



## Arbeitsanleitung Teil C zu Merkblatt Nr. 2.4/1

Stand: Februar 2016

Ansprechpartner: Referat 85

# Durchführung von Abflussmessungen

Arbeitsanleitung Teil C: Ultraschall-Doppler-Messung  
und Magnetisch-Induktive Messung

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>2</b>
1.1	Durchführung und Auswertung	2
1.2	Pegelkontrolle	2
1.3	Messgeräte	2
<b>2</b>	<b>Messgeräte</b>	<b>2</b>
2.1	Ultraschall-Doppler-Messgeräte	2
2.2	Magnetisch-Induktive Messgeräte	3
<b>3</b>	<b>Allgemeine Hinweise und Empfehlungen</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Vorbereitung und Durchführung der Messung</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Auswertung der Messung</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>6</b>

## 1 Allgemeines

### 1.1 Durchführung und Auswertung

Für die Durchführung und Auswertung von Abflussmessungen ist die Pegelvorschrift (PV) Anlage D „Richtlinie für das Messen und Ermitteln von Abflüssen und Durchflüssen“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) maßgebend.

Die Abflussmessungen sind mit großer Sorgfalt durchzuführen. Dazu ist das eingesetzte Personal eingehend in seine Aufgaben einzuweisen und entsprechend aus- und fortzubilden.

### 1.2 Pegelkontrolle

Vor und nach jeder Messung ist eine Pegelkontrolle gemäß Punkt 1 der „Anweisung zum Betrieb der Pegelanlagen (Kurzfassung)“ zum Beobachtungsblatt (Vordruck LfU-85-12) vorzunehmen (Pegelvorschrift, Anlage D 1.4 (1)).

Jede Abflussmessung ist im Beobachtungsblatt zu vermerken (z. B. „Abflussmessung: Datum, Uhrzeit, Wasserstand“)

### 1.3 Messgeräte

Generell obliegt es dem Betreiber der Messstelle (Wasserwirtschaftsamt) die ordnungsgemäße Funktion der Messtechnik sicher zu stellen. Die Messgeräte sind schonend zu behandeln und zu pflegen. Die Genauigkeit der eingesetzten Geräte ist durch Kalibrierung (Eichung), Vergleichsmessungen, Prüfungen gemäß Herstellerempfehlungen und dergleichen zu gewährleisten.

## 2 Messgeräte

### 2.1 Ultraschall-Doppler-Messgeräte

In den vergangenen Jahren haben sich mehr und mehr alternative Messmethoden zur Durchführung von Abflussmessungen durchgesetzt. Inzwischen haben sich in der Gewässerkunde Messgeräte nach dem Ultraschall-Doppler-System etabliert.

Das Messprinzip beruht auf dem Dopplereffekt. Vom Wandler ausgesandte Schallimpulse werden von Schwebeteilchen im Wasser reflektiert und von der Sonde wieder als Echo empfangen. Aus der Frequenzverschiebung zwischen dem ausgesendeten und dem empfangenen Signal wird die Fließgeschwindigkeit bestimmt. Messtechnisch nicht erfassbare Bereiche an der Gewässersohle, der Wasseroberfläche sowie im Uferrandbereich werden durch Interpolation berechnet.

In Tabelle 1 sind die derzeit in Bayern eingesetzten Messgeräte mit den entsprechenden Kennwerten gemäß Herstellerangaben zusammengestellt.

Tab. 1: Übersicht der Messgeräte

Messgerät	Typ	Art der Messung	Frequenz	Messbereich min./max.	Messtiefe max.	Messbereich max.
			MHz	m	m	m/s
StreamPro	Messboot	Moving-Boat	2,0	0,20 – 6,0	7	3
RiverPro	Messboot	Moving-Boat	1,2 vertikal 0,6	0,12 - 25	35	5
RiverRay	Messboot	Moving-Boat	0,6	0,60 - 40	70	5
RiverSurveyor	Messboot	Moving-Boat	1,0 / 3,0 vertikal 0,5	0,06 - 40	80	20
Qliner	Messboot	Section-by-Section	1,0	1,20 - 20	20	10
Qliner	Messboot	Section-by-Section	2,0	0,35 - 10	10	10
AquaProfiler	Stange	Section-by-Section	2,0	0,1 - 3,0	4	5
ADC	Stange	Punktmessung	6,0	0,1 – 5,0	5	2,4

Bei den Angaben der Hersteller hinsichtlich des mit Messzellen belegten Tiefenbereichs (Messbereich min./max. in m) sind weitere Randbedingungen zu beachten. Meist wird hier die Mindestdiefe von der Sensorfläche bis zur Mitte der ersten Messzelle gerechnet. Zumindest die jeweilige Wandlertiefe (Eintauchtiefe) erhöht dieses Maß zum Teil deutlich.

## 2.2 Magnetisch-Induktive Messgeräte

Magnetisch induktive Messgeräte basieren auf dem „Faraday`schen Gesetz“ wonach eine Spannung induziert wird, wenn sich ein elektrischer Leiter (Wasser) durch ein Magnetfeld bewegt. Die induzierte Spannung ist proportional zur Fließgeschwindigkeit. Es befinden sich Messgeräte verschiedener Anbieter auf dem Markt, diese sollen insbesondere bei Bewuchs/Verkrautung im Messquerschnitt von Vorteil sein. Zu empfehlen sind hier Geräte mit zusätzlicher Druckmesszelle zur Erfassung der Messpunkttiefe. Die angegebenen Messbereiche sind auch hier zu hinterfragen, eine Mindestdiefe von 0 cm ist de facto nicht möglich.

## 3 Allgemeine Hinweise und Empfehlungen

- 2.1. Nicht jedes Ultraschall-Doppler- bzw. magnetisch-induktive Messgerät ist für jede Messstelle beziehungsweise die aktuell an der Messstelle vorhandenen Bedingungen (z. B. Hochwasser, Niedrigwasser, Verkrautung, Trübung, usw.) geeignet. Entsprechend den vorliegenden Randbedingungen ist das am besten geeignete Messgerät/-system auszuwählen und die Messung durchführen.
- 2.2. Bei Seilführung des Messbootes sollte das Führungsseil einen ausreichend großen Querschnitt sowie eine hohe Scheuerfestigkeit und möglichst hohe Zug-/Reißfestigkeit besitzen. Beim Einsetzen des Messbootes von der Brücke aus ist ein stärkeres Seil besser zu halten und die Verletzungsgefahr (Einschneiden des Seils) geringer. Handschuhe sind zu empfehlen. Zum Aufrollen des Seils haben sich kleine Kabeltrommeln bewährt.
- 2.3. Zusatzgewichte am Führungsseil müssen zwar von Hand gehalten werden, verringern jedoch die Abdrift.

- 2.4. Bei Messbooten mit integriertem Kompass sollte bei Messungen an der Seilkrananlage mit metallischem Gewicht, dieses durch ein anderes Gewicht, z. B. ein mit Beton ausgegossenes Kunststoffrohr (mit Endstücken verschlossen und durchgehender Gewindestange mit Ösen zum Einhängen) ersetzt werden, um eine Beeinflussung des Kompasses zu vermeiden (siehe Nr. 3.8).
- 2.5. Am Ende des Bootskörpers angebrachte (Nutzung der Schraubgewinde der Finnen) "Prallbleche", welche quer zur Fließrichtung unter den Bootskörper eintauchen, können dazu beitragen bei langsam fließenden Gewässern das Boot besser in der Strömung/Fließrichtung zu halten. Der Sensor darf dadurch jedoch nicht beeinflusst werden.
- 2.6. Ebenso bewährt haben sich ausziehbare Stangen zur Führung der Messboote. Insbesondere können z. B. Messboote von RDI (StreamPro, RiverPro oder RiverRay), die zu Beginn und Abschluss der Überfahrt jeweils zwei Messzellen in der Tiefe benötigen, an der entsprechenden Stelle im Gewässer besser gehalten werden. Auf eine zusätzliche Seilsicherung ist zu achten.
- 2.7. Gestelle im Transportfahrzeug oder Halterungen zum Einhängen an dessen Innenwand haben sich für den sicheren Transport der Messboote im zusammengebauten Zustand bewährt. Wenn möglich sollten die Messboote komplett aufgebaut transportiert werden. Dies bringt eine erhebliche Zeitersparnis und beansprucht zum Beispiel vorhandene Schraubverbindungen weniger.
- 2.8. Eine auf dem Bootkörper vermerkte Eintauchtiefe des Sensors sowie der Abstand von Sensormitte bis zur Außenkante des Bootskörpers können hilfreich sein. Mit Kenntnis dieser Maße ist ein Abschätzen des Randabstandes – auch in perspektivischer Sicht – leichter möglich.
- 2.9. Die Messboote können auch – an geeigneter Stelle – von beiden Ufern mit zwei Halteseilen gegenläufig geführt werden. Hierbei ist die Fahrstrecke relativ gleichmäßig und das Boot kann zum Abschluss der Überfahrt ruhig gehalten werden. Diese Führung kann alternativ für Messstellen an Brücken geeignet sein, falls diese z. B. wegen einer Gefährdung durch den Verkehr oder Beeinträchtigung von Fußgängern oder Radfahrern nicht gut und sicher genutzt werden können.
- 2.10. Beim Bediengerät/Tablet ist auf eine möglichst lange Laufzeit der Akkus zu achten. Es wird empfohlen diese bei Nichtverwendung aus dem Gerät zu nehmen oder Ersatzakkus mitzuführen.
- 2.11. Die verwendete Soft- und Firmware der Handgeräte und Messboote ist nicht immer auf dem aktuellen Stand. Daher ist stets auf Aktualisierungen und eine zeitnahe Installation zu achten. Informationen der einzelnen Hersteller über entsprechende Updates und Aktualisierungen werden zusätzlich im Forum Info-Was durch das LfU bekannt gegeben.
- 2.12. Die zum jeweiligen Messgerät gehörigen Bedienungsanleitungen sind zu beachten.

#### **4 Vorbereitung und Durchführung der Messung**

- 3.1. Die richtige Wahl der Grundeinstellungen (z. B. max. Tiefe, Zellgröße, Blankingbereich, Randabstände usw.) ist für die Qualität der Messung und des Ergebnisses von entscheidender Bedeutung. Falls erforderlich ist vorher eine Testüberfahrt durchzuführen.
- 3.2. Auch bei Messungen mit magnetisch-induktiven bzw. Ultraschall-Doppler-Systemen ist vor Ort jeweils ein Protokoll zu führen. Bei Durchführung der Messung sind stets die allgemeinen Daten (Messstelle, Gewässer, Lage der Messstelle, Pegelstand bei Beginn und Ende, Datum, Uhrzeiten, Messgerät, Modus, Verkrautung usw.) in die Feldaufschreibung einzutragen. Soweit diese Daten alle vollständig und richtig bei der Messung ins Hand-/Bediengerät eingegeben werden und im jeweiligen Ergebnisprotokoll (Ausdruck) der Auswertesoftware enthalten sind, kann auf das Ausfüllen und Übersenden der Feldaufschreibung an das LfU verzichtet werden. Die Originaldaten der Messungen sowie die Auswerteprotokolle sind auf dem Laufwerk unter [\\lfu-umwelt01.rz-sued.bayern.de\LfU-Public\Abt08\Gewaesserkundlicher\\_Dienst\Abflussmessungen](\\lfu-umwelt01.rz-sued.bayern.de\LfU-Public\Abt08\Gewaesserkundlicher_Dienst\Abflussmessungen) abzulegen.

- 3.3. Vor Beginn der Messung ist die Einstellung der Systemzeit zu kontrollieren und ggf. zu korrigieren. Durch fehlerhafte Einstellungen der Uhrzeit am Hand-/Bediengerät werden im Nachhinein z. B. beim Import in Biber bzw. Wiski falsche Zeitstempel geschrieben und die Messungen können nicht eindeutig zugeordnet werden, insbesondere wenn keine zusätzliche Feldaufschreibung geführt wird (s.o.) bzw. in dieser keine exakten Angaben der Uhrzeit enthalten sind. Dies kann insbesondere bei schnell steigenden oder fallenden Pegelständen von besonderer Bedeutung sein.
- 3.4. Verfügt ein Ultraschall-Doppler-Messboot über einen integrierten Kompass, so ist dieser vor jeder Messung und an jeder Messstelle neu zu kalibrieren.
- 3.5. Eine Messung oder möglichst genaue Abschätzung des Randabstandes ist wichtig, da dieser zur Ermittlung der Gewässerbreite im Messquerschnitt benötigt wird.
- 3.6. Die exakte Eintauchtiefe des Sensors ist in den Systemeinstellungen zu berücksichtigen.
- 3.7. Nach dem Einsetzen des Messgerätes/-bootes in das Gewässer sollte nicht sofort mit der Messung begonnen werden. Der vorhandene Sensor für Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoffgehalt usw. muss sich erst an die Umgebung (Wassertemperatur) anpassen. Die Werte dieser Sensoren werden von der jeweiligen Technik benötigt um die Ultraschallsignale richtig auszuwerten.
- 3.8. Bei der Verwendung von Messbooten mit integriertem Kompass an Seilkrananlagen mit metallischem Gewicht ist auf einen ausreichenden Abstand (ca. 3 bis 4 m) zum Gewicht zu achten, da diese zu Kompassabweichungen führen können. Gleiches gilt für andere metallische Gegenstände im Bereich der Messstrecke.
- 3.9. Mit dem Bedien-/Handgerät sollte bereits eine Auswertung der Messungen (Überfahrten) vor Ort erfolgen. Bei Messungen nach der Moving-Boat-Methode sind in der Regel vier Überfahrten durchzuführen. Falls erforderlich ist die Anzahl der Überfahrten zu erhöhen bzw. die Messung zu wiederholen.

## 5 Auswertung der Messung

- 4.1. Die zum Messgerät zugehörige Auswertesoftware ist nicht immer auf dem neuesten Stand. Auch hier gibt es ebenso wie bei der Firmware des Öfteren von den Herstellern neuere Versionen zum Download. Diese sind stets zeitnah zu installieren und die Auswertungen der Messungen mit den jeweils aktuell gültigen Versionen durchzuführen.
- 4.2. Die Rohdaten der Messungen sind auszulesen und entsprechend zu sichern. Die Benennung der jeweiligen Messungen und deren Speicherordner sollte messstellen- und datumsbezogen erfolgen. Zusätzlich sind die Originaldaten auf dem unter Nr. 3.2 genannten Laufwerk zu speichern.
- 4.3. Bei Auswertung von Messungen mit dem RiverSurveyor beträgt die Grundeinstellung in der zugehörigen Software für verworfene Zellen 10 %, d. h. die unteren 10 % der im Querschnitt gemessenen Zellen werden zwar gemessen, jedoch nicht zur Berechnung herangezogen. Bei der Auswertung von Messungen sollte daher überprüft werden, ob dieser Wert nicht auf 5 bzw. 0 % gesetzt werden kann, da gerade im sohlnahen Bereich die Geschwindigkeit durch den Sohlwiderstand herabgesetzt wird (vergleiche hierzu auch Bodenfaktor/Rauigkeit in Biber).
- 4.4. Bei Messungen mit dem Qliner wird stets Beam 3 (Strahl 3) mit aufgezeichnet. Dieser ist für sehr flache Gewässer gedacht und kann zu größeren Abweichungen vom tatsächlich richtigen Abflussmessergebnis führen. Insbesondere nach Export der Datei in xml kann es anschließend in Biber zu Fehlinterpretationen kommen. Bei der Auswertung mit Qreview ist daher stets zu prüfen, ob Strahl 3 verwendet und das Ergebnis als Datei nach xml (für Biber) exportiert werden soll. Weiterhin sollte bei der Auswertung in Qreview die Tiefe für gute Zellen in der Regel auf 90 % erhöht werden.

## 6 Literaturverzeichnis

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) UND BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (BMV) (1991): Pegelvorschrift Anlage D, Richtlinie für das Messen und Ermitteln von Abflüssen und Durchflüssen

---

### Impressum:

#### Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0

Telefax: 0821 9071-5556

E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)

Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

#### Bearbeitung:

Ref. 85 / Martin Schiener, Mario Knott

#### Bildnachweis:

LfU

#### Stand:

Februar 2016

#### Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
86177 Augsburg

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundstags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter [direkt@bayern.de](mailto:direkt@bayern.de) erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.