

Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Herrn Dr. U. Barjenbruch  
Am Mainzer Tor 1  
56068 Koblenz

**E-Mail-Versand:** barjenbruch@bafg.de

**Geschäftsführerin**

Am Ertverband 6  
50126 Bergheim

Tel. 02271 88-1278

Fax 02271 88-1365

Mobil 0162 2030247

[www.agw-nw.de](http://www.agw-nw.de)

[info@agw-nw.de](mailto:info@agw-nw.de)

**Beteiligung der Fachöffentlichkeit zum „Leitfaden zur  
Hydrometrie des Bundes und der Länder –  
Pegelhandbuch“**

Bergheim, 15. November 2017

Sehr geehrter Herr Dr. Barjenbruch,  
sehr geehrte Damen und Herren,

für die Möglichkeit, uns im Rahmen der Verbändeanhörung zu o.a. Entwurf  
zu äußern, bedanken wir uns vielmals. Wir begrüßen die Überarbeitung der  
nunmehr 20 Jahre alten Pegelvorschrift.

Aus unserer Sicht wäre es sinnvoll, bereits im Vorwort auf die Genese des  
neuen Handbuchs einzugehen und die Hintergründe für die Überarbeitung  
zu erläutern. Das Pegelhandbuch ist zudem nicht nur für den von Ihnen  
genannten „Erhalt und Schutz des Lebensraumes Wasser“ von großer  
Bedeutung, sondern darüber hinaus auch für die Erfüllung der  
wasserwirtschaftlichen Aufgaben unabdingbar. Hier stützt sich die  
Wasserwirtschaft bislang auf die gesicherte Kenntnis der hydrologischen  
Kenngrößen. Auch dazu würden wir uns im Vorwort eine Ergänzung  
wünschen.

In der Auflistung der rechtlichen Grundlagen in Kapitel A 1.1 wird bislang  
nicht auf einzelne Vorschriften der Länder hingewiesen. Beispielsweise  
fehlen für Nordrhein-Westfalen die Verbandsgesetze der sondergesetzlichen  
Wasserwirtschaftsverbände. Hier wäre eine Berücksichtigung im Handbuch  
wünschenswert.

Klärungsbedarf sehen wir auch hinsichtlich der Gültigkeit der dem Stammtext  
folgenden Anlagen A bis E der Pegelvorschrift von 1997. Hier wäre eine  
klare Aussage wünschenswert, welche dieser Anlagen in das neue  
Pegelhandbuch übernommen werden. Aus unserer Sicht haben sich in der  
Vergangenheit die alten Anlagen aufgrund ihrer Genauigkeit bewährt.

Die Teilnehmer des Arbeitskreises Hydrologie unserer Mitgliedsverbände haben sich intensiv mit dem Vorschlag für die Überarbeitung der Pegelvorschrift und Überführung in ein Handbuch befasst. Die ausführlichen Anmerkungen und Hinweise der Fachleute erhalten Sie beigefügt zu Ihrer Information mit der Bitte um Kenntnisnahme und um Berücksichtigung im Rahmen des weiteren Verfahrens.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

A handwritten signature in blue ink that reads 'J. Schäfer-Sack'.

(Jennifer Schäfer-Sack)

Anlage: Stellungnahme des Arbeitskreises Hydrometrie der nordrhein-westfälischen Wasserwirtschaftsverbände

*Die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwirtschaftsverbände NRW (agw) ist ein Zusammenschluss aus Aggerverband, Bergisch-Rheinischem Wasserverband, Emschergenossenschaft, Ertfverband, Linksniederrheinischer Entwässerungs-Genossenschaft, Lippeverband, Niersverband, Ruhrverband, Wahnbachtalsperrenverband, Wasserverband Eifel-Rur und dem Wupperverband im Bundesland Nordrhein-Westfalen (NRW) in Deutschland. Unsere Maxime: Wasserwirtschaft in öffentlicher Verantwortung. Die Verbände der agw decken etwa zwei Drittel der Fläche des Landes NRW ab. Sie betreiben 300 Kläranlagen mit rund 19 Mio. Einwohnerwerten sowie 37 Talsperren und sind für die Betreuung von rund 17.700 km Fließgewässer verantwortlich.*

## **Stellungnahme des Arbeitskreis Hydrologie der nordrhein-westfälischen Wasserverbände zum**

### **„Leitfaden zur Hydrometrie des Bundes und der Länder – Pegelhandbuch“**

**15. November 2017**

Anmerkungen von:

EGLV: Emschergenossenschaft/Lippeverband, Essen:  
Jörg Libuda und Dr. Alexander Hartung (hartung.alexander@eglv.de)

EV: Erftverband, Bergheim:  
Helge Bangel (helge.bangel@erftverband.de)

NV: Niersverband, Viersen:  
Torsten Mordelt (thorsten.mordelt@niersverband.de)

WV: Wupperverband, Wuppertal  
Marc Scheibel (schi@wupperverband.de)

WVER: Wasserverband Eifel-Rur, Düren  
Dr. Christof Homann (christof.homann@wver.de, redaktionelle Bearbeitung)

Im Folgenden werden die Anmerkungen in der Reihenfolge des Auftretens im Entwurf des Pegelhandbuchs aufgeführt. Die Verfasser der Anmerkungen werden am Ende der Abschnittsüberschriften als Kürzel angegeben.

Folgende Textmarkierungen werden verwendet:

*schwarz kursiv*: Textentwurf Pegelhandbuch

**blau**: Änderungen und Ergänzungen

## Inhalt

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Seite A 3 ff – A.2.1.1 Wasserstandsmessstelle und A.2.1.2 Durchflussmessstelle, WV                             | 3  |
| 2.  | Seite A-6 – A.2.4.2 Geodätische Einmessung, WV   | 3  |
| 3.  | Seite A-8 – A.3.2 Wasserstand, WV  | 3  |
| 4.  | Seite A-8 – A.3.1 – Auswertung der Daten, EGLV   | 3  |
| 5.  | Seite A-8 – A.3.2 – Wasserstand, EGLV  | 3  |
| 6.  | Seite A-9 – A.3.3 – Durchfluss, EGLV/WVER  | 4  |
| 7.  | Seite A-10 – A.3.5 Qualitätssicherung, WV  | 4  |
| 8.  | Seite A-11 – 4.1 Messdaten und analoge Pegelunterlagen, WV   | 4  |
| 9.  | Seite A-13 – A.5.4 – Schutzmaßnahmen, EGLV   | 4  |
| 10. | Seite B-3 – B.1.2.2 – Unsicherheit der Wasserstandsmessung, EGLV   | 5  |
| 11. | Seite B-5 – B.1.3.2 – Qualitätssicherung bei der Wasserstandserfassung, EGLV                                   | 5  |
| 12. | Seite B-7 – B.1.3.4 – Qualitätssicherung Unsicherheiten bei der Durchflussermittlung aus der W/Q-Beziehung, EV | 6  |
| 13. | Seite B-7 – B.1.3.5 – Weitere Maßnahmen, EV  | 6  |
| 14. | Seite B-7 – B.1.3.5 – Weitere Maßnahmen, WV  | 6  |
| 15. | Seite B-8 – B.2 – Anforderungen an Betrieb und Unterhaltung, EGLV  | 7  |
| 16. | Seite B-10 – B.2 – Anforderungen an Betrieb und Unterhaltung, EV   | 7  |
| 17. | Seite B-12 – B.3.2.1 – Allgemeines, EGLV   | 7  |
| 18. | Seite B-15 – B.3.2.4 – Messstege, EGLV   | 7  |
| 19. | Seite B-16 – B.3.2.5 – Verwendung von Brücken, EGLV  | 8  |
| 20. | Seite B-19 ff – B.4.2 – Verwendete Verfahren, EGLV   | 8  |
| 21. | Seite B-21 – B.4.2.2 – Schwimmerpegel, EGLV  | 8  |
| 22. | Seite B-27 – Tabelle B.5-1 – Übersicht der gängigen Messverfahren für den Durchfluss, EV                       | 8  |
| 23. | Seite B-29 – Tabelle B.5-3 – Übersicht der gängigen Messverfahren für den Durchfluss, EV                       | 9  |
| 24. | Seite B-30 – B.5-4 – Übersicht der gängigen Messverfahren für den Durchfluss, EV                               | 9  |
| 25. | Seite B-32 – B.5.2.1 – Einführung in die Messung der Fließgeschwindigkeit in einzelnen Punkten, EV             | 10 |
| 26. | Seite B-41 – B.5.2.6 – Ultraschall Moving-Boat Verfahren, EV   | 11 |
| 27. | Seite B-53 – B.5.4.4 – Doppler in Horizontalaufstellung, EV  | 11 |
| 28. | Seite B-59 – B.6.1.3 – Graphische Verfahren bei der Punktmessung, EV   | 12 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 29. | Seite B-62 – B.6.1.5 – Vereinfachte Verfahren, NV .....  | 12 |
| 30. | Seite B-70 – B.6.3.3 – Einsatz ein- und zweidimensionaler numerisch-<br>hydraulischer Simulationsmodelle, EV ..... | 13 |
| 31. | Seite B-74 – B.6.3.6– Verfahren zur Berücksichtigung von Veränderungen in der<br>Gerinnehydraulik, NV .....        | 14 |
| 32. | Seite B-74 – B.6.3.6– Verfahren zur Berücksichtigung von Veränderungen in der<br>Gerinnehydraulik, NV .....        | 14 |
| 33. | Seite B-76 – B.6.3.8 – Unsicherheitsbetrachtung, EV.....   | 15 |
|     | Seite B-76 – B.6.3.8 – Unsicherheitsbetrachtung, EV.....   | 15 |
| 34. | Seite B-76 – B.6.3.8 – Unsicherheitsbetrachtung, EV.....   | 18 |
| 35. | Seite C-1 – C.1.1 – Ablesung, EV .....   | 20 |
| 36. | Seite C-2 – C.1.4 – Messunsicherheit und Auflösung, EV .....   | 21 |
| 37. | Seite C-1 – C 1.3 – Digitale Messwertaufnahme, EV .....  | 23 |
| 38. | Seite C-6 – C.3.3.1 Hauptwerte – Überblick, NV .....   | 24 |
| 39. | Seite F-1 – F. Verzeichnis der Begriffe – Teil A-E, EV .....   | 24 |
| 40. | F. Seite F-6 und F-10 – Verzeichnis der Begriffe – Teil A-E, EV .....  | 25 |

## **1. Seite A 3 ff – A.2.1.1 Wasserstandsmessstelle und A.2.1.2 Durchflussmessstelle, WV**

Hier sollte ein Hinweis auf genauere Definitionen (technische Merkblätter, Literaturhinweisen) hinzugefügt werden

## **2. Seite A-6 – A.2.4.2 Geodätische Einmessung, WV**

*„(4) Die maximale Messunsicherheit der geodätischen Einmessung darf 2 cm nicht überschreiten. Die Höhenlage der Pegelfestpunkte untereinander und zum Pegelnullpunkt ist auszugleichen.“*

Die maximale Unsicherheit von 2 cm ist zu ungenau und nicht Stand der Technik

Text abändern:

*„(4) Die maximale Messunsicherheit der geodätischen Einmessung darf **1 cm** nicht überschreiten. Die Höhenlage der Pegelfestpunkte untereinander und zum Pegelnullpunkt ist auszugleichen.“*

## **3. Seite A-8 – A.3.2 Wasserstand, WV**

In Abschnitt (1) sollte ein Verweis auf entsprechende Regelwerke eingefügt werden.

## **4. Seite A-8 – A.3.1 – Auswertung der Daten, EGLV**

Hier sollte bereits der Hinweis auf Rohdaten und bearbeitete Daten erfolgen, da dies sowohl für den Wasserstand als auch für andere Messwerte (z.B. Geschwindigkeit, Temperatur; u.a.) gilt. -> eine Textdoppelung mit Kap. A.3.2 (3) kann durchaus sinnvoll sein:

(5) Ergänzen:

*„Die Rohdaten werden unverändert gespeichert **und sind als solche zu kennzeichnen**. Erforderliche Korrekturen und Ergänzungen sind in der Kopie der Rohdaten vorzunehmen **und sind als bearbeitete Daten zu kennzeichnen**.“*

## **5. Seite A-8 – A.3.2 – Wasserstand, EGLV**

*„(5) Eine kontinuierliche redundante Messwertaufnahme ist anzustreben. Von jeder redundant ausgestatteten Messstelle werden die Zeitreihen der Rohdaten und eine Zeitreihe mit dem geprüften Daten langfristig abgelegt.“*

Dies gilt aber für alle Zeitreihen. Nicht nur für redundante Messungen.

(5) Ergänzen:

„(5) Eine kontinuierliche redundante Messwertaufnahme ist anzustreben. Von jeder redundant ausgestatteten Messstelle werden alle Zeitreihen der Rohdaten und eine Zeitreihe mit den geprüften Daten langfristig abgelegt.“

## 6. Seite A-9 – A.3.3 – Durchfluss, EGLV/WVER

„(2) Der Durchfluss kann gemessen oder aus einer W/Q Beziehung (Abflusskurve) ermittelt werden.“

Der Durchfluss an sich kann nicht als Größe gemessen werden.

(2) Ersetzen:

„(2) Der Durchfluss wird aus primären Messgrößen (Wasserstand, Geschwindigkeit) abgeleitet.“

## 7. Seite A-10 – A.3.5 Qualitätssicherung, WV

Zu Abschnitt (1): Die Formulierung „Qualitätsziele“ ist sehr allgemein. Hier fehlen Hinweise zu diesen oder entsprechenden Literatur und Regelwerken.

## 8. . Seite A-11 – 4.1 Messdaten und analoge Pegelunterlagen, WV

„Nicht mehr für den laufenden Geschäftsverkehr benötigte analoge Pegelunterlagen und analog vorliegende Messdaten sind auf Dauer in einer Registratur oder einem hydrologischem Archiv aufzubewahren und verfügbar zu halten.“

Die Archivierung wird insgesamt als sehr nützlich angesehen. Die Pflicht zum verfügbar halten analoger Messaufzeichnungen kann zu einem sehr aufwändigen Erhaltungs- und Restaurationsumfang führen, der in Relation zum Wert des zu erhaltenden Materials gestellt werden muss. Ein Hinweis auf Verhältnismäßigkeit dieser Maßnahmen ist für die praktische Umsetzung notwendig.

## 9. Seite A-13 – A.5.4 – Schutzmaßnahmen, EGLV

Da die Regelungen zur Absperrung und Sicherung durch externe Vorschriften fortgeschrieben werden und je Bundesland evtl. unterschiedlich sind wird folgende Ergänzung vorgeschlagen:

(2) Ergänzen:

„- die Absperrung und Sicherung der Fahrzeuge bei Messungen, (hier sind die aktuellen Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen, z. B. RSA, zu beachten)“

## 10. Seite B-3 – B.1.2.2 – Unsicherheit der Wasserstandsmessung, EGLV

Rechter untere Zelle in Tabelle B.1-1:  
„Zeitzone, Art des übertragenen Wertes“

Der Zeitstempel des Senders sollte an den Empfänger 1:1 übergeben werden.

Ergänzen:

„Zeitzone, Art des übertragenen Wertes, fehlende Zeitsynchronisation zwischen Sender und Empfänger“

## Seite B-4 – B.1.3.1 Voraussetzungen, WV

Eine Referenz zu den Abschnitten B.1.2.2 und 1.2.3 wäre hier hilfreich.

## B.1.3.2 Seite B-5 – Qualitätssicherung bei der Wasserstandserfassung, WV

*„(1) Mit der redundant-diversitären Wasserstandserfassung, d. h. dem Einsatz von zwei oder mehr voneinander unabhängigen Messverfahren wird sichergestellt, dass auch bei Ausfall eines Gebers der Wasserstand erfasst und übermittelt werden kann. Damit wird das Risiko verringert, dass Datenlücken bei der Registrierung des Wasserstandes entstehen. Ebenso können systematische Abweichungen der verschiedenen Messsysteme erkannt werden. Verfälschte Wasserstände durch Geschwemmsel am Kontrollquerschnitt oder Rückstau vom Unterwasser werden allerdings so nicht sichtbar.“*

Hier wird suggeriert, dass durch zusätzlich Technik eine automatisierte (Vor)-Prüfung erfolgen kann. Diese Möglichkeit hat Grenzen und ersetzt nicht die regelmäßige Kontrolle „Vor Ort“ durch einen Pegelbeobachter (siehe Abschnitt B.2).

## 11. Seite B-5 – B.1.3.2 – Qualitätssicherung bei der Wasserstandserfassung, EGLV

(2) Ergänzen im 2. Absatz:

„... Die Montage einer zweiten (höher liegenden) Zulaufleitung kann hier Abhilfe schaffen. Grundwassereintrag in den Schacht oder Wasserabgabe an die Umgebung (z.B bei Deichen) kann die Aufzeichnungen ebenfalls verfälschen.“

(3) Ergänzen:

„Registriert das zweite Gerät analog, so ist bei Ausfall der digitalen Registrierung noch die Aufzeichnung der Wasserstände gewährleistet. Eine Überkreuzverbindung zwischen Geber und Registriergeräten ist anzustreben.“



(Geber 1 + 2 zu Registriergerät 1, Geber 2 + 1 zu Registriergerät 2)

## **12. Seite B-7 – B.1.3.4 – Qualitätssicherung Unsicherheiten bei der Durchflussermittlung aus der W/Q-Beziehung, EV**

Für zahlreiche Anwendungen ist es wichtig, dass die Pegelschlüsselkurve im Niedrigwasserbereich korrekt ist (genaue Bestimmung von MQ, Berechnung von Konzentrationen und Frachten bei Niedrig- und Mittelwasser, etc.). Der Hinweis auf Durchflussnull findet sich in Kapitel B.6.3.5 und sollte auch an dieser Stelle vorhanden sein.

(3) Ergänzen:

„Für die Extrapolation in den Niedrigwasserbereich sollte der Wasserstand bestimmt werden bei dem  $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$  ist (Durchflussnull).“

## **13. Seite B-7 – B.1.3.5 – Weitere Maßnahmen, EV**

Besonders bei Hochwasser treten an Pegeln immer wieder besondere Schwierigkeiten auf: Manche Messgeräte können nicht mehr eingesetzt werden, die Durchflussmessung kann nicht mehr direkt am Pegel erfolgen, bewegte Sohle, besondere Strömungsverhältnisse, etc.

Da Messungen bei Hochwasser selten sind, geraten mit den Jahren auch die bisherigen Erfahrungen in Vergessenheit. Es hat sich bewährt für jeden Pegel einen Erfahrungsbericht anzufertigen, um so den Informationsaustausch zwischen den Messteams (auch über längere Zeiträume) sicherzustellen.

(3) Ergänzen:

„- Vorhalten einer Anleitung für die Durchführung von Messungen für jeden Pegel, die die bisherigen Erfahrungen und Probleme bei verschiedenen Wasserständen zusammenfasst.“

## **14. Seite B-7 – B.1.3.5 – Weitere Maßnahmen, WV**

*„Die eingesetzten Messverfahren und die Art des Pegelbetriebes hängen von der Funktion des Pegels und den Eigenschaften des Gewässers ab. Zur Erreichung der Qualitätsanforderungen können folgende Maßnahmen vorgesehen werden.“*

Änderung::

*„Die eingesetzten Messverfahren und die Art des Pegelbetriebes hängen von der Funktion des Pegels und den Eigenschaften des Gewässers ab. Zur Erreichung der Qualitätsanforderungen sollten folgende Maßnahmen vorgesehen werden.“*

## **15. Seite B-8 – B.2 – Anforderungen an Betrieb und Unterhaltung, EGLV**

Die Pegellatte muss immer abgelesen werden, auch um die Ganglinien zu prüfen und ggf. zu validieren.

(3) Ergänzen:

„- gegebenenfalls Abgleich der Messsysteme mit dem Referenzwasserstand (Pegellatte). Sollte die Pegellatte nicht abgelesen werden können, ist dies im Protokoll zu dokumentieren.“

## **16. Seite B-10 – B.2 – Anforderungen an Betrieb und Unterhaltung, EV**

Ergänzen:

„(6) – Eine fotografische Dokumentation und Archivierung der Gegebenheiten während der Messung ist anzustreben. Gegebenenfalls ist der Messquerschnitt auch nach abgelaufener Hochwasserwelle erneut fotografisch zu dokumentieren, um Veränderungen des Profils oder der Uferverkräutung festzuhalten. „

Hierdurch wird dokumentiert ob und wie stark das Messergebnis durch Uferverkräutung beeinflusst war oder ob sich die Profilgeometrie vielleicht bereits während der Messung verändert hatte.

## **17. Seite B-12 – B.3.2.1 – Allgemeines, EGLV**

Auch auf den Zuwegungen muss die Arbeitssicherheit gewährleistet sein. (z.B. keine Löcher im Weg, frei von Bewuchs, usw.)

(1) Ergänzen:

„- Pegelanlage und Zuwegung zur Anlage sollen hochwasserfrei liegen und den Arbeitsschutzbestimmungen genügen“

(1) Ergänzen:

„ - Maßnahmen zur Einhaltung der Arbeitsschutzbestimmungen sind zu berücksichtigen (z.B. Anschlagpunkte zur Seilsicherung), eine Gefährdungsbeurteilung und daraus folgend eine entsprechende Arbeitsanweisung ist zu erstellen.“

## **18. Seite B-15 – B.3.2.4 – Messstege, EGLV**

Hinzufügen:

„- es ist zu unterscheiden in stationäre und bewegliche, transportable Stege“

## 19. Seite B-16 – B.3.2.5 – Verwendung von Brücken, EGLV

Hinzufügen:

- „ - bei beweglichen Stegen ist die Standsicherheit zu gewährleisten (feste Auflagerpunkte), Sicherung gegen Kippen
- Ein Rückengeländer ist vorzusehen
- die vorgeschriebene Stegbreite ist einzuhalten“

## 20. Seite B-19 ff – B.4.2 – Verwendete Verfahren, EGLV

Zur besseren Anschaulichkeit sollten hier Grafiken und Bildern eingefügt werden (vergl. Auch mit DWA M 181 Kapitel 7, Messverfahren).

## 21. Seite B-21 – B.4.2.2 – Schwimmerpegel, EGLV

Im Schacht können sich Faulgase bilden. Bei EG/LV ist ein Einstieg ohne Atemschutz nicht erlaubt. Ebenso muss eine Absturzsicherung vorhanden sein. Entsprechendes Fachpersonal muss vor Ort sein. Beim WVER muss das Personal für das Einsteigen in Schächte geschult sein.

(2) Ergänzen im 6. Absatz:

„Begehbare Schächte sollten einen Durchmesser von mindestens 1 m aufweisen, mit Einstieghilfen sowie Steigeisen oder Steigleitern ausgerüstet sein und sind durchtrittssicher abzudecken. Die Unfallverhütungsvorschriften sind zu beachten. Insbesondere ist eine Prüfung auf Gase (H<sub>2</sub>S) in Schachtsohle durchzuführen. Der Einstieg darf nur mit entsprechender Sicherung (z.B. Dreibein) erfolgen. Der Schacht ist vor Einstieg ausreichend zu belüften.“

## 22. Seite B-27 – Tabelle B.5-1 – Übersicht der gängigen Messverfahren für den Durchfluss, EV

*Messsystem Messflügel – Vor und Nachteile*

Ergänzen:

- „+ langlebig
- + gutes Preis-Leistungs-Verhältnis
- + keine Probleme bei der Ersatzteilverfügbarkeit“

Messflügel sind häufig über Jahrzehnte im Einsatz. Bezogen auf diese lange Einsatzdauer können mit einem Gerät sehr viele Messungen erfolgen und auch nach Jahrzehnten stehen noch Ersatzteile zur Verfügung. Demgegenüber ist die Verfügbarkeit von Ersatzteilen bei „modernen“ Messgeräten über gleich lange Zeiträume nicht sichergestellt und die Reparaturkosten sind oft ungleich höher.

### **23. Seite B-29 – Tabelle B.5-3 – Übersicht der gängigen Messverfahren für den Durchfluss, EV**

*Ultraschall-Doppler, Horizontalaufstellung – Vor und Nachteile*

Ergänzen:

„- mögliche Störung durch grobe Schwebstoffe bei anlaufender Hochwasserwelle“

Bei anlaufenden Hochwasserwellen kann es im Herbst zu einer starken Dämpfung des akustischen Signals und damit zu einem Ausfall der Messung kommen. Gleiches gilt, falls bei Niedrigwasser hohe Schwebstoffkonzentrationen durch die Entlastung einer städtischen Kanalisation eingetragen werden.

### **24. Seite B-30 – B.5-4 – Übersicht der gängigen Messverfahren für den Durchfluss, EV**

*Oberflächenradar – Vor und Nachteile*

Wenn die Oberflächenrauheit gering ist, dann wird die Radarmessung ggfs. auch durch Regen beeinflusst.

Tritt Verkräutung im Messprofil auf, dann kann sich der Stromstrich seitlich verschieben. Hierdurch ist entweder die regelmäßige Entkräutung des Messprofils sowie ober- und unterhalb gelegener Abschnitte oder eine häufige Anpassung der k-Faktoren notwendig. Beides ist mühsam. Radaranlagen zur Durchflussberechnung sind daher für stark verkräutete Gewässer nur eingeschränkt geeignet.

Ergänzen:

- Beeinflussung der gemessenen Geschwindigkeit durch Regen möglich
- Beeinflussung der gemessenen Geschwindigkeit durch Verkräutung

## 25. Seite B-32 – B.5.2.1 – Einführung in die Messung der Fließgeschwindigkeit in einzelnen Punkten, EV

*Oberflächenradar – Vor und Nachteile*

*(7) Anzahl und Lage der Messlotrechten sind nach der Form des Messquerschnitts und unter Berücksichtigung der vorgesehenen Auswerteverfahrens festzulegen. In Bereichen, in denen sich die Wassertiefe oder die Fließgeschwindigkeit stark ändert (Ufer, senkechte oder steile Böschungen, Absätze, Übergang vom Flussschlauch zum Vorland), sind die Abstände kleiner zu wählen.*

Da speziell bei Hochwasser durch steigende / fallende Wasserspiegel für eine Messung nur ein begrenzter Zeitraum zur Verfügung steht und gleichzeitig auch noch an weiteren Pegeln gemessen werden muss, sind Messteams angehalten die zur Verfügung stehende Zeit effizient zu nutzen. Die Vorgabe im Bereich der Ufer genau zu messen bei gleichzeitig hohem Zeitdruck führt in der Praxis leider immer wieder zu einer hohen Anzahl an Messlotrechten im Bereich der Ufer und zu einer vergleichsweise geringen Anzahl an Messlotrechten im Flussschlauch. Problematisch ist daran: Im Uferbereich ist die Strömungsgeschwindigkeit gering. Messfehler wirken sich nur geringfügig aus. Im Flussschlauch aber herrschen hohe Strömungsgeschwindigkeiten vor. Messfehler wirken sich hier deutlich stärker aus – besonders, wenn die Zahl der Messlotrechten gering ist. Daher der folgende Vorschlag für eine veränderte Formulierung:

*Ergänzen bzw. ersetzen:*

*„... In Bereichen, in denen sich die Wassertiefe oder die Fließgeschwindigkeit stark ändert (Ufer, senkechte oder steile Böschungen, Absätze, Übergang vom Flussschlauch zum Vorland), sind gegebenenfalls zusätzliche Messlotrechten vorzusehen. Die Anzahl der Messlotrechten im Flussschlauch darf hierfür nicht verringert werden.“*

## 26. Seite B-41 – B.5.2.6 – Ultraschall Moving-Boat Verfahren, EV

(3) *Höhere Messunsicherheiten sind zu erwarten bei:*

Abhängig vom Wasserstand haben Doppler-Ultraschall-Geräte auf einem bewegten Boot erhebliche Probleme die Gewässertiefe zu bestimmen, wenn es zu einer schnellen Veränderung der Tiefe kommt. Da das von der Gewässersohle zurückgestreute Signal ist dann nicht korreliert und für die gesamte Lotrechte wird kein Durchfluss ermittelt. Zumeist hilft es auch nichts das Boot „langsam“ über die entsprechende Stelle zu ziehen.

Ergänzen:

„- sprunghaften Übergängen zwischen Ufer und Sohle“

## 27. Seite B-53 – B.5.4.4 – Doppler in Horizontalaufstellung, EV

(1) *... Erhöhte Schwebstofffrachten können die Reichweite des Schallsignals zeitweise einschränken, unterbrechen die Messung aber trotz der niedrigen Leistung der Wandler in der Regel nicht vollständig.*

Die Berechnung von  $v_m$  ist in diesem Fall aber fehlerhaft, da ein Teil der Messzellen falsche Geschwindigkeiten aufweist! Da das Problem besonders in anlaufenden Hochwasserwellen und zum Teil über Stunden auftritt, sind Anlagen mit Horizontal-Doppler nicht für alle Anwendungen geeignet.

Änderungsvorschlag:

„... Erhöhte Schwebstofffrachten können die Reichweite des Schallsignals zeitweise einschränken *und führen dann zu einer fehlerhaften Durchflussberechnung.*“

## 28. Seite B-59 – B.6.1.3 – Graphische Verfahren bei der Punktmessung, EV

*(2) ... Um den Verlauf der Gewässersohle zwischen den Messlotrechten besser zu erfassen, können in weiteren Lotrechten (Peil- oder Zusatzlotrechten) die Wassertiefen gemessen werden. Dies gilt insbesondere bei Hochwassermessungen, wenn zur Verkürzung der Messdauer die Anzahl der Messlotrechten verringert wird.*

Hochwassermessungen sind selten und für die Konstruktion von Pegelschlüsselkurven von entscheidender Bedeutung. Gerade weil es oft nur wenige einzelne Messungen bei hohen Wasserständen gibt, müssen diese genau und zweifelsfrei zuverlässig sein. Einige wenige fehlerhafte Messungen bei Hochwasser können sonst die W-Q-Beziehung erheblich verfälschen und so zu gravierenden Fehlern in nachgelagerten Anwendungen führen (Kalibrierung von N-A-Modellen, Kalibrierung von hydraulischen Modellen, Bemessung von Bauwerken, statistischen Ableitung von Bemessungswerten, etc.). Eine Verringerung der Anzahl der Messlotrechten führt nur zu einer geringen Zeitersparnis (pro Messlotrechte ca. 4 bis 5 Minuten bei 5 Messpunkten a' 40 Sekunden). Im Gegenzug erhöht sich aber erheblich das Risiko durch Messfehler an einzelnen Messpunkten zu einem falschen Messergebnis zu gelangen. Dies gilt vor allem dann, wenn Messlotrechten im Zentrum des Flussschlauchs weggelassen werden.

Die Verringerung der Anzahl der Messlotrechten zur Zeitersparnis bei Hochwasser ist somit abzulehnen und ersatzlos zu streichen!

Änderungsvorschlag:

*„(2) ... Um den Verlauf der Gewässersohle zwischen den Messlotrechten besser zu erfassen, können in weiteren Lotrechten (Peil- oder Zusatzlotrechten) die Wassertiefen gemessen werden. ~~Dies gilt insbesondere bei Hochwassermessungen, wenn zur Verkürzung der Messdauer die Anzahl der Messlotrechten verringert wird.~~“*

## 29. Seite B-62 – B.6.1.5 – Vereinfachte Verfahren, NV

Im Text werden ausschließlich die 1-Punkt-Methode und die 2-Punkt-Methode beschrieben. In der Praxis hat sich (z.B. mit dem Einsatz des MF-Pro der Firma Ott Hydromet) auch die Verwendung der weiteren Punktmethode, insbesondere der 3-Punkt-Methode etabliert.

Es wird vorgeschlagen, im Kapitel B.6.1.5 auch die weiteren Punktmethode der Vollständigkeit halber aufzuführen.

### 30. Seite B-70 – B.6.3.3 – Einsatz ein- und zweidimensionaler numerisch-hydraulischer Simulationsmodelle, EV

*Sind die hydraulischen Bedingungen z.B. durch Ausuferung in das Vorland, gekrümmten Gewässerverlauf oder einbauten (Brückenpfeiler) sehr komplex bzw. sind im Extrembereich keine Durchflussmessungen technisch möglich, wird gegebenenfalls der Einsatz ein oder zweidimensionaler numerisch-hydraulischer Simulationsmodelle notwendig*

Dieser Absatz ist wenig konkret und daher nicht sonderlich hilfreich und der Bedeutung der Thematik nicht angemessen. Die Extrapolation der W-Q-Beziehung in den Bereich hoher Wasserstände ist von entscheidender Bedeutung für nachfolgende Arbeiten zum Hochwasserschutz (Kalibrierung von Modellen, Ausweisung von Überschwemmungsgebieten, Dimensionierung von Hochwasserschutzeinrichtungen). Unterschiedliche Ansätze zur Extrapolation kommen immer wieder zu (deutlich) abweichenden Ergebnissen. Daher ist es wichtig im Rahmen dieses Pegelhandbuchs Fragen der Modellauswahl, des Modellaufbaus und der Modellkalibrierung zu klären.

Folgende Fragen sollten beantwortet werden:

- Wann sollten eindimensionale, wann zweidimensionale Modelle verwendet werden?
- An welchen Messergebnissen sind die Modelle zu kalibrieren? Alle Messergebnisse oder nur Messungen bei höheren Wasserständen?
- Welche Parameter der Modelle können zur Kalibrierung herangezogen werden? (Gefälle, Rauheit, Bewuchs, Profilgeometrie, Lage der Trennflächen)
- Welche Messgrößen können zur Kalibrierung herangezogen werden? (W/Q, W/vm, W/A, Q/vm)
- Welche Modellkonzepte kommen zur Anwendung: stationär gleichförmig, stationär ungleichförmig?
- Welche Berechnungsansätze liefern zuverlässige Ergebnisse: Darcy-Weißbach, Manning-Strickler?
- Wie gut muss die Übereinstimmung zwischen Modell und vorliegenden Messgrößen sein, um das Modell für eine Extrapolation nutzen zu können? Welche Abweichungen sind tolerabel? Wie groß sind die verbleibenden Unsicherheiten?
- Wie hoch muss die Dichte der vermessenen Profile im Bereich des Pegels sein?



### **31. Seite B-74 – B.6.3.6– Verfahren zur Berücksichtigung von Veränderungen in der Gerinnehydraulik, NV**

Im ersten Absatz wird die Aussage gemacht, dass „*die ETA-Werte mindestens monatlich sowie vor und nach bekannten kurzfristigen Änderungen durch Kontrollmessungen ermittelt werden*“.

Zum Beispiel die Niers gehört zu den hochgradig verkrauteten Gewässern mit einer intensiven Gewässerunterhaltung mittels Sohlschnitten im 3-Wochen-Rhythmus. Die Abflusszeitreihen werden nach dem ETA-Verfahren und den beschriebenen Abflussmessungen ermittelt. Allerdings ist die als Mindestanforderung beschriebene Häufigkeit der Kontrollmessungen betrieblich nicht zu leisten. Insbesondere die Abflussmessungen an allen betroffenen Pegeln vor und nach einem Sohlschnitt sind für den Niersverband personell und monetär nicht machbar. In der Praxis planen wir Abflussmessungen im monatlichen Rhythmus im Winterhalbjahr und im zweiwöchentlichen Rhythmus im Sommerhalbjahr. Außerdem ist eine Abstimmung mit der Gewässerunterhaltung des Niersverbandes erforderlich, weil ein starker Krauttrieb die Messung enorm behindern oder auch ganz verhindern kann.

Es wird vorgeschlagen, den Passus „**mindestens monatlich ...**“ in „**möglichst monatlich...**“ zu ändern.

### **32. Seite B-74 – B.6.3.6– Verfahren zur Berücksichtigung von Veränderungen in der Gerinnehydraulik, NV**

Im zweiten Absatz auf der Seite B-74 ist wird beschrieben, dass die „*aktuell gültigen ETA-Werte von den Wasserwirtschaftsverwaltungen festgesetzt werden*“.

Da der Leitfaden gemäß Vorwort auch von Dritten verbindlich eingeführt werden kann, schlägt der Niersverband vor, den Satz wie folgt zu ergänzen:  
„*Die aktuell gültigen ETA-Werte werden von den Wasserwirtschaftsverwaltungen für Ihre Pegel festgesetzt.*“

### 33. Seite B-76 – B.6.3.8 – Unsicherheitsbetrachtung, EV

Der Titel unter Nummer B.6.3.8 sollte an den veränderten Inhalt angepasst werden:

„B.6.3.8 – Residuenanalyse und Unsicherheitsbetrachtung“

### Seite B-76 – B.6.3.8 – Unsicherheitsbetrachtung, EV

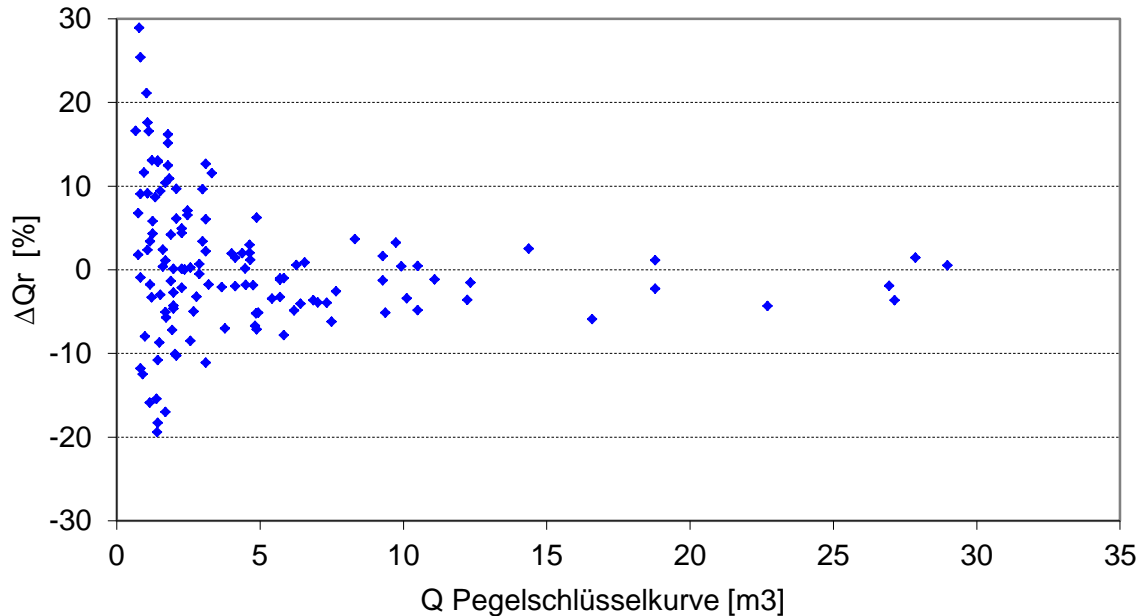
„Jede Konstruktion einer Abflusskurve stellt ein Näherungsverfahren dar. Zwischen den Messwerten und der Abflusskurve bestehen zufällige Abweichungen. Der gemessene Durchfluss  $Q_g(W)$  kann mit dem entsprechenden Wert  $Q_t(W)$  der Abflusskurve verglichen werden und dessen relative Abweichung  $\Delta Q_r$  bestimmt werden:

$$\Delta Q_r = 100 \cdot \left[ \frac{Q_g(W) - Q_t(W)}{Q_t(W)} \right] \quad [\%]$$

Werden überwiegend positive oder negative Abweichungen festgestellt, ist eine Korrektur der W/Q-Beziehung vorzunehmen“

Das hier beschriebene Vorgehen zielt darauf ab Veränderungen der W/Q-Beziehung durch eine Analyse der Abweichungen (Residuen) zwischen Messergebnissen und W/Q-Beziehung zu erkennen. Es ist nicht sinnvoll hierfür die relativen Abweichungen der gemessenen Durchflussmengen  $\Delta Q_r$  zur W/Q-Beziehung heranzuziehen. Wie im unteren Bereich auf Seite B-76 vermerkt ist, unterscheiden sich die Abweichungen bei NQ (20%), MQ (5%) und HQ (10%) deutlich. Die Auswahl der Messwerte muss daher auf einen Bereich beschränkt werden. Dies ist in der Praxis aber nur unzureichend möglich, da der Übergang der relativen Abweichungen  $\Delta Q_r$  von 20% bei Niedrigwasser auf 5% bei Mittelwasser und auf 10% bei Hochwasser fließend und nicht genau abgrenzbar ist. Vorhandene Veränderung (langfristige Trends, kurzfristige Veränderung durch Erosion / Sedimentation) werden durch eine Analyse der  $\Delta Q_r$  nicht sicher erkannt.

**$\Delta Q_r$  in Relation zum Durchfluss der Pegelschlüsselkurve.  
Pegel Hausweiler, Erft, NRW**



Präzisere Analysen sind möglich, wenn statt der relativen Abweichungen  $\Delta Q_r$  die absoluten Abweichungen  $\Delta W$  verwandt werden:

$$\Delta W = W_g(Q) - W_t(Q) \text{ [cm]}$$

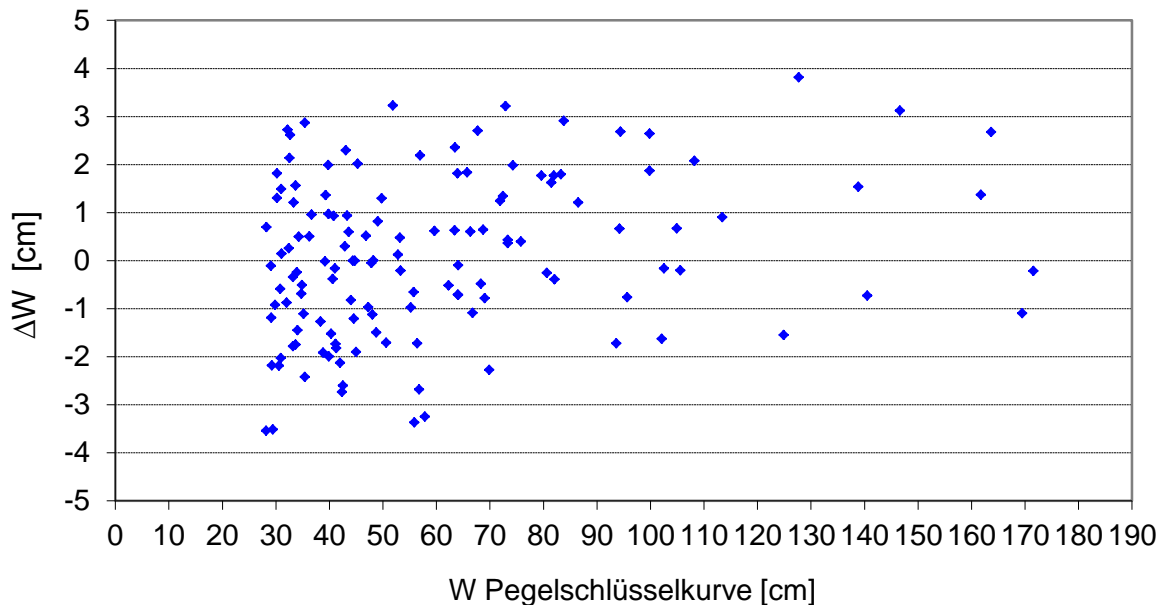
Mit

$W_g(Q)$  gemessener Wasserstand zur gemessenen Durchflussmenge

$W_t(Q)$  Wasserstand der Abflusskurve zur gemessenen Durchflussmenge

Die Abweichungen  $\Delta W$  liegen normalerweise für etwa 60% bis 80% der Abflussmessungen im Bereich  $\pm 2$  cm und unterscheiden sich nicht wesentlich für Niedrigwasser, Mittelwasser und Hochwasser. Es können daher die  $\Delta W$ -Werte der unbeeinflussten Messungen von allen Wasserständen zur Analyse herangezogen werden. Steht eine ausreichende Anzahl von Messungen zur Verfügung können mit Hilfe der  $\Delta W$ -Werte auch vergleichsweise schwache langfristige Trends detektiert werden.

**$\Delta W$ -Werte in Relation zum Wasserstand der Pegelschlüsselkurve.  
Pegel Hausweiler, Erft, NRW**



Die Verwendung von  $\Delta W$ -Werten wurde bisher in der Pegelvorschrift (Anhang D, Seite 10 – 7) empfohlen und sollte auch weiterhin gegenüber  $\Delta Q_r$ - und  $\Delta Q$ -Werten bevorzugt werden.

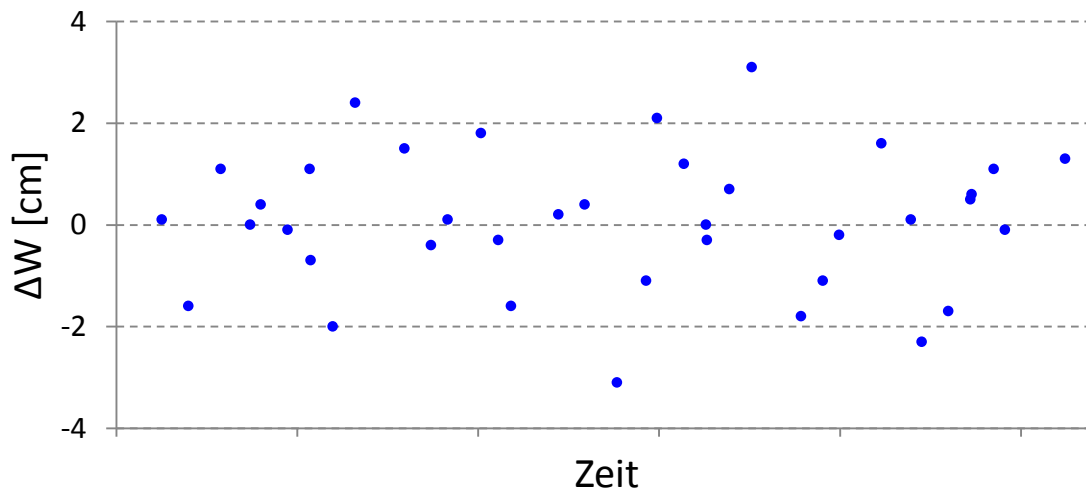
Folgender Ergänzungsvorschlag für die Neufassung des Textes:

„Jede Konstruktion einer Abflusskurve stellt ein Näherungsverfahren dar. Zwischen den Messwerten und der Abflusskurve bestehen zufällige Abweichungen. Der gemessene Wasserstand  $W_g(Q)$  kann mit dem entsprechenden Wert  $W_t(Q)$  der Abflusskurve verglichen werden und dessen Abweichung  $\Delta W$  bestimmt werden:

$$\Delta W = W_g(Q) - W_t(Q) \text{ [cm]}$$

$W_g(Q)$             gemessener Wasserstand zur gemessenen Durchflussmenge  
 $W_t(Q)$             Wasserstand der Abflusskurve zur gemessenen Durchflussmenge

Die Darstellung und der Abweichungen  $\Delta W$  über die Zeit ermöglicht es Trends oder Bruchpunkte zu erkennen und die W/Q-Beziehung gegebenenfalls anzupassen. Hierfür ist es wichtig, dass die zugrundeliegenden Messungen nicht durch Verkrautungsaufstau oder andere kurzfristige Einflüsse beeinflusst sind.



### 34. Seite B-76 – B.6.3.8 – Unsicherheitsbetrachtung, EV

„Mit zunehmender Anzahl der Messungen sollten sich zufällige Abweichungen im Mittel ausgleichen. Ein Maß für die Unsicherheit der Wasserstands-Durchfluss-Beziehung ist die Wurzel der mittleren quadratischen relativen Abweichung  $m_{Q(W)}$ . Unter Annahme einer linearen Zunahme der Varianz mit steigendem Durchfluss ermittelt sich diese zu:

$$m_{Q(W)} = 100 \cdot \sqrt{\frac{1}{n-2} \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{Q_{gi} - Q_{ti}}{Q_{ti}} \right)^2} \quad [\%]$$

|          |  |
|----------|--|
| $N$      | Anzahl der Messwerte [-]   |
| $Q_{gi}$ | gemessener Durchfluss [ $m^3/s$ ]  |
| $Q_{ti}$ | Durchfluss entsprechend der angenommenen Wasserstands-Durchfluss-Beziehung [ $m^3/s$ ] |

...

Eine getrennte Betrachtung der Unsicherheiten jeweils für den Niedrig- ( $Q \leq 0,5 \text{ MQ}$ ), Mittel- ( $0,5 \text{ MQ} < Q < 2 \text{ MQ}$ ) und Hochwasserbereich ( $Q \geq 2 \text{ MQ}$ ) wird empfohlen. Die quadratische relative Abweichung sollte sich dabei jeweils unterhalb der folgenden Grenzwerte bewegen:

- 20 % im Niedrigwasserbereich

- 5 % im Mittelwasserbereich
- 10 % im Hochwasserbereich“

Der letzte Absatz muss lauten:

„... Die Wurzel der mittleren quadratischen relativen Abweichung  $m_{Q(W)}$  sollte sich dabei jeweils unterhalb der folgenden Grenzwerte bewegen:“

Auch hier gilt, dass die Inkonsistenz der Varianz der  $\Delta Q_r$ -Werte zu Problemen bei der Berechnung von  $m_{Q(W)}$  führt. Um dies zu vermeiden ist es sinnvoll auch hier auf  $\Delta W$ -Werte zurückzugreifen.  $m_{Q(W)}$  wird als „Maß für die Unsicherheit“ beschrieben, es handelt sich dabei aber um ein Maß für die relative Streuung der  $\Delta Q_r$ -Werte um die Pegelschlüsselkurve. Es sollte darauf geachtet werden, dass der Anwender  $m_{Q(W)}$ -Werte nicht im Sinne der Messgenauigkeit eines Messgerätes interpretieren darf. Die Interpretation, dass der „wahre“ Abfluss bei MQ um +/- 5% um den angegebenen Messwert liegt ist nicht zulässig. Hierfür ist zusätzlich die Angabe von Konfidenzintervallen notwendig. Darauf sollte im Text hingewiesen werden.

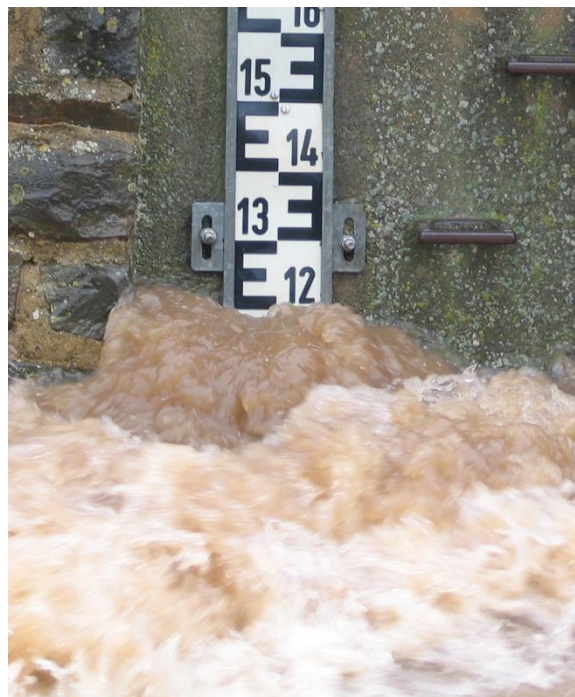
Grundsätzlich ist es auch hier sinnvoll statt der  $\Delta Q_r$ -Werte die Berechnung der Streuung auf  $\Delta W$ -Werte aufzubauen. Eine Berechnung für unterschiedliche Wasserstände NW, MW oder HW ist nicht nötig, da sich die Varianz der  $\Delta W$ -Werte nicht wesentlich mit dem Wasserstand ändert. Daher schlagen wir folgenden Text vor:

„Die Abweichungen  $\Delta W$  zur Pegelschlüsselkurve können für einen Vergleich von Pegeln untereinander und als Maß für die Unsicherheit der W/Q-Beziehung herangezogen werden. Da der Mittelwert der  $\Delta W$ -Werte ungefähr null ist, genügt es für die Beschreibung der Unsicherheit einer Pegelschlüsselkurve oder den Vergleich verschiedener Pegel die Standardabweichung der  $\Delta W$ -Werte zu berechnen. Die Standardabweichung sollte  $\leq 2\text{cm}$  sein. „

### 35. Seite C-1 – C.1.1 – Ablesung, EV

*„(2) Abgelesene Messwerte besitzen eine hohe Vertrauenswürdigkeit und dienen als Referenz für die Korrektur der Messwerte kontinuierlich registrierender Geräte. Zugleich sind sie Fixpunkte für die abschließend geprüfte Ganglinie.“*

Leider kommt es immer wieder vor, dass besonders bei Hochwasser abgelesene Messwerte fehlerhaft sind, da sie von ungeübten Personen (falsch) abgelesen wurden, oder die Abflusssituation bei Hochwasser das Ablesen der Pegellatte erheblich erschwert. In diesem Fall hat es sich bewährt den Wasserstand an der Pegellatte zusätzlich als Foto oder Film festzuhalten, um nachträgliche Überprüfungen durch erfahrenes Personal zu ermöglichen.



P

Daher den Text wie folgt erweitern:

*„... Um Ablesefehler bei Hochwasser unter erschwerten Bedingungen zu vermeiden ist es sinnvoll den Wasserstand an der Pegellatte zusätzlich als Foto oder kurzen Film zu erfassen.“*

## 36. Seite C-2 – C.1.4 – Messunsicherheit und Auflösung, EV

*(2) Messwerte und die aus ihnen aggregierten Werte dürfen durch Angabe vieler Nachkommastellen keine über der Messunsicherheit liegende Genauigkeit vortäuschen. Grundsätzlich beträgt die Auflösung für den Wasserstand 1 cm. In Sonderfällen kann eine höhere Auflösung hilfreich beim Erkennen von sich allmählich entwickelnden Beeinflussungen sein.*

Technisch ist es heute möglich, den Wasserstand an einem Pegel mit einer Genauigkeit von 0,1 cm zu erfassen. Wie genau der gemessene Wasserstand dann in einer Zeitreihe abgelegt wird sollte von den Messbedingungen am Pegel abhängig gemacht werden. Bei geringem Gefälle und niedrigen Fließgeschwindigkeiten schwankt der Wasserspiegel nur wenig und die Pegellatte kann bei MQ mit einer Genauigkeit von 0,1 – 0,2 mm abgelesen werden. Der Messwertgeber kann entsprechend genau eingestellt werden. Bei hohem Gefälle, hohen Fließgeschwindigkeiten und starken Wasserspiegelschwankungen bei MQ ist eine geringere Genauigkeit ausreichend.

Eine hohe Genauigkeit hat Vorteile, die sich nicht nur auf wenige „Sonderfälle“ beschränkt:

1. Trendhafte Veränderungen werden erst erkennbar, wenn sie deutlich über der Auflösung einer Ganglinie liegen. Bei einer Auflösung von 1 cm sind Veränderungen unter 2 cm nicht erkennbar. Wurde die Ganglinie von vornherein mit einer Auflösung von einem Zentimeter registriert sind genauere Analysen später unmöglich.
2. Bei einem Pegel mit MQ 1,0 m<sup>3</sup>/s ergeben sich durch eine Beeinflussung des Wasserstands von einem Zentimeter (z.B. durch Sedimentation / Erosion im Pegelprofil) bereits Abweichungen von 10 bis 15% vom MQ. Bei Niedrigwasser ist die Abweichung entsprechend höher. Erfolgen Durchflussmessungen und die Aufzeichnung der Wasserstandsganglinie mit einer Genauigkeit von einem Zentimeter, dann wird dieser systematische Fehler nicht erkannt.
3. In der wasserwirtschaftlichen Praxis wird die möglichst genaue Berechnung der Durchflussmenge bei Mittelwasser und Niedrigwasser immer wichtiger. Die genaue Berechnung von Frachten (z.B. für Spurenstoffe) oder die Entnahme von Wasser für Bewässerungszwecke in der Landwirtschaft sind hierfür nur zwei Beispiele.

Die Aussage, dass „grundsätzlich“ eine Auflösung von 1 cm ausreicht, um den Wasserstand zu erfassen, verengt den Blick zu auf große Pegelanlagen (Gewässer 1. Ordnung) mit schneller Strömung, erheblicher Oberflächenrauheit und erheblichem Wellengang.

Es ist zu befürchten, dass durch diese Aussage die Registrierung des Wasserstands an vielen Pegeln auf einen Zentimeter beschränkt wird und damit von Beginn an hinter den Möglichkeiten zurückbleibt, obwohl eine höhere Auflösung weder technisch noch personell zusätzlichen Aufwand bedeutet. Stellt sich nach Jahren heraus, dass eine höhere Auflösung notwendig gewesen wäre, ist dies nicht mehr zu korrigieren. Es ist keineswegs so, dass sich eine Genauigkeit von 0,1 cm bei der Registrierung des Wasserstands nur in wenigen „Sonderfällen“ lohnt!



Wir schlagen daher vor den Text wie folgt zu verändern:

*(2) Messwerte und die aus ihnen aggregierten Werte dürfen durch Angabe vieler Nachkommastellen keine über der Messunsicherheit des Pegels liegende Genauigkeit vortäuschen. Gleichzeitig sollen Messwerte nicht weniger genau erfasst werden, als es die am Pegel vorliegende Abflusssituation ermöglicht. Technisch ist es möglich den Wasserstand mit digital registrierenden Messwertgebern mit einer Genauigkeit von 0,1 cm zu erfassen. Die Auflösung, mit der der Wasserstand erfasst wird, kann anhand der Rauheit der Wasseroberfläche bei Mittelwasser festgelegt werden. Bei relativ glatter Wasseroberfläche und geringem Wellengang beträgt die Auflösung 0,1 cm. Bei sehr rauher Wasseroberfläche und sehr unruhiger Wasseroberfläche kann es ausreichend sein den Wasserstand mit einer Genauigkeit von 1,0 cm zu erfassen. Die Berechnung von Hauptzahlen des Wasserstands erfolgt mit einer Genauigkeit entsprechend der registrierten Wasserstandsganglinie jedoch mit maximal drei gültigen Ziffern und höchstens einer Nachkommastelle.*

### 37. Seite C-1 – C 1.3 – Digitale Messwertaufnahme, EV

Die Begrifflichkeiten „Momentanwerte“ als „Mittelwerte bzw. Extremwerte aus bis zu 5 aufeinander folgenden Messwerte“ und „Einzelwerte“ als „arithmetisches Mittel der Messwerte eines bestimmten Zeitintervalls, in der Regel von 15 Minuten“ sind missverständlich und nicht wirklich plausibel.

Eine nochmalige Aggregation des (in der Regel auf Ebene des Messgeräts bzw. Datenloggers) bereits aggregierten „Momentanwerts“ auf einen zeitlich gröber aufgelösten „Einzelwert“ ist möglich, aber heutzutage eigentlich nicht mehr erforderlich. Genauso gut können die „Momentanwerte“ direkt als „Einzelwerte“ weiterverwendet werden.

Darüber hinaus wird der Begriff „Einzelwert“ im Text uneinheitlich verwendet (vgl. A-9: „1 Minuten Einzelwert“ oder Tabelle B.4-1: hier bezieht sich Einzelwert auf den einzelnen Messwert). Plausibler wäre es u.E. durchgängig von Messwerten und aggregierten Werten zu sprechen (wie in C 1.4 (2)).

Wird ein aggregierter Messwert (z.B. für die Berechnung des Tagesmaximums oder -minimums) bei der Weiterverwendung einem Zeitpunkt (anstelle eines Zeitintervalls) zugeordnet, sollte darauf hingewirkt werden, dass dieser Zeitpunkt grundsätzlich das Mittel des Zeitintervalls ist und Ausnahmen (Intervallanfang bzw. -ende) zu dokumentieren sind.

### Seite C-3 – C 2.2 – Weitergehende Prüfung der registrierten Werte, EGLV

Unzuverlässige und ungenaue Messwertaufnehmer sollten nicht eingesetzt werden. Wir schlagen daher folgende Textänderung vor:

*„(2) Sind am Pegel redundante Messwertgeber vorhanden, legt der Pegelbetreiber fest, welcher primär verwendet wird. Der primäre Messwertgeber ist i.d.R. jener, ~~der von Ausnahmesituationen abgesehen, von dem auszugehen ist, dass er eine höhere Zuverlässigkeit hat. zuverlässiger und im Vergleich zum Wasserstand an der Pegellatte genauer arbeitet.~~“*

### Seite C-4 – C 2.2 – Weitergehende Prüfung der registrierten Werte , EV

*(6) „Wasserstände, die anthropogen (z. B. durch Bauarbeiten) oder natürlich (z. B. bei Verkräutung) beeinflusst sind, werden nicht korrigiert und müssen gekennzeichnet werden“*

Diese Aussage ist u.E. zu pauschal. Wenn beispielsweise durch spielende Kinder (Dammbauten) oder Eisstau Wasserstände kurzfristig beeinflusst werden, dann muss eine Korrektur der Wasserstandsganglinie in höheren Qualitäten erfolgen.

Wir schlagen daher folgenden veränderten Text vor:

*(6) „Wasserstände, die durch anthropogene oder natürliche Einflüsse mittelfristig verändert sind (z.B. durch Verkräutung oder andauernde Bauarbeiten, die zu einer Beeinflussung von mehreren Wochen führen) werden nicht korrigiert. Eine korrekte*

*Durchflussberechnung aus dem Wasserstand wird über Veränderungswerte sichergestellt. Der Beeinflusste Zeitraum der Wasserstandsganglinie wird gekennzeichnet.*

*Ist der Wasserstand nur kurzzeitig beeinflusst (wenige Stunden oder Tage z.B. durch Randeis, Eisstau, Dammbauten durch spielende Kinder, etc.), dann kann die Wasserstandsganglinie in einer höheren Qualität korrigiert und entsprechend gekennzeichnet werden. Eine Korrektur der Durchflussganglinie mit Veränderungswerten ist nicht notwendig.*

### **38. Seite C-6 – C.3.3.1 Hauptwerte – Überblick, NV**

Auf der Seite C-9 hat sich wohlmöglich ein redaktioneller Fehler eingeschlichen. Im ersten Satz müsste der Zeitraum des ersten Wertes nur über 9 Jahr von 2001 bis 2009 gehen.

Der Text müsste entsprechend geändert werden:

*„... nur die beiden Werte WW 2001/2009 und MW 2010 bekannt“*

### **39. Seite F-1 – F. Verzeichnis der Begriffe – Teil A-E, EV**

**Messgenauigkeit:** *Sie wird durch zwei Anteile bestimmt: die Unsicherheit der Messung (Präzision der Messung), die durch die Streuung der Mittelwerte der Messwerte bestimmt wird und die Richtigkeit der Messung, d.h. eine gute Übereinstimmung zwischen dem Mittelwert der Messung und dem „wahren Wert“, der sich bei einer bestmöglichen Messung ergeben würde.*

Wie wird die „Richtigkeit der Messung“ berechnet? Wie sind Richtigkeit und Unsicherheit miteinander zu verrechnen. Das sollte hier erklärt werden – oder handelt es sich hier um den Gegensatz zum Begriff „Messunsicherheit“!

Folgender Vorschlag für eine etwas präzisere Definition:

**„Messgenauigkeit:** *Sie wird durch zwei Anteile bestimmt: die Unsicherheit der Messung (Präzision der Messung), die z.B. mit Hilfe der Standardabweichung bestimmt werden kann (siehe „Messunsicherheit“) und die Richtigkeit der Messung, d.h. eine gute Übereinstimmung zwischen dem Mittelwert der Messung und dem „wahren Wert“, der sich bei einer bestmöglichen Messung ergeben würde.“*

#### 40. F. Seite F-6 und F-10 – Verzeichnis der Begriffe – Teil A-E, EV

*„**Messunsicherheit**: Kennwert, der aus Messungen gewonnen wird und zusammen mit dem Messergebnis zur Kennzeichnung eines Wertebereichs für den wahren Wert der Messgröße dient. Die **Benennung Standard(mess)unsicherheit** wird verwendet, wenn herausgestellt werden soll, dass die Messunsicherheit durch eine Standardabweichung ausgedrückt wird. Sie besitzt dieselbe Dimension wie die Messgröße. Die **Genauigkeit einer Messung** wird durch zwei Anteile bestimmt: die **Unsicherheit der Messung** (Präzision der Messung), die durch die Streuung der Mittelwerte der Messwerte bestimmt wird und die **Richtigkeit der Messung**, d.h. eine gute Übereinstimmung zwischen dem Mittelwert der Messung und dem „richtigen Wert“, der sich bei einer bestmöglichen Messung ergeben würde.“*

*„**Unsicherheit**: (auch Messunsicherheit, Standardunsicherheit, Standardmessunsicherheit, Genauigkeit, oder Ungenauigkeit), Wertebereich, innerhalb dessen der wahre Wert einer Messgröße mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit liegt. Im Fall der einfachen Standardabweichung beträgt sie etwa 68%.“*

Unter dem Begriff „Messunsicherheit“ werden die Definitionen von „Messgenauigkeit“ und „Unsicherheit“ vermischt, die Erklärung zur Messgenauigkeit wird nochmals fast wortgleich wiederholt. Die Begriffe Messunsicherheit und Unsicherheit sollten in einem Absatz definiert werden und nicht mit dem Begriff „Messgenauigkeit“ vermischt werden.

Die Unsicherheit einer Messung ergibt sich nach GUM (**G**uide to the Expression of **U**ncertainty in **M**asurement) beispielsweise aus der empirischen Standardabweichung der Messwerte und der Anzahl der Messwerte. Verwendet man die Standardabweichung als Basis für die Berechnung der Unsicherheit, dann liegt der Erwartungswert der Messwerte mit einer Wahrscheinlichkeit von ungefähr 68% (Konfidenzintervall) innerhalb der Grenzen +/- u um den Mittelwert der Messungen. In diesem Fall wird auch von „Standardunsicherheit“ oder „Standardmessunsicherheit“ gesprochen. Für ein Konfidenzintervall von 95% ist die Standardunsicherheit mit zwei zu multiplizieren.

Grundsätzlich sollte im Pegelhandbuch nur möglichst wenige und genau definierte Begriffe verwendet werden. Wir schlagen vor daher immer nur von „Unsicherheit“ oder Messunsicherheit zu sprechen und die Begriffe Standardunsicherheit, Standardmessunsicherheit, Genauigkeit, oder Ungenauigkeit zu vermeiden.

Unser Vorschlag für den Text:

*„**Messunsicherheit / Unsicherheit**: (auch Standardunsicherheit, Standardmessunsicherheit, Genauigkeit, oder Ungenauigkeit), Wertebereich, innerhalb dessen der wahre Wert einer Messgröße mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (Konfidenzintervall) liegt. Wird die Unsicherheit aus der Standardabweichung einer Stichprobe von Messwerten errechnet, dann beträgt das Konfidenzintervall etwa 68%. In diesem Fall liegt der Erwartungswert mehrerer Messwerte mit einer Wahrscheinlichkeit von ungefähr 68% innerhalb der Grenzen +/- der errechneten Unsicherheit um den Mittelwert der Messungen. Für ein Konfidenzintervall von etwa 95% ist die aus der Standardabweichung errechnete Unsicherheit mit zwei zu multiplizieren.“*

$$u(\bar{x}) = s(\bar{x}) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$u(\bar{x})$  = Unsicherheit

$s(\bar{x})$  = empirische Standardabweichung des Mittelwertes

$s(x_i)$  = empirische Standardabweichung der Messwerte

$n$  = Anzahl der Messwerte

$x_i$  = einzelner Messwert

$\bar{x}$  = arithmetischer Mitterwert der Messwerte

