

REVISIONEN

Es gilt die letzte aufgeführte Revision, die von der zuständigen Stelle visiert ist.

Datum	Rev.	Korrektur/Ergänzung	Seiten	Visum
27.06.2013	0	Erstausgabe	alle	

Das Dokument unterliegt nicht dem Änderungsdienst.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	4
2 Korngrößenverteilung	4
3 Korngrößenwahl	7
4 Zusammenfassung	8
5 Referenzen	9

Das Dokument unterliegt nicht dem Änderungsdienst.

1 Einleitung

Im Schreiben vom 26. März 2013 [1] fordert das ENSI das KKB auf, eine Geschiebeberechnung unter Berücksichtigung der Kornverteilung des Sohlmaterials der Aare durchzuführen.

Von Seiten des KKBs war vorausgehend am 19. Juli 2012 eine Geschiebeberechnung an das ENSI eingereicht worden [2]. Grundlage dieser Untersuchung waren zwei Rechnungen mit mittleren Korngrössen von 18 mm bzw. 50 mm (Einkornmodell). Bei Verwendung der mittleren Korngrösse von 50 mm ergaben sich jedoch im Vergleich zur Rechnung mit 18 mm zwischen 0.30 m (Punkt J) und 0.70 m (Punkt A) niedrigere Wasserstände. Das heisst, die Rechnung unter Verwendung einer charakteristischen Korngrösse von 18 mm ist im Vergleich zur Korngrösse von 50 mm konservativ abdeckend. Die Rechnung mit dem 50 mm Korn wurde deshalb nicht weiter verfolgt.

Die Rechnung mit einem charakteristischen 18 mm Korndurchmesser für das Geschiebe ist auch gegenüber der Rechnung mit einer Kornverteilung des Sohlmaterials aus zwei Gründen konservativ. Diese beiden Gründe werden im Folgenden dargelegt.

2 Korngrössenverteilung

In der Schweiz werden bereits seit vielen Jahrzehnten Korngrössenverteilungen der Sohle von Fließgewässern untersucht [9]. Für die Aare wird in [3] eine mittlere Korngrösse von 18 mm angegeben, wobei dieser Wert nicht explizit für den Aare-Bereich Brugg-Beznau genannt wird. In der direkten Umgebung des Kernkraftwerkes Beznau liegen Korngrössenverteilungen aus verschiedenen Untersuchungen sowohl für den Oberwasserkanal als auch für die Restwasserstrecke vor. Die Untersuchungsorte sind in Bild 1 eingetragen.

Bereits 1942 erfolgten Bohrungen im Oberwasserkanal. Mit den Bohrkernen konnte hier erstmalig eine Bestimmung der Korngrössenverteilung erfolgen. Ausserdem existiert für das Jahr 1990 eine Mittelwertbestimmung der Korngrössenverteilung. Eine letzte detaillierte Untersuchung erfolgte im Oberwasserkanal am 29.6.2009 durch Taucher. Dabei wurden ca. 300 bis 400 Steine mit einem Durchmesser grösser 1 cm auf einer ca. 3 bis 4 m langen Linie entnommen. Mittels einer Linienzahlanalyse konnte dann auf eine Kornverteilung geschlossen werden.

Die Entnahme erfolgte ca. 200 m unterhalb der Kanalbrücke, an zwei Stellen, wobei eine Stelle näher am linken und eine Stelle näher am rechten Ufer lagen. Nach Aussagen der Taucher war die Entnahme von Sohlmaterial ohne Werkzeug nicht möglich. Die Steine wurden mit Hammer und Meissel herausgebrochen. Diese Aussage lässt auf eine starke kohäsive Ver kittung des Sohlenmaterials durch feine Sedimente schliessen. Weitere visuelle Erkundungen bestätigen eine sehr homogene Beschaffenheit und Kornzusammensetzung der Sohle in diesem Bereich.

Die Gesteinsproben wurden entsprechend ihrer Grösse in Klassen eingeteilt und sortiert. Für die Konstruktion der Kornverteilungskurve (Sieblinie) erfolgte eine Korrektur der Feinfraktionen. Die Sieblinien bestätigen die Sieblinie von 1942 (siehe Bild 2). Die Linienproben weisen im Vergleich zu den Werten von 1942 keinen erhöhten Anteil von grösseren Fraktionen auf. Dies bestätigt eine starke Kohäsion durch die Einbettung der Körner in eine harte Matrix aus feinen Sedimenten und damit verbunden eine geringe Verfrachtung auch bei grossen hydraulischen Belastungen [5].

Das Dokument unterliegt nicht dem Änderungsdienst.

Für den Restwasserkanal (Aare) liegen ebenfalls zwei Messungen vor (Bild 3). Diese basieren auf Ausbaggerungen. Auch hier wurden die Sieblinien erstellt. Diese wurden mit früheren Untersuchungen der VAW verglichen, wobei die Steine aus den Ausbaggerungen deutlich grösser sind. Die VAW Versuche erfolgten ohne Feinmaterial, so dass dieses in den Kornverteilungen für die Versuche fehlt. Prinzipiell passt die VAW Kornverteilung "Natur" sehr gut zu den Kornverteilungen vom Oberwasserkanal (Bild 3).



Bild 1: Lage der Untersuchungsorte der Korngrössenverteilung der Flusssohle in der Nähe der Insel Beznau

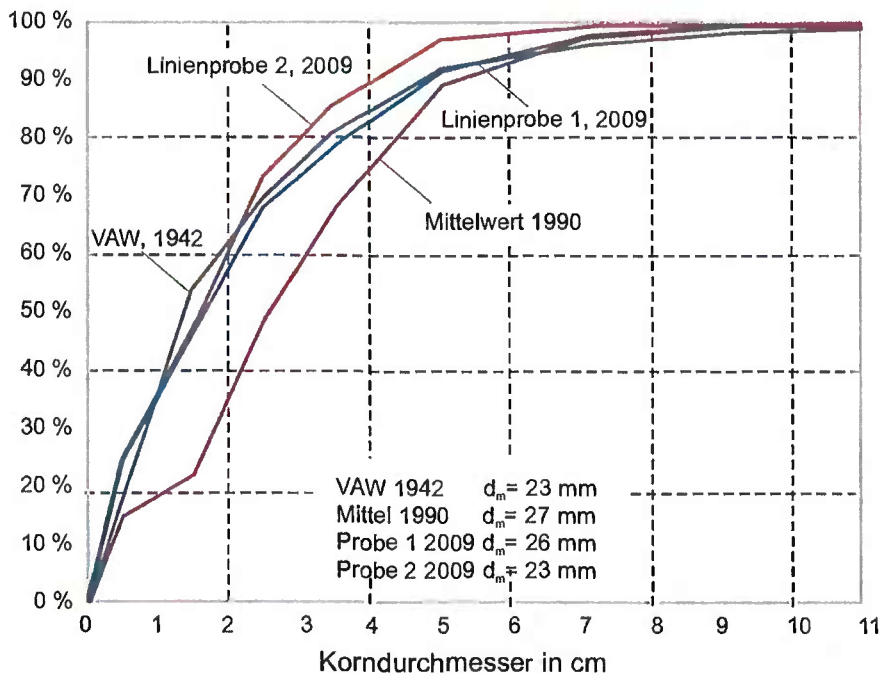


Bild 2: Vergleich der Kornverteilungen aus dem Oberwasserkanal [5]

Das Dokument unterliegt nicht dem Änderungsdienst.

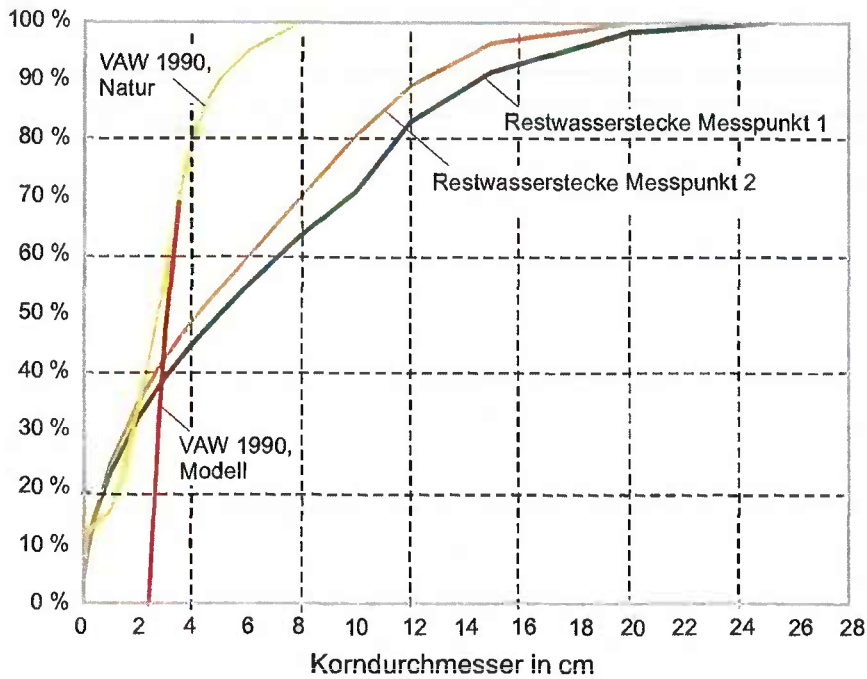


Bild 3: Vergleich der Kornverteilungen aus dem Restwasserbereich [4]

In Tabelle 1 werden alle bekannten Kornverteilungen in Form von Mittelwerten zusammengefasst. Die Wahl eines mittleren Korndurchmessers von 18 mm unterschreitet alle Beobachtungen, sie entspricht einem unteren Fraktilwert. Wenn die Wahl eines kleinsten charakteristischen Kornes immer zu einem maximalen Geschiebe führt, dann ist die Wahl des mittleren Kornes von 18 mm abdeckend. Dies soll im nächsten Abschnitt diskutiert werden.

Tabelle 1: Zusammenfassung der mittleren Korndurchmesser basierend auf den verschiedenen Quellen (OW – Oberwasserkanal, RM – Restwasser)

Messung bzw. Quelle	d_m
Schälchli & Abegg [3]	18 mm
OW-Kanal 1942 [5]	23 mm
OW-Kanal 1990	26.7 mm
OW-Kanal 2009, 1 [5]	26 mm
OW-Kanal 2009, 2 [5]	23 mm
RW-VAW [4], Natur	27.0 mm
RW-VAW [4], Modell	34.0 mm
RM-Messpunkt 1 [4]	64.2 mm
RM-Messpunkt 2 [4]	54.3 mm
Mittelwert	32.9 mm

3 Korngrößenwahl

Wie bereits erwähnt, erfolgen die Rechnungen von Trösch-Consult mit einer charakteristischen Korngrösse. Dabei wurde festgestellt, dass bei grösseren Korngrössen geringe Geschiebetransporte und damit geringe Wasserstände auf dem Areal ermittelt werden.

Dieses Ergebnis der numerischen Simulation entspricht auch Beobachtungen, z.B. von Günter [6]. Dort wurde festgestellt: "Besteht das Material einer überströmten Sohle aus einem Korngemisch unterschiedlicher Korngrößen und nimmt man an, dass die Sohle noch keiner hydraulischen Beanspruchung ausgesetzt war, ist zu beobachten, dass kleine Körner mehr transportiert werden als große." Dies entspricht dem Bewegungsbeginn nach Shields [10]. Auch die Entstehung sogenannter Deckschichten ist auf die grössere Mobilität kleinerer Fraktionen zurückzuführen [8]. Verschiedene Untersuchungen mittels charakteristischen Korngrösse und eines fraktionierten Transportes belegen das maximale Sedimentaufkommen bei Wahl eines kleinen mittleren Korndurchmessers (siehe Bild 4 und 5) [8], [10].

Das Dokument unterliegt nicht dem Änderungsdienst.

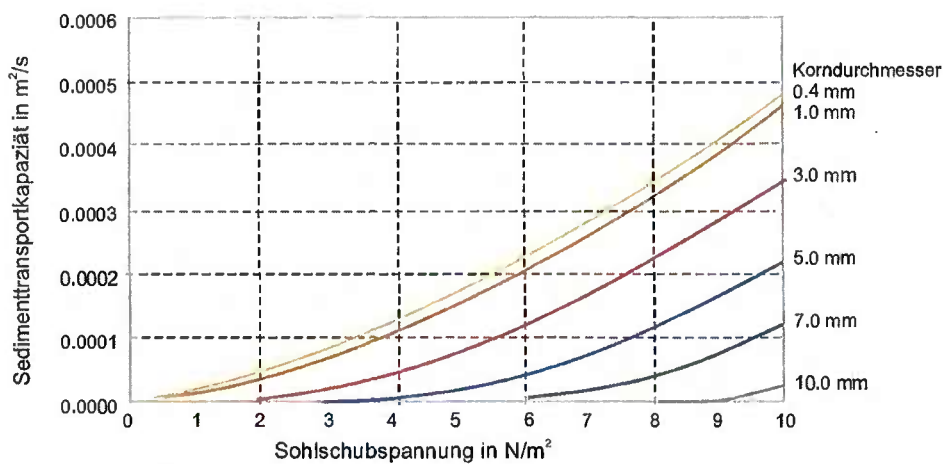


Bild 4: Geschiebetransportrate nach Meyer-Peter und Müller in Abhängigkeit von der Sohl Schubspannung für unterschiedliche Korndurchmesser [10]

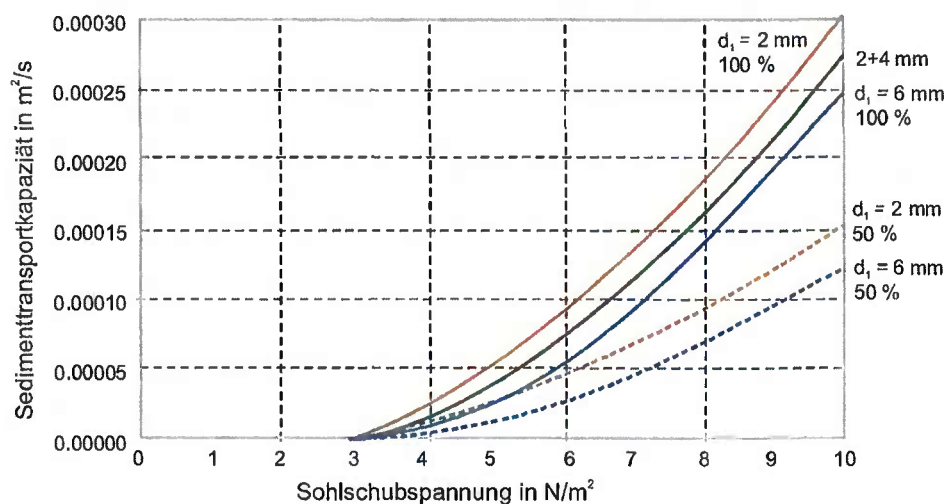


Bild 5: Geschiebetransportrate nach Ashida & Michiue in Abhängigkeit von der effektiven Sohl Schubspannung für ein Korngemisch aus zwei Fraktionen von 2 und 6 mm grossen Körnern [8]. Orange und Blau gestrichelt sind die Transportraten der Einzelfraktionen, grün ist die Gesamttransportkapazität beider. Orange und Blau durchgezogen beziehen sich auf nur eine Korngrösse.

Bei Verwendung nur einer Korngrösse können folgende Effekte nicht abgebildet werden [10]:

- Unterschiedliche Mobilität bei unterschiedlichen Korngrössen,
- Keine Abbildung von Entmischungsvorgängen,
- Modellierung einer Deckschicht nicht möglich,
- Schlechte Vorhersage des Geschiebetriebbeginns (Theorie von Shields vs. Theorie von Egiazaroff)

Erfahrungen aus der Modellierung von Geschiebevorgängen im alpinen Raum legen jedoch nahe, dass diese methodischen Unterschiede verschiedener Verfahren viel grösser sind als die aufgelisteten Effekte. Bei einem Vergleich verschiedener Geschiebeansätze (Rickenmann, Meyer-Peter & Müller bzw. Wong & Parker, Aguirre-Pe und Wilcock & Crowe) zur Nachrechnung von Geschiebeereignissen am Vogelbach lautete das Ergebnis: *"Alle verwendeten Ansätze geben den groben Verlauf des Geschiebetransports gut wieder, jedoch variieren sie über mehrere Grössenordnungen."* [7]

4 Zusammenfassung

In der vorliegenden TM werden noch einmal die wissenschaftlichen und empirischen Hintergründe für die Geschiebeberechnungen von Trösch-Consult für das KKB vorgestellt. Die vorliegenden Messwerte der Kornverteilungen und die theoretischen Überlegungen belegen aus unserer Sicht die konservativen Annahmen bei der Geschiebeberechnung, die sind:

1. Die verwendete charakteristische Korngrösse ist ein unterer Fraktilwert der beobachteten Korngrössen in der Flusssohle der Aare. Während in den Rechnungen von Trösch-Consult mit 18 mm gerechnet wurde, liegt der Mittelwert der Körnungen aller Beobachtungen in der Nähe von Beznau bei 32.9 mm.
2. Rechnungen mit unteren Fraktilwerten der Kornverteilung ergeben konservative Geschiebefrachten, wie z.B. für die Rechnungen mit Meyer-Peter & Müller gezeigt (Bild 4 und Bild 5).
3. Die Unterschiede der Ergebnisse bei den verschiedenen Ansätzen zur Geschiebeberechnung können erheblich sein. Deshalb wird eine numerisch sehr aufwendige sedimentologisch-hydraulische 2D-Überflutungsrechnung mit Korngrössenverteilungen keine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit bedeuten.

Die Beachtung der Kornverteilung in der sedimentologisch-hydraulischen 2D-Überflutungsberechnung bringt aus unserer Sicht keinen Wissensgewinn. Vielmehr wird durch die grossen numerischen Bemühungen der Eindruck erwecket, dass die Genauigkeit der Rechnungen zugenommen hat. Aus unserer Sicht ist der Ansatz, ein charakteristisches Einkornmodell zu verwenden, robuster und konservativ abdeckend.

5 Referenzen

- [1] ENSI, Konkretisierung der Anforderungen an eine Berücksichtigung von Geschiebe- und Schwebstofftransport bei Überflutungsberechnungen, 26. März 2013, Ihr Zeichen: [REDACTED] – 10KEX.APFUKU2, 14/13/018
- [2] Trösch-Consult: Überflutung Beznau, Ermittlung der maximalen Überflutungshöhe der Beznau-Insel unter Berücksichtigung von Geschiebetransport, Bericht TKC1712, Juli 2012, Zürich
- [3] Schälchli & Abegg: Reaktivierung des Geschiebehaushalts der Aare zwischen der Emme und dem Rhein. Im Auftrag der Kantone Solothurn, Bern und Aargau, 1996.
- [4] Email von [REDACTED] KKB/Geschiebeannahmen, mit Anlage, 9. April 2013
- [5] NEBE – Neues Hydraulisches Kraftwerk, H 13745, NOK
- [6] Günter, A.: Die kritische mittlere Sohlenschubspannung bei Geschiebemischungen unter Berücksichtigung der Deckschichtbildung und der turbulenzbedingten Sohlenschubspannungsschwankungen, Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie Nr. 3, E.T.H. Zürich, 1971
- [7] Agazzi, A.; Menberg, S.; Kaufmann, R. (2010): Untersuchungen zum Geschiebetransport im Vogelbach, Fach- und Computerlabor: Wasserbau, ETH Zürich
- [8] Malcherek, A.; Sedimenttransport und Morphodynamik, Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Institut für Wasserwesen, http://www.tideelbe.de/files/morphodynamik_malcherek_1.pdf, abgefragt 18.6.2013
- [9] M. Spreafi co, Ch. Lehmann, A. Jakob und A. Grasso (2005): Feststoffbeobachtung in der Schweiz: Ein Tätigkeitsgebiet der Landeshydrologie, Berichte des BWG, Serie Wasser, Nr. 8 – Bern
- [10] Sendzik, W. (2003): Fraktionierung von Geschiebetransportraten in morphodynamisch-numerischen Modellen, Universität Hannover, Institut für Strömungsmechanik und Elektronisches Rechnen im Bauwesen, Hamburg, Februar 2003

Das Dokument unterliegt nicht dem Änderungsdienst.