzugsgebiet 99% und beim Rappengraben 32%. Die erheblichen Unterschiede beim Hochwasserabfluss werden weitgehend auf den unterschiedlichen Bewaldungsgrad zurückgeführt (Bild 6). Laut diesen Messungen wirkt der Wald auch bei extremen Hochwasserereignissen dämpfend. Die Vorstellung, dass der Wald bei solchen Ereignissen kaum oder nicht mehr wirkt, weil sein Leistungsvermögen überschritten sei, trifft offenbar für diese Art Gebiete im Jährlichkeitsbereich unter 100 Jahren nicht zu.

Einfluss starker Vergletscherung auf den Hochwasserabfluss

Kleine bis mittelgrosse, vergletscherte Einzugsgebiete haben ihren eigenen Abflusscharakter. In der Regel ist der Hochwasserabfluss regelmässiger und ausgeglichener als bei unvergletscherten Gebieten. In Bild 7 wurden Bäche mit Vergletscherung den untersuchten, unvergletscherten Bächen gegenübergestellt. Es zeigt sich eine starke Abnahme der Hochwasserspitze und eine zunehmende Dämpfung des Hochwasserabflusses mit zunehmendem Grad der Vergletscherung. Auffallend ist auch der bruske Kurvenabfall bei einer Abflussdauer von drei Monaten. Dies steht sehr wahrscheinlich mit den meist geringen Herbst- und Winterabflüssen solcher Gebiete im Zusammenhang. Man beachte, dass bei verschiedenen Gletschern des schweizerischen Alpenraumes in grösseren Zeitabständen mit Gletscherausbrüchen (Hochwasserwellen) zu rechnen ist, die nicht zum allgemein vorhandenen Abflusscharakter des Gebietes passen.

Die Hochwasserereignisse vom 24./25. August 1987 im Kanton Uri und der Thur vom Juni 1965

Als Beispiel für die Beurteilung von Hochwasserereignissen mit Hilfe des Abfluss-Intensitätsdiagrammes diene die Reussabflussmessstation bei Seedorf. Obwohl die Abfluss-

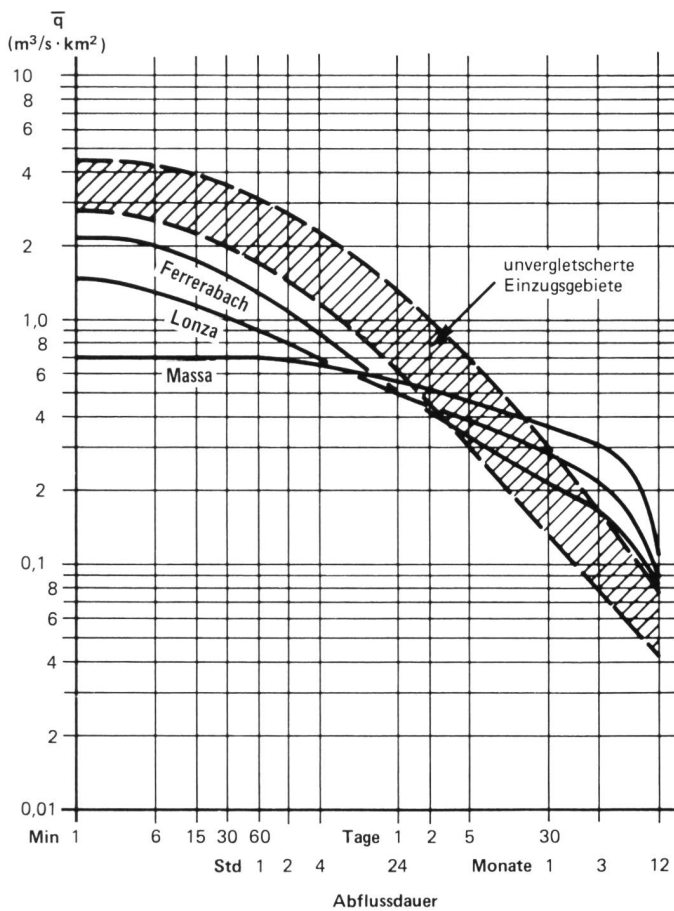


Bild 7. Gegenüberstellung teilweise vergletschelter Einzugsgebiete mit unvergletscherten (schraffierter Bereich = Bereich der in Bild 5 untersuchten Bäche) für 100jährige Ereignisse:
 Ferrerabach/Trun $E = 12,5 \text{ km}^2$, 18,3% vergletschert, 1962–1980
 Lonza/Blatten $E = 77,8 \text{ km}^2$, 40,6% vergletschert, 1956–1980
 Massa/Blatten $E = 202,0 \text{ km}^2$, 66,6% vergletschert, 1922–1980 (kalendarisch), ohne die Jahre 1929 und 1930.
 Die Massa-Messstationen Blatten und Massaboden wurden kombiniert ($E = 195$ bzw. 202 km^2).

daten noch nicht auf ihre Zuverlässigkeit geprüft sind und evtl. noch korrigiert werden müssen, wollen wir dennoch versuchen, diese provisorische Abflussganglinie (Kenntnisstand Februar 1988) zu untersuchen.

Zugrundegelegt wird das Abfluss-Intensitätsdiagramm der Messperiode 1914 bis 1980. Hierbei wurden die Einflüsse der beiden Kraftwerkspeicher Lucendro und Göscheneralp nicht speziell berücksichtigt (Bild 8). Weiter ist anzumerken, dass die Intensitätskurven im Zeitbereich $0,5 \leq t \leq 10$ Stunden nur sehr approximativ ermittelt wurden. Dagegen sind die Kurven im Bereich $t < 0,5$ Stunden und $t \geq 24$ Stunden korrekt. Diese beiden Einschränkungen haben im vorliegenden Falle auf das grundsätzliche Ergebnis nur eine untergeordnete Bedeutung.

In das Intensitätsdiagramm wurden nun der beobachtete Spitzenabfluss sowie die gemittelten Abflüsse \bar{Q} vom 24./25. August 1987 der verschiedenen Abflussdauern t (Messdauer) eingetragen (Kurve 1 in Bild 8). Daraus geht hervor, dass die gemessene Hochwasserspitze mindestens einem 200jährigen Ereignis entspricht, dass mindestens über volle 48 Stunden der Abfluss (im Durchschnitt) dauernd mehr als 100jährig war und dass sich erst nach mehr als drei Tagen der Hochwasserabfluss normalisierte. In zwei Tagen flossen hierbei mehr als 58 Mio m^3 Wasser durch die Reuss ab. – Wenn man jedoch entsprechend gewisser Vermutungen eine Hochwasserspitze von $785 \text{ m}^3/\text{s}$ annimmt (Berücksichtigung der entgangenen Abflüsse infolge

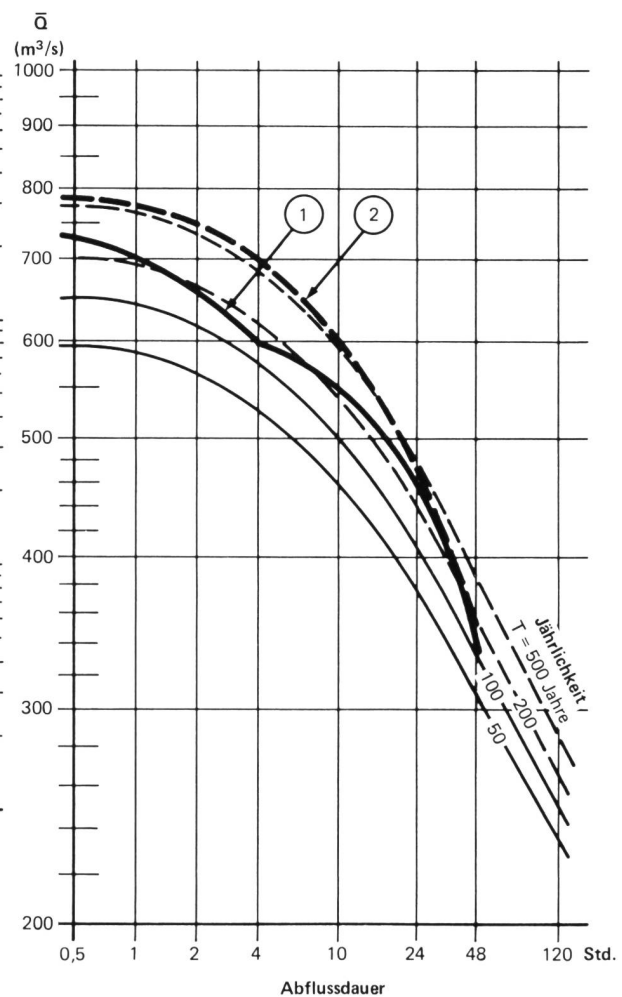


Bild 8. Abfluss-Intensitätsdiagramm der Reuss bei Seedorf 1914–1980.
 Kurve 1: Abflusskurve laut Limnigraphenaufzeichnungen vom 24./25. August 1987 (Kenntnisstand Februar 1988).
 Kurve 2: Vermutete Abflusskurve unter Einbezug der Überlaufwassermenge infolge Dammbrochenen.

Dammbüche), so entspricht die Hochwasserspitze einem etwas mehr als 500jährigen Ereignis, das sich nur allmählich abbaute. In zwei Tagen flossen unter dieser Voraussetzung sogar mehr als 60 Mio m^3 Wasser ab².

In der Einleitung wurde vom ungeklärten Falle des *Thurhochwassers vom Juni 1965* berichtet. Im Rahmen unserer Betrachtungsweise ergibt sich folgendes Bild: Die Hochwasserspitze entspricht wie bereits erwähnt nur einem 15- bis 20jährigen Ereignis. Laut Bild 9 zeigt der länger dauernde Hochwasserabfluss \bar{Q}_1 , jedoch folgende Jährlichkeiten:

$$\begin{aligned} \bar{Q}_{1 \text{ Tag}} &= 100\text{jährlich} \\ \bar{Q}_{2 \text{ Tage}} &= 50\text{jährlich} \\ \bar{Q}_{5 \text{ Tage}} &= 20\text{jährlich} \end{aligned}$$

Offensichtlich hat es sich bei diesem Hochwasser bezüglich Dauer, Abflussfracht und Gerinnebeanspruchung um ein sehr seltenes Ereignis gehandelt. Dies macht die grossen Gerinneschäden verständlich.

6. Schlussbemerkungen

Das Abfluss-Intensitätsdiagramm ist ein interessantes Instrument zur Beurteilung des Abflusscharakters von Gerin-

² Anmerkung: Derartige Wasserfrachten können mit den Niederschlagssummen korreliert werden, was Hinweise für die Abflusskoeffizienten liefert.

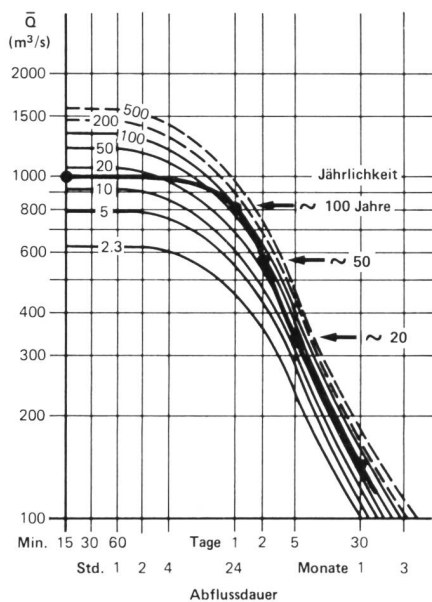
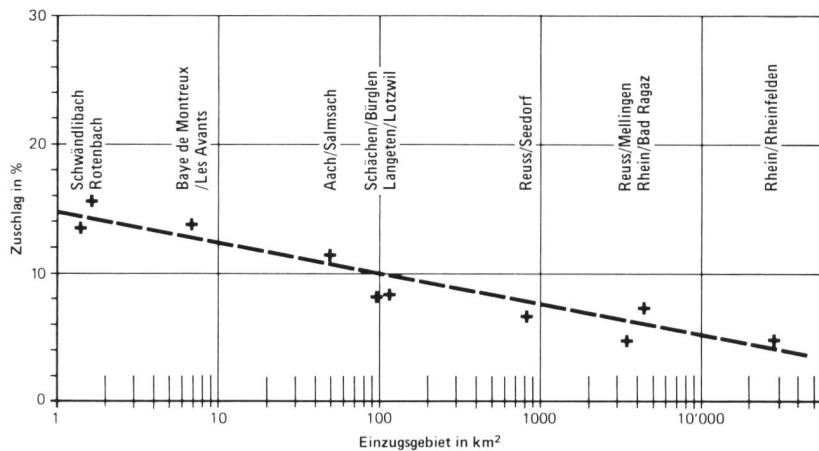


Bild 9, links. Abfluss-Intensitätsdiagramm der Thur bei Andelfingen mit eingetragenem Hochwasserereignis vom Juni 1965. Der Kurvenverlauf zwischen 30 Minuten und kleiner als 1 Tag wurde behelfsmässig geschätzt (zu grosser Arbeitsaufwand). Verwendet wurde die 1. Extremwertverteilung, wogegen für $t \geq 1$ Monat die Normalverteilung.

Bild 10. Zuschlag in % zum kalendarischen Monatswert für den nichtkalendarischen 30-Tage-Wert.



nen und zur Einstufung von einzelnen Hochwasserereignissen. Verschiedenste technische Probleme lassen sich damit besser lösen. Es braucht jedoch eine ausreichend lange Messperiode, um repräsentative Frequenzanalysen vornehmen zu können. Unserer Erfahrung nach braucht es 30 und mehr Jahre. Weiter ist das Verfahren arbeitsintensiv. Der Zeitaufwand wird jedoch klein, wenn eine Abflussdatenbank zur Verfügung steht (z. B. die Datenbank der Landeshydrologie und -geologie, Bern). Auch sollte in Zukunft bei einer Angabe der Hochwassersjährlichkeit vermerkt werden, ob es sich um die Hochwasserspitze handelt oder um den mittleren Abfluss \bar{Q} bzw. die Abflussfracht einer bestimmten Abflussdauer.

Adresse der Verfasser: Jürg Zeller und Gerhard Röthlisberger, Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Abt. Verbauwesen und Hydrologie, CH-8903 Birmensdorf.

Anhang

Dem Leser mag aufgefallen sein, dass bei einzelnen Abbildungen der Vermerk «kalendarisch» bzw. «nichtkalendarisch» angegeben ist. In den Jahrbüchern der Landeshydrologie und -geologie werden die Abflüsse als Tagesmittelwerte mit der Schnittstelle um Mitternacht registriert. Es sind also Daten, die für jeden Kalendertag ermittelt werden. In diesem Falle handelt es sich um kalendarische Daten (oder sogenannten Terminbeobachtungen). Stehen dagegen Abflussganglinien zur Verfügung, so kann die gewählte Abflussdauer t (Messintervall) beliebig, das heisst unabhängig von der Kalendereinheit, positioniert werden. Dies sind nichtkalendarische Daten.

Die Auswertung mit Hilfe kalendarischer Daten ergibt niedrigere Abflussintensitäten. Der Unterschied zwischen \bar{Q} kalendarisch zu \bar{Q} nichtkalendarisch ist für die Abflussdauer $t = 1$ Monat bzw. 30 Tage in Bild 10 dargestellt. Generelle Überprüfungen für $t = 5$ Tage und $t = 1$ Tag zeigen etwas geringere Unterschiede und eine sehr ähnliche Abhängigkeit von der Einzugsgebietsgrösse.

Wegen des grossen Arbeitsaufwandes wurden nur für die Kleineinzugsgebiete (Bilder 5 und 6) nichtkalendarische Daten erhoben.

Weiter ist festzustellen, dass die verwendeten Daten langer Abflussdauern t zum Teil voneinander abhängig sind, was in der klassischen Extremwertstatistik unerwünscht ist, jedoch für anwendungsorientierte Untersuchungen zugelassen wird.

Verfahren zur Behandlung und Verwertung gebrauchter Batterien

Mathias Tellenbach

Batterien enthalten beträchtliche Mengen an Schwermetallen, insbesondere an Quecksilber, Cadmium und Zink. Sie sollten deshalb nicht in den Kehricht gelangen, sondern müssen als Sonderabfall behandelt werden. Für die separat eingesammelten Batterien ist bis heute aber keine im industriellen Massstab betriebene Aufbereitungsmethode vorhanden. Die deshalb gezwungenermassen praktizierte Zwischenlagerung oder der Export in ausländische Sonderabfalldeponien sind nur als Übergangslösungen zu betrachten. Sie entsprechen nicht den im Leitbild für die schweizerische Abfallwirtschaft [1] niedergelegten Grundsätzen, welche unter anderem fordern, dass Abfälle mit geeigneten chemisch-physikalischen Methoden zu verwertbaren Produkten oder zu endlagerfähigen Reststoffen aufzuarbeiten sind.

Es ist deshalb nötig, so rasch als möglich die heutige, wenig befriedigende Situation durch die Realisierung einer Aufbereitungsanlage für gebrauchte Batterien zu verbessern. Im Auftrag des Bundesamtes für Umweltschutz wurde in den letzten Jahren ein technisches Verfahren zum Auf-

bereiten der Batterien entwickelt. Mit den Arbeiten betraut waren die AFIF (Arbeitsgemeinschaft für industrielle Forschung an der Eidgenössischen Technischen Hochschule), Zürich-Hönggerberg, die ORFA Umwelttechnik AG, Zürich, und die EIC SA, Zürich.

Begleitet wurde das Vorhaben von einer Projektgruppe mit Vertretern des BUS, der beteiligten Firmen und der Batterieindustrie.

Die beauftragten Ingenieurbüros haben mit ihren Arbeiten am Wettbewerb «Technologiestandort Schweiz» teilgenommen. Sie gehören zu den aus den 200 Teilnehmern des Wettbewerbs ausgewählten zehn Preisträgern und konnten das Verfahren an der Hannover-Industrie-Messe im April 1988 als Vertreter der Schweizer Industrie präsentieren [2]. Das im Auftrag des Bundesamtes durch AFIF, ORFA und EIC entwickelte Verfahren beruht im wesentlichen auf einer mechanischen Zerkleinerung der Batterien und einer chemisch-physikalischen Trennung der Komponenten [3]. Die Schadstoffe, insbesondere Quecksilber, werden abgetrennt. Die Hauptbestandteile Eisen, Buntmetalle, Zink- und Manganverbindungen werden in verwertbare Formen übergeführt.

In einer Reissmühle wird zuerst das unsortierte Batteriesammelgut mechanisch zerkleinert. Anschliessend wird der Batterieschrott gesiebt und mit Wasser ausgelaugt. Dabei