

Article, Published Version

Glazik, Günter

Hans Detlef Krey und die Berliner Versuchsanstalt für Wasser-, Erd- und Schiffbau – Marksteine des wasserbaulichen Modellversuchswesens sowie das heutigen Weiterwirken und die weitere Entwicklung der seinerzeitigen Ideen im Fluss- und Verkehrswasserbau

150 Jahre Elbstrombauverwaltung. Schriften der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft e.V.

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Deutsche Wasserhistorische Gesellschaft e.V.

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/109010>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Glazik, Günter (2016): Hans Detlef Krey und die Berliner Versuchsanstalt für Wasser-, Erd- und Schiffbau – Marksteine des wasserbaulichen Modellversuchswesens sowie das heutigen Weiterwirken und die weitere Entwicklung der seinerzeitigen Ideen im Fluss- und Verkehrswasserbau. In: 150 Jahre Elbstrombauverwaltung. Schriften der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft e.V. Band 26. Siegburg: Deutsche Wasserhistorische Gesellschaft e.V.. S. 51-64.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



150 Jahre Elbstrombauverwaltung

**Gemeinsam
forschen und gestalten**

herausgegeben im Auftrag der



von Christoph Ohlig

Siegburg 2016

Schriften der Deutschen Wasserhistorischen
Gesellschaft (DWhG) e. V.,

Band 26

Homepage der DWhG: <http://www.dwhg-ev.de>
<http://www.dwhg.org>

ISBN 978-3-86948-522-5

© PAPIERFLIEGERVERLAG GmbH, Clausthal-Zellerfeld
Telemannstr. 1, 38678 Clausthal-Zellerfeld
www.papierflieger.eu

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Wege (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar

1. Auflage, 2016

Inhaltsverzeichnis

Helmut Faist	Stromregelung der Elbe einst und jetzt – das 200jährige Ringen um Schifffahrtstiefen	1
Mathias Deutsch	Anmerkungen zu wasserwirtschaftlich/wasserbaulich relevanten Altunterlagen zur Elbe im Geschäftsbereich der ehemaligen Elbstrombauverwaltung	11
Daniel Schwandt und Gerd Hübner	Beiträge der Wasserstraßenverwaltung zur physikalisch-chemischen Wasseruntersuchung und Dokumentation von Wasserbeschaffenheitsdaten der Elbe im Gewässerkundlichen Jahrbuch	25
Petra Faulhaber	Beispiele für die wissenschaftliche Unterstützung der Elbstrombauverwaltung im Bereich des Flussbaus	47
Günter Glazik	Hans Detlef Krey und die Berliner Versuchsanstalt für Wasser-, Erd- und Schiffbau – Marksteine des wasserbaulichen Modellversuchswesens sowie das heutigen Weiterwirken und die weitere Entwicklung der seinerzeitigen Ideen im Fluss- und Verkehrswasserbau	51
Manfred Fuehrer	Das Schaffen von Dr.-Ing. Günter Glazik auf dem Gebiet des Wasserbaus	65
Petra Faulhaber	Wasserbauliche Modellversuche zum Geschiebetransport zur Unterstützung der Elbstrombauverwaltung und deren Nachfolgeeinrichtungen	73
Martin Helms und Jörg Uwe Belz	Rekonstruktion von Abflusskurven und täglichen Abflussreihen der deutschen Elbepegel im Zeitraum 1890-2006	107
Andreas Schmidt	Flussregelung und Hochwassergefahr – zur Aktualität historischer Betrachtungen	135

Jochen Rommel	Das Projekt zur Regulierung des Hochwasserbettes der Elbe von 1902 Entstehung – Dokumentation – Inhalte – Überlieferung – Umsetzungen – Nachnutzung – Bedeutung	157
Otto Puffahrt	Hydrologische Beobachtungen am niedersächsischen Elbeufer im ehemaligen Regierungsbezirk Lüneburg 1934 – 1942	177
Otto Puffahrt	Voruntersuchungen für geplante Deichneubauten im Tidebereich der Elbe Bullenhäuser-Rönne vor 1962	187
Guido Puhlmann	Zum Verhältnis Wasserstraße, Naturschutz und UNESCO-Biosphärenreservat	207
Andreas Anlauf	Ökologische Strukturentwicklung in der Elbe durch Bauwerksmodifikation	239
Karl-Heinz Jährling	Die Notwendigkeit ökologischer Gewässerentwicklung und der Vernetzung von Fluss und Aue – Projekte an und mit der Wasserstraße	251
Héctor Montenegro	Untersuchung des Wirkungszusammenhangs zwischen Abflussdynamik und Grundwasserströmung in Flussauen	299
Autorenverzeichnis		321

Hans Detlef Krey und die Berliner Versuchsanstalt für Wasser-, Erd- und Schiffbau – Marksteine des wasserbaulichen Modellversuchswesens sowie das heutigen Weiterwirken und die weitere Entwicklung der seinerzeitigen Ideen im Fluss- und Verkehrswasserbau

Günter Glazik¹

Es erscheint nicht möglich, in Berlin über die Gründung der IAHR² zu sprechen, ohne dabei die Entwicklung der Versuchsanstalt für Wasser-, Erd- und Schiffbau zu betrachten. Nach deren 1903 erfolgter Eröffnung wurde – nach zwischenzeitlichem mehrmaligem Wechsel der Leiter – 1910 Hans Detlef Krey in diese Funktion berufen, der bis zu seinem frühen Tode im Juli 1928 „die Versuchsanstalt wissenschaftlich überaus erfolgreich leitete“, wie es einer seiner engsten Mitarbeiter, der seinerzeitige Leiter der Wasserbauabteilung der Anstalt und spätere Professor an den Technischen Hochschulen Danzig und Braunschweig, Richard Winkel, formulierte (Winkel 1947, 1950). Sehr bald „hatte sich die Wasserbauabteilung aus kleinen Anfängen zu einer großen und geachteten Forschungsstätte entwickelt“ (Maaß 1938), von der in dem bekannten Sammelwerk „Die Wasserbaulaboratorien Europas“ Thierry und Mathschoß 1926 feststellen konnten, dass sie „von allen bestehenden Wasserbaulaboratorien ... der Zahl wie der Vielseitigkeit der bisher ausgeführten Versuchen nach ... obenan steht.“

Bild in Printversion verfügbar [Anmerkung der HENRY-Redaktion]

¹ Fachdirektor im VEB Versuchsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; DDR 1017 Berlin.

² International Association for Hydraulic Research, Arbeitsberatung anlässlich des 50. Jahrestages der IAHR, „Große Namen in der Hydraulik“ 1985.

Obwohl Krey bereits mehrere Jahre vor der Gründung der IAHR starb, ist sein Wirken davon nicht zu trennen. Die vorstehende Bewertung zeigt, welche Ausstrahlung gerade in jenen Jahren von der Berliner Versuchsanstalt ausging. Das erwähnte Sammelwerk, welches durch den amerikanischen Ingenieur J. R. Freeman angeregt worden war, dürfte die Gründung der Organisation mit vorbereiten geholfen haben, welche sich damals „Internationaler Verband für Wasserbauliches Versuchswesen“ (bzw. IAHR) nannte. Ihre erste Tagung fand im Oktober 1937 in der Berliner Versuchsanstalt statt, und in einem größeren Teil der dort behandelten Probleme finden wir – z. T. sogar direkt – Arbeitsrichtungen von Krey (IAHR 1938).

Sowohl in der Person von Krey als auch in der Entwicklung der Berliner Versuchsanstalt spiegeln sich die engen Wechselbeziehungen zwischen den Disziplinen des Wasserbaus sowie des Erd- und Grundbaues und im Falle des Verkehrswasserbaus auch der Schiffshydrmechanik wider. Krey war früher als Assistent bei dem bekannten Statiker Müller-Breslau tätig gewesen und von daher auch mit der für die wissenschaftliche Weiterentwicklung des Ingenieurwesens grundlegenden Technischen Mechanik vertraut. Ferner hatte Müller-Breslau Erddruckversuche zur Stützung der Coulombschen Erddrucktheorie durchgeführt und 1906 sein Buch „Erddruck auf Stützmauern“ herausgebracht. Durch diese Arbeiten, die seinerzeit die Entwicklung der Erddrucktheorie erheblich beeinflussten, war Krey ebenfalls stark an der Erddruckproblematik interessiert. Aus dem in der Geschäftsordnung der Versuchsanstalt beim Wasserbau aufgeführten Aufgabengebiet des Erddruckes entwickelte sich allmählich eine eigene Erdbauabteilung, und nach dem Vorstehenden ist es nicht überraschend, dass sich Krey diesen Aufgaben persönlich widmete. Ohde, der 1927 als junger Ingenieur in die neue Erdbauabteilung eintrat und sich zum überragenden Fachmann der Boden- und Grundbaumechanik entwickelte (Rudert und Martin 1980), schrieb dazu in Maaß (1938): „Das Herauskommen der beiden grundlegenden Werke von Terzaghi: ‚Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage‘ (Leipzig und Wien 1925) und Krey: ‚Erddruck, Erdwiderstand und Tragfähigkeit des Baugrundes‘ (3. Aufl., Berlin 1926) bedeuteten Marksteine in der Entwicklung der Erdmechanik.“

Obwohl auch heute noch in einigen Instituten sowohl der Grund- als auch der Wasserbau behandelt werden, geschieht dies in der Form der Spezialisierung der Fachgebiete in getrennten Struktureinheiten. Es gibt in den heutigen wasserbaulichen Modellversuchsanstalten keinen Fachmann mehr, der so wie Krey außerdem noch die Boden- und Baugrundmechanik beherrscht. In der Abteilung Grundbau der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau wurde nach 1945 die Arbeit der Erdbauabteilung der frühen Versuchsanstalt fortgesetzt. Die Leitung der Abteilung hatte bis zu seinem frü-

hen Tode im Jahre 1953 Ohde inne. Es erschienen verschiedene einschlägige Publikationen (Ohde 1953), u.a. in den „Mitteilungen“ der Forschungsanstalt, siehe z. B. Rudert und Martin (1980). Im vorliegenden Beitrag wird – wie bereits in der Überschrift zum Ausdruck gebracht – nur auf das Arbeitsgebiet von Krey eingegangen, welches insbesondere mit dem hydraulischen Modellversuchswesen sowie der IAHR verbunden ist und welches heute in der Forschungsanstalt in deren Versuchsanstalten bzw. hydrotechnischen Versuchsfeldern in Berlin-Karlshorst und Potsdam-Marquardt bearbeitet wird. In Anerkennung seiner bahnbrechenden Tätigkeit auf dem Gebiete des wasserbaulichen Versuchswesens verlieh die Technische Hochschule Dresden Krey den Titel eines Dr.-Ing. ehrenhalber. Unter gleichzeitiger Erteilung eines Lehrauftrages wurde er zum Honorarprofessor der Fakultät für Bauwesen der Technischen Hochschule in Berlin-Charlottenburg ernannt. Die Preußische Akademie des Bauwesens ehrte ihn durch die Verleihung der Plakette und später durch seine Berufung als ordentliches Mitglied der Akademie. Eine Ehrung für seine Verdienste um das wasserbauliche Versuchswesen wurde ihm noch nach seinem Tode zuteil, indem J. R. Freeman die Mittel für eine bronzene Gedenktafel mit dem Bilde Kreys stiftete, die in der Versuchsanstalt aufgestellt wurde (Maaß 1938).

Die als Anlage beigefügte Zusammenstellung der von Krey während seiner Tätigkeit als Leiter der Versuchsanstalt für Wasser-, Erd- und Schiffbau „über das wasserbauliche Versuchswesen und über weitere wissenschaftlichen Fragen geschriebene Aufsätze“ (Maaß 1938), in denen „er seine grundlegenden Forschungsergebnisse bekanntgegeben hat“ (Winkel 1950), veranschaulicht das breite Spektrum der von ihm allein auf diesem Teilgebiet wissenschaftlich bearbeiteten Probleme des Fluss- und Verkehrswasserbaues. Sie wurden abgeleitet aus seinerzeit aktuellen Bauaufgaben wie dem Ausbau von Flüssen unter Berücksichtigung sowohl einer ordnungsgemäßen Abführung des Wassers (Vorflut) als auch des Sedimenttransportes.

Die Arbeiten von Krey zeichnen sich dadurch aus, dass sie praktisch verwertbare wissenschaftliche Grundlagen und Rechnungsansätze liefern (Winkel 1947). In den meisten Fällen wurden erstmalig tragfähige, d. h. sowohl theoretisch als auch praktisch befriedigende Konzeptionen geschaffen, die im Wesentlichen noch heute in kaum veränderter Form angewendet werden oder aber den Ausgangspunkt für die Entwicklung präzisierter Berechnungsmethoden bildeten (z. B. deren weitere Ausgestaltung durch Einführung neuer und größerer Kollektive von Messwerten). Auch darin bestätigte sich – quasi noch nachträglich – die Feststellung von R. Winkel (1950), der schreibt, dass er „als sein Mitarbeiter oft Gelegenheit hatte, ihn als Meister des klar durchdachten Berechnungsansatzes, auf den sich planmäßig die Forschungen aufbauen ließen, kennenzulernen“. Selbstredend basieren viele

der Ansätze von Krey auf Modellversuchsergebnissen, teilweise überprüft durch Naturmessungen, aber auch auf eingehenden Beobachtungen der untersuchten Erscheinungen und ihrer verschiedenen Zusammenhänge.

An dieser Stelle soll an einen weiteren langjährigen Mitarbeiter Kreys erinnert werden: O. Zschiesche begann als junger Ingenieur 1907 in der Versuchsanstalt und war dann über 50 Jahre auf dem Gebiet des hydraulischen Modellversuchswesens tätig. Auf Grund seiner Fähigkeiten und Leistungen setzte ihn Krey 1918 als Betriebsleiter der Wasserbauabteilung ein. Zschiesche war aktiv an der Vorbereitung und Durchführung der ersten Tagung der IAHR 1937 in Berlin beteiligt. In Publikationen aus der Versuchsanstalt werden seine Leistungen bei der Entwicklung des hydraulischen Versuchswesens und der Versuchstechnik gewürdigt. Als im Jahre 1945 an Stelle der früheren „Versuchsanstalt für Wasser-, Erd- und Schiffbau“ die damalige „Forschungsanstalt für Schifffahrt, Gewässer- und Bodenkunde“ (jetzt VEB Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau, abgekürzt FAS) gebildet wurde, setzte er seine ganze Kraft für die Beseitigung der Kriegszerstörungen an den vorhandenen Versuchsanlagen ein. Er war damals Leiter der Wasserbauabteilung der Forschungsanstalt, zu der auch die Versuchsanstalten in Berlin-Karlshorst und Potsdam gehörten, und damit in bestimmter Hinsicht Nachfolger von Krey und Winkel. 1951 wurde Zschiesche zum Direktor der Forschungsanstalt berufen, und er trat im Mai 1959 nach 52 jährigem erfolgreichen Schaffen als Experte und Wissenschaftler im wasserbaulichen Versuchswesen in den Ruhestand.

Die Leitung der Wasserbauabteilung bzw. Versuchsanstalten übernahmen ab 1952 Blau und ab 1973 der Autor dieses Beitrages, welche die Möglichkeit hatten, aus den umfangreichen Erfahrungen von Zschiesche zu lernen und Anregungen zu entnehmen. Zur Arbeitsweise von Krey schrieb Zschiesche, dieser habe „von seinen Mitarbeitern verlangt, dass bei allen Versuchen soweit wie möglich bereits theoretisch die Probleme der Natur und der Modelle zu klären waren, damit sie bei den Beobachtungen am Modell mit offenen Augen alle Erscheinungen richtig deuten und in die Natur übertragen können. Er, der – wie seine vielen Veröffentlichungen beweisen – selbst viel gerechnet und Theorien entwickelt hat, hat aber auch schriftlich niedergelegt: „Die Theorie, auch die schärfste und feinste, hat nur dann Wert, wenn man sie praktisch verdaut“ (Zschiesche 1956).

Die einschlägigen Arbeiten und Veröffentlichungen von Krey lassen sich etwa in folgenden Themenkreisen zusammenfassen:

1. Wechselbeziehungen zwischen Schiff und Wasserstraße bzw. Kanal einschl. Schraubenstrahl;
2. Hydromechanische Vorgänge bei der Schiffschleusung;

3. Abfluss in offenen Gerinnen unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in natürlichen Wasserläufen;
4. Sedimentbewegung in Flussläufen.

Nachfolgend wird anhand einiger Beispiele betrachtet, wie die seinerzeit von Krey vorgelegten Ergebnisse heute weiter zum aktuellen Bestand der Hydraulik zählen und auch welche Weiterentwicklung sie erfahren haben, wobei insbesondere auf einschlägige Arbeiten des VEB FAS hingewiesen wird.

Zu 1.:

Für die im begrenzten Fahrwasser auftretenden Wasserspiegelabsenkungen und Rückstromgeschwindigkeiten gab Krey 1913 ausgehend von der Bernoulli'schen Gleichung Berechnungsansätze an. Messungen in der Natur ergaben deren praktische Brauchbarkeit, was auch heute noch ihre Anwendung, zumindest für Überschlagsberechnungen, rechtfertigt. Weiterführende Modifikationen erfolgten durch Kreitner (1934), Schijf (1949) und Schijf/Schönfeld (1953). Insbesondere die Problematik der Sicherung der Ufer gegenüber dem Schifffahrtsbetrieb hat in neuerer Zeit in vielen Ländern zu einer verstärkten theoretischen und experimentellen Bearbeitung dieser Fragen geführt; es wird auf die ausführlichen Behandlungen auf den letzten Internationalen Schifffahrtskongressen (PIANC) 1977 und 1981 verwiesen. Bei neueren Arbeiten wird gegenüber dem Ansatz von Krey, welcher von Mittelwerten des Kanalquerschnitts ausging, insbesondere die ungleichmäßige Verteilung über den Querschnitt berücksichtigt, was vor allem durch deren Erfassung durch umfangreiche Modell- und Naturmessungen ermöglicht wurde. In jüngster Zeit werden Geschwindigkeitsfelder mittels mathematischer hydromechanischer Modelle auf EDVA berechnet, was jedoch noch nicht zum Standard der wasserbaulichen Entwurfspraxis gehört.

Die z. B. auf den genannten PIANC-Kongressen erörterten Fragen schließen die des Schraubenstrahls mit ein. Diesbezügliche Untersuchungen wurden an der alten Wirkungsstätte von Krey, der jetzigen VWS in Berlin (West), von Oebius durchgeführt. In der FAS wurde seit Jahren ein umfangreiches Forschungsprogramm über die Wechselwirkungen zwischen Schiff und Kanal einschl. des Propellerstrahls auf der Grundlage großmaßstäblicher Modellversuche bearbeitet, wobei auf den genannten Ansätzen von Krey und seinen damaligen Modellversuchen (unter Mitarbeit von Zschesche) aufgebaut wurde. Der dabei heute erreichte Stand ermöglicht praxisnahe Berechnungen der Verdrängungs- bzw. Rückströmung, der Wasserspiegelveränderungen, des Schiffswiderstandes, der Auswirkungen des Propellerstrahls sowie der Ufer- bzw. Sohlenbefestigungen. Über die einschlägigen Arbeiten wurde u. a. ebenfalls auf den o.g. PIANC-Kongressen berichtet (Fuehrer und Römisch 1977, Fuehrer et al. 1981).

Zu 2.:

Zur Lösung der mit dem Bau von Großschleusen verbundenen hydromechanischen Probleme, insbesondere bezüglich der vom einströmenden Wasser auf das Schiff ausgeübten Kräfte, wurden von Krey zusammen mit seinem damaligen Mitarbeiter Blasius auf der Grundlage von Modellversuchen und analytischen Ermittlungen theoretische Grundlagen entwickelt, die sich in der Folgezeit als überaus fruchtbar erwiesen. Sie wurden durch die anschließenden Arbeiten von Winkel vertieft und ergänzt (Winkel 1947).

In einer 1925 veröffentlichten Arbeit hat Krey auf die Möglichkeit hingewiesen, Schleusen so lang zu bauen, dass sie während der Zeit des Füllens und Leerens durchfahren werden können. Für eine solche Anlage ist später die Bezeichnung Nonstop-Schleuse geprägt worden. Ihr Prinzip ist bis heute nur ein einziges Mal in die Wirklichkeit umgesetzt worden, und zwar an einer 1942/44 am Falsterbo-Kanal in Schweden erbauten Schleuse, die bei einer Fallhöhe von 1,0 m eine Länge von 1000 m aufweist. Im Jahre 1955 untersuchte der Mitarbeiter der FAS Nakel im Rahmen einer Dissertation an der Hochschule für Verkehrswesen Dresden die Anwendbarkeit von Nonstop-Schleusen. In neuester Zeit wurde vom VEB FAS bei Modellversuchen für die Verbesserung der Abfluss- und Schifffahrtsverhältnisse auf dem Elbe-Abschnitt im Raum Magdeburg ebenfalls eine Nonstop-Schleuse in die Überlegungen einbezogen.

Zu 3.:

Die Problematik einer Abfluss- oder Geschwindigkeitsformel für offene Gerinne und insbesondere natürliche Flussläufe ist heute noch so umstritten bzw. vielschichtig, dass hier mit wenigen Sätzen kein einigermaßen fundierter Überblick vermittelt werden kann. Gerade in neuerer Zeit sind von einigen Fachleuten für solche Formeln recht entschieden Forderungen nach hydromechanischer Exaktheit erhoben worden, welche den älteren, häufig empirisch entstandenen tatsächlich (oder teilweise wohl auch nur vermeintlich) fehlt. Unabhängig von der prinzipiellen Anerkennung bestimmter diesbezüglicher Kritiken und auch eigener einschlägiger Studien war in der FAS seit ihrer Existenz die Berechnung nach den von Krey angegebenen Grundlagen (einschl. der Anwendung von früher her übernommener Graphiken) üblich. Nach Ansicht des Verfassers bietet die „allgemeine Abflussformel“ in der Formulierung von Krey bei richtiger Interpretation auch heute noch eine befriedigende Grundlage für die formelmäßige Darstellung des Durchflussvorganges. In der praktischen Arbeit der FAS konnten auf dieser Basis brauchbare Lösungen für konkrete Aufgaben bzw. Bauvorhaben geschaffen werden. Einen Überblick über diese Problematik hat der Autor in Glazik (1981) gegeben.

Zu 4.:

Krey hat sich zeitweise intensiv mit der Schwemmstoffbewegung befasst. Da jedoch noch keine ausreichenden Berechnungsansätze vorlagen, andererseits aber für konkrete Vorhaben Aussagen zu treffen waren (z. B. über das Absetzen in Speicherbecken), hat Blau in der FAS die Krey'schen Versuche fortgesetzt. Bei der turbulenten Strömung treten Querströmungskomponenten auf, die Sinkstoffe in Schwebelage halten können. Um die Zusammenhänge weiter aufzuklären, hat Blau Fallversuche in ruhendem und entgegengeströmendem Wasser sowie Untersuchungen über die Schwebstoffverteilung in einer Gerinneströmung durchgeführt. Der Vergleich mit Ergebnissen von Krey, Zschiesche und weiteren Forschern zeigte z. T. Abweichungen (Blau 1960). Auch heute ist man für die Bearbeitung ingenieurpraktischer Aufgaben im Wesentlichen noch auf die Auswertung örtlicher Messungen angewiesen. Großen Einfluss haben insbesondere die unterschiedlichen Beschaffenheiten der Schwebstoffe.

Eine besondere Stellung unter den Krey'schen Veröffentlichungen nimmt diejenige über Modellversuche für einen Fluss mit starker Geschiebebewegung (Elbe, km 342 bis 346) ein. Diese Versuche wurden in den Jahren 1918 bis 1921 durchgeführt, und es lag von Krey eine von ihm selbst als zur Veröffentlichung fertig bezeichnete Niederschrift vor (Thierry und Matschoss 1926) – ein Vorhaben, das sich jedoch durch die Zeitläufte erheblich verzögerte. In Würdigung des Wertes der Krey'schen Arbeit und zur Ehrung ihres Mitgliedes hat sich dann die Preußische Akademie des Bauwesens – noch nach seinem Tode – 1935 zur Publikation der Niederschrift entschlossen. Dabei wurde eine Bearbeitung für erforderlich gehalten, mit welcher B. Körner beauftragt wurde, der Ende der zwanziger Jahre die Leitung der Wasserbauabteilung der Versuchsanstalt übernommen hatte. Bei der Bearbeitung wurde insbesondere in Form von Anmerkungen auf zwischenzeitlich gewonnene neue Erkenntnisse hingewiesen. Zur Charakterisierung werden nachfolgend einige Sätze aus dem Vorwort des Bearbeiters zitiert: „Niemals vorher ist ein Modellversuch gleich sorgfältig vorbereitet und durchgeführt worden wie diese große Arbeit. Das zeigt allein der Zeitaufwand von 4 Jahren, ... eine Zeit, in der die Wasserbauabteilung ... fast ausschließlich mit dieser einen Aufgabe beschäftigt war. In der Vorbereitung und Durchführung liegt jedoch nicht der eigentlich bleibende Wert der Versuche; viel wichtiger ist die gedankliche Durchdringung des schwierigen Stoffes... zur Zeit der Versuchsdurchführung war der Geschiebe-Modellversuch ein noch neues, viel umstrittenes Problem, das nur gemeistert werden konnte, wenn der Versuchsleiter neben großer praktischer Erfahrung über ein tiefes theoretisches Wissen und ein feines Einfühlungsvermögen in die natürlichen Vorgänge an unseren Flüssen und Strömen gebot; Eigenschaften, die sich nur selten in einer Person vereinigt finden. Auch durfte schließlich die gerade im Ver-

suchswesen unbedingt erforderliche Selbstkritik nicht fehlen. Diese Eigenschaften, die Krey in hohem Maße auszeichneten, haben es ihm ermöglicht, durch seine grundsätzlichen Ausführungen des Wasserbauversuchswesens weit vorausschauend richtunggebend zu beeinflussen.“ (Krey und Körner 1935).

Bereits in den ersten Jahren der Versuchsanstalt waren einige Flussmodellversuche mit beweglicher Sohle für Strecken der Weser, der Elbe und der Weichsel durchgeführt worden, ähnlich denen von H. Engels, dem „Vater des wasserbaulichen Modellversuchswesens“, in Dresden. Die Versuche hatten teilweise tastenden und meist qualitativen Charakter. Die Berliner Versuchsanstalt hat auf dem Gebiet der flussbaulichen Modellversuche Pionierarbeit geleistet. In den dreißiger Jahren wurden unter der Leitung von Seifert, dem Nachfolger von Krey, weitere großmaßstäbliche Modellversuche mit beweglicher Sohle durchgeführt. Krey hat sich wohl erstmalig bemüht, einige Grenzbedingungen der Geschiebebewegung formelmäßig zu erfassen und mit deren Anwendung sowohl auf die Natur als auch oft auf das Modell gewisse Ähnlichkeitskriterien anzugeben (Winkel 1947, Thierry und Matschoss 1926). Über weitere Ergebnisse berichtete Seifert auf der 1. Tagung der IAHR (Seifert 1938); vor allem sind sie jedoch in den 1942 erschienenen Publikationen von Seifert und Liebs dargestellt (Seifert 1942, Liebs 1942).

Von der FAS wurde die Tradition des flussbaulichen Modellversuchs mit beweglicher Sohle fortgesetzt. In der Versuchsanstalt in Potsdam-Marquardt war noch das Modell der Elbe-Strecke bei Schönebeck vorhanden, an dem seinerzeit Liebs Untersuchungen durchgeführt hatte und welches wieder betriebsfähig gemacht wurde (Zschesche 1954). Der Verfasser hatte selbst noch Gelegenheit, an diesem Modell erste Erfahrungen zu sammeln. Im VEB FAS werden Flussmodellversuche mit beweglicher Sohle noch heute nach denselben Grundsätzen durchgeführt, womit für zahlreiche praktische Fälle gute und nützliche Ergebnisse erzielt wurden (Blau 1963).

In neuester Zeit sind auch bei flussbaulichen Untersuchungen neben die physikalisch-hydraulischen Modelle die mathematischen (oder numerischen) Modelle getreten. Der prinzipielle Unterschied zwischen beiden Verfahren besteht darin, dass ein mathematisches Modell die Formulierung der Gleichungen erfordert, welche die Bewegungsvorgänge beschreiben – für Flüsse in alluvialen umbildungsfähigen Betten sowohl die des Wassers als auch des Sediments. Beide Verfahren haben bestimmte Vor- und Nachteile. Auf Einzelheiten kann in diesem Rahmen nicht eingegangen werden. In der FAS wurden Grundlagen und Programme für die mathematische Modellierung von Flussbettprozessen erarbeitet. Dabei wirkten sich methodisch günstig die Vergleichsmöglichkeiten mit den zahlreichen vorliegenden Ergebnissen

von hydraulischen Flussmodellen mit beweglicher Sohle aus. Eine Übersicht über diese Arbeiten wurde in Eckert et al. (1981) vermittelt.

Die in der Publikation von 1935 beschriebenen Flussmodellversuche aus den Jahren 1918 bis 1921 dürften die ersten groß angelegten und systematischen Versuche dieser Art sein. Es dürfte auch nicht ungerechtfertigt sein, sie bezüglich ihrer historischen Bedeutung für das wasserbauliche Modellversuchswesen zusammen mit den von H. Engels Anfang der dreißiger Jahre in der Versuchsanstalt Oberrach durchgeführten Großmodellversuchen für geschiebeführende gewundene Wasserläufe, insbesondere den berühmten Versuchen für den Hwangho („Gelber Fluss“) in China, zu nennen. Beide Pioniere des wasserbaulichen Modellversuchswesens hatten sich bereits 1916 in einer gemeinsamen Veröffentlichung über den Wert von Modellversuchen geäußert.

Gegenüber den flussbaulichen Modellversuchen von Engels und Krey sind heute im In- und im Ausland im Ergebnis umfangreicher Bemühungen theoretisch weitgehendere, fundierte Ähnlichkeitskriterien formuliert worden. Eine geschlossene, sowohl wissenschaftlich befriedigende als auch praktisch handhabbare Theorie der Modelle mit beweglicher Sohle existiert jedoch bis heute nicht und ist auch in absehbarer Zeit nicht zu erwarten. Bei Flussmodellversuchen mit beweglicher Sohle wird man sich auch zukünftig mehr als bei manchen anderen hydraulischen Versuchen mit einer möglichst guten bzw. weitgehenden „angenäherten hydraulischen Ähnlichkeit“ zufrieden geben müssen – ein Begriff, den übrigens bereits Engels und Krey zu ihrer Zeit verwendeten (Thierry und Matschoss 1926). Man stellt heute manchmal etwas resigniert fest, dass in einschlägigen Publikationen die Autoren scharfsinnig abgeleitete Ähnlichkeitsbedingungen darstellen, bei der Umsetzung in die Praxis des Modellversuchs jedoch davon oft recht weit abweichen, weil die Einhaltung der Bedingungen aus den verschiedensten Gründen nicht möglich ist (z. B. wegen mangelnder Flächen, Wassermengen, Geschiebmaterialien u. v. a.). In einer der neuesten einschlägigen Publikationen (Dorer 1984), in der erklärtermaßen „versucht wird, das gesamte Ähnlichkeitsproblem bei flussbaulichen Modellen ... mit fester und beweglicher Sohle in einen gemeinsamen physikalischen Rahmen zu stellen“, führt der Autor abschließend aus, dass aufgezeigt wurde, „dass Maßstabsrechnungen vor allem bei Modellen mit beweglicher Sohle nur „Orientierungsrechnungen“ sein können. Bei der Festlegung der Maßstabszahlen muss der Versuchsingenieur verschiedene Einflüsse mit berücksichtigen (z. B. Einfluss der Bettformen auf die Modellrauhigkeit, Einfluss verschiedener Kornformen, die in den Maßstabgleichungen nicht enthalten sind). Diese „Freiheiten“ in der Maßstabwahl sollten jedoch nicht dazu führen, dass die Maßstabsüberlegungen zu weit außerhalb des physikalischen Rahmens durchgeführt werden.“ Hier

wird andererseits auch deutlich, dass die Erwartungen an subtile theoretische Ableitungen nicht zu hoch und vor allem nicht zu ausschließlich sein sollten. In einem Beitrag zu dem im September 1984 durchgeführten IAHR-Symposium über Maßstabeffekte (Glazik 1984) hat der Verfasser versucht, einen Einblick in diese Problematik anhand einiger Erfahrungen des VEB FAS zu geben, wobei er ebenfalls an die Arbeiten von Krey anknüpfte. In diesem Zusammenhang wurde u. a. ausgeführt, dass „vergleichsweise manche einschlägigen Veröffentlichungen neueren Datums ... kaum wesentlichen Erkenntniszuwachs bringen“ und dass es „für jeden Versuchingenieur ein echter Gewinn ist, wenn er von Zeit zu Zeit Gelegenheit hat, diese älteren Publikationen, z. B. Thierry und Matschloss (1926) und IAHR (1938), zu studieren“.

In diesem Sinne soll der Beitrag mit der Wiedergabe einer Feststellung von Engels (1926, S. 43) abschließen: „Insbesondere der Flussbau-Ingenieur soll bei seinen baulichen Maßnahmen Naturkräfte so leiten und bis zu einem gewissen Grade beherrschen, dass der Zweck dieser Maßnahmen in möglichst wirtschaftlicher Weise und möglichst vollkommen erreicht wird. Dazu bedarf es aber in erster Linie der Kenntnis der Naturvorgänge selbst, einer Kenntnis, die nur durch Beobachtungen erlangt werden kann. Und Theorie in ihrer wahren Bedeutung ist nichts anderes als die unbefangene und methodische Untersuchung, die von genauen Beobachtungen ausgeht... In der Hand des tüchtigen Theoretikers und zugleich erfahrenen Ingenieurs sind Modellversuche von unschätzbarem Wert für die Wissenschaft und Praxis.“

Dies gilt nicht nur für den Flussbau, sondern für sämtliche Bereiche des hydraulischen Modellversuchswesens. Der Erfahrungsaustausch der Fachleute der verschiedenen Disziplinen in der IAHR, deren erstes Ehrenmitglied Engels war, hat die Erreichung dieser Ziele in hervorragender Weise gefördert und wird dem auch zukünftig verpflichtet sein.

Literatur

Blau, E. 1960, *Fortsetzung der Krey'schen Versuche zur Erforschung der Schwemmstoffbewegung im Flussbau*, Hydraulische Konferenz, Budapest 1960, Fragengruppe 1.2.

Blau, E. 1963, Die Entwicklung und der gegenwärtige Stand der Versuchstechnik bei Flussbauversuchen mit beweglicher Sohle (Vortrag anlässlich der 50-Jahr-Feier des Hubert-Engels-Flussbaulaboratoriums), *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden*, 12. Jg., Heft 6.

Dorer, H. 1984, Ähnlichkeit bei flussbaulichen Modellen, *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau* 54, Karlsruhe.

Eckert, P., Glazik, G. und Thielers, H. 1981, *Contribution to a determination of river bed variations by means of hydraulic and mathematical models for maintaining the navigation depth*, 25th International Navigation Congress, Edinburgh 1981, Section I-3.

Engels, H. 1926, *Geschichtliche Entwicklung, Wert von Modellversuchen*, in: Thierry und Matschoss 1926, 43, S. 41-54

Fuehrer, M. und Römisch, K. 1977, *Effects of modern ship traffic on inland- and ocean-waterways and their structures*, in: 24th International Navigation Congress, Leningrad 1977, Section I-3.

Fuehrer, M., Römisch, K. und Engelke, G. 1981, *Criteria for dimensioning the bottom and slope protections and for applying the new methods of protecting navigation canals*, 25th International Navigation Congress, Edinburgh 1981, Section I-1.

Glazik, G. 1981, *River hydraulics as fundamental subject in design of stable channels*, in: *Advances in sediment transport*. Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Wrocław.

Glazik, G. 1984, *Influence of river model distortion on hydraulic similarity of structures arranged at the channel*, Symposium on Scale Effects in Modelling Hydraulic Structures, Esslingen/BRD, September 1984, Paper 3.3.

IAHR 1938, *Bericht über die I. Tagung (Berlin 1937)*, Stockholm.

Kreitner, J. 1934, *Über den Schiffswiderstand auf beschränktem Wasser*, Werft, Reederei und Hafen, 15, 7.

Krey, H. D.; Körner, B. 1935, *Modellversuche für einen Fluss mit starker Geschiebebewegung ohne erkennbare Bankwanderung* (Bearbeitung der 1921 durch Krey erfolgten Niederschrift im Auftrage der Akademie des Bauwesens durch B. Körner), Berlin

Liebs, W. 1942, *Die Nachbildung von Flüssen mit beweglicher Sohle im Modell*, *Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasser- Erd- und Schiffbau* 43, Berlin.

Maaß, W. 1938, *Chronik der Preussischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin*, *Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau* 36.

Ohde, J. 1953, *Grundbau*, in: *Die Entwicklung der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Gewässer- und Bodenkunde seit dem Jahre 1945, ihre Aufgaben und Arbeiten*, *Veröffentlichungen der Forschungsanstalt* 1, Berlin.

Rudert, J. und Martin, H. 1980, „Einführungsvortrag zum Ehrenkolloquium für Prof. Johann Ohde anlässlich seines 25. Todestages“, *Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau*, Schriftenreihe Wasser- und Grundbau 42, Berlin.

Schijf, J. B. 1949, *Protection of Embankments and Bed in Inland and Maritime Waters, and in Overflow or Weirs*. XVII International Navigation Congress, Lisbon, Section I, pp. 61-78.

Schijf, J. B., J. C. Schönfeld 1953, *The motion of salt and fresh water*. Proceedings Minnesota International Hydraulics Convention, Joint Meeting of International Association for Hydraulic Research and Hydraulics Division of American Society of Civil Engineers, pp. 321-323.

Seifert, R. 1938, *Über Tiefenverzerrung und Gefälleverstärkung im wasserbaulichen Modellversuch*, in: IAHR 1938

Seifert, R. 1942, *Allgemeine Ähnlichkeitsbetrachtungen über Modelle geschiebeführender Flüsse nach praktischen Gesichtspunkten*, *Die Bautechnik* Jg. 1942, 327.

Thierry, G. de und Matschoss, C. (Hg.) 1926, *Die Wasserbaulaboratorien Europas*, Berlin.

Winkel, R. 1947, *Die Grundlagen der Flussreglung*², Berlin.

Winkel, R. 1950, *Angewandte Hydromechanik im Wasserbau*³, Berlin.

Zschesche, O. 1954, Ergebnisse von Flussmodellversuchen mit beweglicher Sohle für zwei Elbestrecken, *Veröffentlichungen der Forschungsanstalt 4*, Berlin.

Zschesche, O. 1956, Die Zweckmäßigkeit von Modellversuchen für seebauliche Massnahmen an Häfen, Seewasserstrassen und für den Küstenschutz, *Wasserwirtschaft-Wassertechnik*, 12, 383.

Zusammenstellung der Veröffentlichungen von H. D. Krey

I. Aus dem Gebiet des Wasserbaues und des Schiffahrtsbetriebs

1911 Modellversuche über den Schiffahrtsbetrieb auf Kanälen und die dabei auftretende Wechselwirkung zwischen Kanalschiff und Kanalquerschnitt, *Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens 107*; VDI, Berlin.

1913 Fahrt der Schiffe auf beschränktem Wasser, *Schiffbau Jg. XIV, Nr. 12 bis 17* sowie veränderter Sonderabdruck.

1913 Versuche über Reibungswiderstand zwischen strömendem Wasser und Bettsohle, *Zentralblatt der Bauverwaltung*, S. 122.

1914 Neuere Versuche für Schiffsschleusen, *Zentralblatt der Bauverwaltung*, S. 333, 337 u. 346

1914 Die Grundlagen der Wasserbewegung in unseren Flüssen, *Zeitschrift für Bauwesen*, S. 799.

1915 Die Form des Schraubenstrahls und seine Energieänderung, *Zeitschrift des VDI*, S. 597.

1916 Über den Wert von Modellversuchen, *Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau 3*, Wien (Gemeinsam mit H. Engels).

1919 Die Bewegung der Schwemmstoffe in unseren Flüssen, *Zentralblatt der Bauverwaltung*, S. 212 und 217.

1919 Berechnung des Staus infolge von Querschnittsverengungen, *Zentralblatt der Bauverwaltung*, S. 472.

1919 Grundlegende Abmessungen und Speisewasserbedarf neuer Hauptwasserstraßen, *Zentralblatt der Bauverwaltung*, S. 536.

1920 Die Wirkung von Ejektorenschützen, *Zentralblatt der Bauverwaltung*, S. 472.

1920 Eine neue Fischschleuse, *Zentralblatt der Bauverwaltung*, S. 641.

1921 Die rechnerische Behandlung der Schwemmstoffbewegung in unseren Flüssen, *Zentralblatt der Bauverwaltung*, S. 550.

1921 Die Wirkung der Schleusungen auf den Wasserstand und die Wasserbewegung in den Haltungen, *Zeitschrift des deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraftverbandes*, S. 77.

1921 Widerstand von Sandkörnern und Kugeln bei der Bewegung im Wasser als Grundlage der Schwemmstoffbewegung in unseren Flüssen, *Mitteilungen in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau 1*, Berlin.

1922 Die Grundlagen der allgemeinen Abflussformel, *Zentralblatt der Bauverwaltung*, S. 5.

- 1923 Der Widerstand von Einbauten in Flüssen und anderen offenen Gerinnen auf das strömende Wasser, *Die Bautechnik* 40 u. 41.
- 1923 Turbulente Bewegung des Wassers in offenen Gerinnen (Flechtströmung), *Zentralblatt der Bauverwaltung* 3 u. 4.
- 1923 Die Querschnittsformen neuer Hauptwasserstraßen, *Zentralblatt der Bauverwaltung*, S. 311.
- 1923 Einfluss von künstlichen Querschnittsverengungen auf die Sturmfluthöhe im Tidegebiet der Flüsse, *Zentralblatt der Bauverwaltung* 67 u. 68.
- 1925 Das wasserbauliche Versuchswesen und die wasserbaulichen Versuchsanstalten in Deutschland, *Die Bautechnik* 49.
- 1925 Grenzen der Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse und Modellähnlichkeiten bei praktischen Flussbauversuchen, *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik* 6.
- 1925 Freie Durchfahrt eines ganzen Schleppezuges durch eine Schleuse, *Der Bauingenieur* 7.
- 1926 Die Flutwelle in Flussmündungen und Meeresbuchten, *Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau* 3, Berlin.
- 1926 *Die Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin*, in: Die Wasserbaulaboratorien Europas, VDI-Verlag, Berlin (gemeinsam mit R. Winkel).
- 1927 Die Querschnittsgeschwindigkeit bei turbulenter Strömung, *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, S. 107.
- 1929 *The Experiment Institute for Hydraulic Engineering and Shipbuilding in Berlin*, American Society of Mechanical Engineers (gemeinsam mit R. Winkel).
- 1935 *Modellversuche für einen Fluss mit starker Geschiebebewegung ohne erkennbare Bankwanderung*, Berlin. (Bearbeitung der 1921 durch Krey erfolgten Niederschrift im Auftrage der Akademie des Bauwesens durch B. Körner)

II. Aus dem Gebiet des Erd- und Grundbaues

- 1912 Praktische Beispiele für Bewertung von Erddruck, Erdwiderstand und Tragfähigkeit des Baugrundes in größerer Tiefe, *Zeitschrift für Bauwesen*, S.95.
- 1918 *Erddruck, Erdwiderstand und Tragfähigkeit des Baugrundes*, Berlin.
- 1923 Betrachtungen über Größe und Richtung des Erddruckes, *Die Bautechnik*, S. 219 u. 279.
- 1924 Die Widerstandsfähigkeit des Untergrundes und der Einfluss der Kohäsion beim Erddruck und Erdwiderstand, *Die Bautechnik*, S.462.
- 1926 Gebrochene und gekrümmte Gleitflächen bei Aufgaben des Erddruckes, *Die Bautechnik* 19.
- 1927 Rutschgefährliche und fließende Bodenarten, *Die Bautechnik* 35.
- 1927 Bodensetzungserscheinungen bei Grundwasserabsenkungen, *Die Bautechnik* 42.

Das Foto ist eine Kopie aus Krey und Körner (1935).

