

Grundsätze zur
„Qualitätssicherung in der
Gewässerkunde“

Redaktionsschluss: 19.05.2011



Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

1 Einleitung

Die Bewirtschaftung der Wasserressourcen, das Management von Extremereignissen (Hochwasser und Niedrigwasser) sowie die Gefahrenabwehr obliegen in der Regel den Ländern. Für die zuverlässige Ermittlung des nach Volumen und Beschaffenheit zur Verfügung stehenden Wasserdargebotes ist es notwendig, die relevanten Größen des Wasserhaushaltes in ausreichender räumlicher und zeitlicher Dichte auf Dauer zu erfassen. Aufgabe des gewässerkundlichen Mess- und Beobachtungsdienstes ist es daher, die zur Vorbereitung politisch-legislativer sowie wasserrechtlicher Entscheidungen notwendigen Basisdaten in hinreichender Genauigkeit⁽¹⁾ bereitzustellen. Hierauf abgestimmte Schätzverfahren, mit deren Hilfe dann die relevanten bzw. interessierenden gewässerkundlichen Größen/Parameter abgeleitet werden können, unterstützen diesen Prozess. Beispiele dafür sind die Bestimmung von Hochwasser- und Sturmflutrisiken für die Bevölkerung und die davon abgeleiteten Deichhöhen entlang der Flüsse und Küsten. Auch werden die heute vielfach diskutierten und deklarierten klimabedingten Veränderungen von Meeresspiegeln oder Durchflüssen sowohl hinsichtlich der Charakteristika von Niedrigwasser als auch Hochwasser aus den erhobenen Daten der Gewässerkunde abgeleitet und begründet.

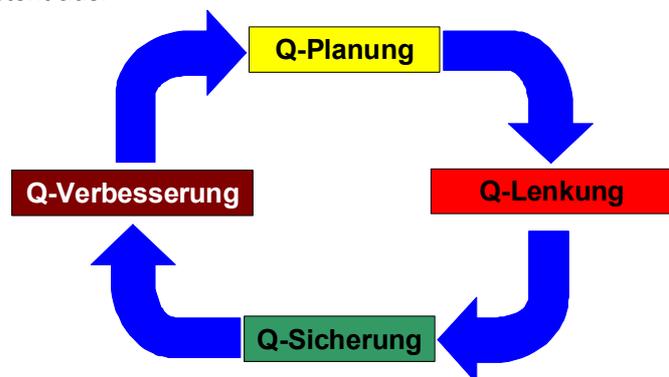
Da die Schätzverfahren, so lange die Stichprobenumfänge nicht unendlich groß werden, immer mit einer Unsicherheit behaftet sind, sollte es Ziel der Messungen sein, den einzelnen Messwert möglichst hinreichend genau zu bestimmen. Der Begriff hinreichend definiert sich aus der Größe der Unsicherheit der betrachtenden Schätzfunktion, aus der Größe der Unsicherheit der Messgrößen, die in die Bestimmung des interessierenden Parameters mit einfließen und letztendlich auch aus wirtschaftlichen Gegebenheiten.

Diese geforderten hinreichenden Genauigkeiten der hydrologischen Parameter sind heute unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nur mit einem effizient eingeführten Qualitätsmanagement erreichbar. Zugleich müssen diese Qualitätsstandards auch gerade dann eingehalten werden, wenn sich die hoheitliche Verwaltung Dritter bedient. Im Sinne einer homogenen und konsistenten Datenerhebung ist es daher unabdingbar, dass sich die Messnetzbetreiber auf einheitliche Mindestqualitätsstandards einigen.

2 Qualitätsmanagement

Allgemein gilt, dass sich Organisationen in Ihrem Handeln nur dann effizient und qualitätsbewahrend verhalten, wenn in geeigneter Weise der Regelkreis des Qualitätsmanagement (QM) nachhaltig etabliert wird. Dieser Regelkreis besteht aus:

- I. **Qualitätsplanung (QP),**
- II. **Qualitätslenkung (QL),**
- III. **Qualitätssicherung (QS) und**
- IV. **Qualitätsverbesserung (QV)**



Unter dem Aspekt einer homogenen Datenerhebung und -vergleichbarkeit über

¹ Die Genauigkeit einer Messung wird durch zwei Anteile bestimmt: Die **Unsicherheit der Messung** (die 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.

alle Messnetze der Länder und des Bundes sind Mindestvorgaben in den Qualitätszielen und in der Qualitätssicherung unabdingbar. Nachfolgend werden insbesondere die Belange der Qualitätssicherung behandelt.

2.1 Allgemeine Zieldefinition der Qualität

Die Qualitätsziele müssen für alle Bereiche der gewässerkundlichen Messtechnik und Messverfahren, d.h. von der Messstellenauswahl bis zum geprüften Datensatz formuliert und dokumentiert werden. Dies erfordert auch eine genaue Anwendung der Begriffe Messgröße und abgeleitete Größe bzw. Parameter gemäß DIN 4049-3: 1994-10.

2.1.1 Messnetzstrategie und eine wiederkehrende Messnetzüberprüfung

Der Fokus liegt dabei zunächst auf der Definition der Anforderungen an das Messnetz selbst. Fragestellungen nach

- den Zielstellungen und Zweckbestimmungen des Messnetzes
- den Interessenten und Nutzern der gewonnenen Daten
- der notwendigen räumlichen und zeitlichen Auflösung der Daten
- Verfügbarkeit und Weitergabe von Information über die Messstationen (Stammdaten)
- der Gewährleistung von erhöhter Verfügbarkeit durch redundante Erhebungen
- und den zukünftigen Anforderungen an die heutigen, dann historischen Messdaten sind von essentieller Bedeutung.

Diese Anforderungen sind in regelmäßigem Abstand zu überprüfen und anzupassen. Dabei richtet sich der **Bedarf** für ein Messnetz oder dessen Erweiterung nach den jeweiligen Aufgaben der Länder und deren Betriebe/Verwaltungen. Weiterhin erfordert die Messnetzstrategie eine Definition von **Standortkriterien**. Neben den naturräumlichen Gegebenheiten sind auch infrastrukturelle Belange bei der Standortwahl zu berücksichtigen. Je nach Ziel / Ausrichtung des Messnetzes kann eine Klassifizierung der einzelnen Messstellen hilfreich sein.

In regelmäßigen und hinreichend kurzen Zeitintervallen ist eine Überprüfung der Messnetze hinsichtlich des festgelegten Zieles, deren Eignung und der Repräsentativität durchzuführen und zu dokumentieren.

2.1.2 Angabe der Unsicherheit des Messverfahrens und zur Messdatenverfügbarkeit

Jedes Messverfahren und somit auch jeder Datensatz ist mit Messfehlern behaftet. Sie resultieren aus systematischen Fehlern (mangelnde **Richtigkeit der Messung**), die von Geräte- oder Systemeigenschaften herrühren, und den zufälligen Fehlern (**Unsicherheit der Messung**), die durch eine Vielzahl von stochastischen Prozessen in der Messung oder in den anschließenden Algorithmen zur Umrechnung der Messgröße in den Messwert hervorgerufen werden. Das bedeutet gleichzeitig, dass entsprechend dem Standort, dessen Anschlussmöglichkeiten und den gewünschten Messwerten die entsprechenden Systemkomponenten eingesetzt werden müssen.

2.1.3 Langzeitarchivierung hydrologischer Informationen (Daten und Metadaten) bedeutender Messstellen

Die Langzeitarchivierung hydrologischer Informationen ist ein wesentlicher Bestandteil eines Qualitätsmanagements. Die Zuständigkeiten werden grundsätzlich durch die Archivgesetze der Länder geregelt. In Anbetracht der großen und sehr heterogenen Datenmengen müssen im Vorfeld Kriterien definiert werden, nach denen beurteilt werden kann, welche Daten für künftige Generationen zu erhalten sind. Dabei muss die Langzeitarchivierung Integrität, Authentizität und Verfügbarkeit der Objekte wahren. Zudem muss die Sicherheit gegen Verluste der Objekte und der mit ihnen unwiederbringlich verloren gehenden Inhalte durch organisatorische und technische Vorkehrungen garantiert werden. Dies gilt nicht nur für die analogen Datenbestände sondern auch erst recht für die digitalen hydrologischen Datensätze.

2.1.4 Plausibilisierung und zeitgerechte Bereitstellung von hydrologischen Informationen

Die Bereitstellung und Plausibilisierung der Messdaten richtet sich nach der Aufgabenstellung der Messstelle, der Ausstattung, der jeweiligen hydrologischen Situation und den Anforderungen der Nutzer. Die Bereitstellungs- und Prüfzyklen der einzelnen Pegelstellen sind variabel und werden in entsprechenden Messprogrammen festgeschrieben.

Die gemessenen Daten sind zu prüfen und aufzubereiten. Dazu zählen:

- die Korrektur von fehlerhaften Daten und das Schließen von Datenlücken (ggf. automatisiert an der Messstelle oder nach Übertragung bezogen auf die Messstelle bzw. in räumlichen Bezug zu Nachbarmessstellen)
- die Bewertung der künstlichen Beeinflussung des Gewässers und Schaffung eines Bezuges zum natürlichen, unbeeinflussten Abfluss
- Erfassung und Dokumentation von Korrekturen natürlicher Beeinflussungen im Rahmen der Datendokumentationen
- das Ablegen der Daten in Datenbanken
- das Weiterverarbeiten der Messdaten zu weiteren Grundlagendaten, z. B. Abflüsse in Fließgewässern, Regionalisierungen
- die primäre Datenauswertung und die Erstellung gewässerkundlicher Grundinformationen mit einer Abschätzung der jeweiligen Unsicherheiten.

Dabei sind die einzelnen Schritte zu dokumentieren. Eine zeitnahe Aufbereitung und aussagekräftige Darstellung der Daten sind ein wesentliches Element, um den personellen und finanziellen Aufwand für den gewässerkundlichen Dienst in Politik und Gesellschaft zu begründen.

Die Bereitstellung der Informationen muss grundsätzlich zeitnah erfolgen (z.B.):

- Für Warnzwecke (z.B. Hochwasser) möglichst zeitgleich mit der Messung und erster (automatischer) Plausibilisierung (mindestens stündlich).
- Für aktuelle Informationen zeitnah mit erster automatischer und manueller Plausibilisierung (mindestens täglich)
- Für allgemeine Informationen (Wochen-, Monatsberichte) mit erster Datenprüfung, ersten Auswertungen und verbaler Erläuterung (bis zum Ende der folgenden Woche, Monat)
- Als Grundlage wasserrechtlicher Entscheidungen (z.B. Talsperrensteuerung, Wasserkraftanlagenbetrieb usw.)
- Grundlagendatenbereitstellung für Bilanzierungs- und Bewirtschaftungsfragen
- Für Dokumentationen (z.B. DGJ⁽²⁾), Archivierung und als Grundlage für vertiefte Auswertungen mit abschließender Datenüberprüfung (im Folgejahr)
- Für die Aufstellung einer vieljährigen Statistik geprüfter Daten für jegliche wasserwirtschaftliche Auswertungen, Regionalisierungen und Bemessungsfragen
- Für eine rückwirkende Datenkorrekturen nach neuen Erkenntnissen (Messungen extremer Wasserstände/Durchflüsse)

Die zeitgerechte Bereitstellung der Daten (UIG⁽³⁾ –IFG⁽⁴⁾) erfordert dezidierte organisatorische Regelungen (Zuständigkeiten).

2.1.5 „Amtlichkeit“ der hydrologischen Informationen

Alle wichtigen hydrologischen Informationen mit übergeordneter Bedeutung sind so zu kennzeichnen, dass organisations- und systemübergreifend, zu jeder Zeit erkennbar ist, dass es sich um amtlich festgestellte gewässerkundliche Informationen handelt. Der Zeitpunkt der „amtlichen“ Feststellung ist zu dokumentieren.

² Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch (DGJ)

³ Umweltinformationsgesetz (UIG des Bundes und der Länder)

⁴ Informationsfreiheitsgesetz (IFG: Gesetz zur Regelung des Zugangs zu Informationen des Bundes)

2.1.6 Bezugssystem Zeit (MEZ)

In der Hydrologie ist ein einheitliches länderübergreifendes und jahreszeitlich konsistentes Zeitsystem absolut notwendig. Alle Zeitangaben sind generell auf MEZ zu beziehen.

2.1.7 Organisatorische Qualitätsziele (Schulung, Ausbildung, Personal)

Im Rahmen der Qualitätssicherung ist die Qualität der gewässerkundlichen Daten durch Schaffung der personellen, organisatorischen und technischen Voraussetzungen zu gewährleisten. Unter anderem gehören hierzu:

- die Bereitstellung der Hard- und Software zur Zwischenspeicherung, Übertragung, Prüfung, Haltung und Aufbereitung der Daten,
- die Qualifikation der Bearbeiter durch Schulung, Anleitung und Motivation,
- ein angepasster Personal- und Geräteeinsatz,
- die Arbeitsabläufe zur Erarbeitung der Daten zu definieren und
- die Zuständigkeiten zu klären.

2.2 Allgemeine Dokumentation der Qualitätsziele und Zielerreichung

Die Dokumentation der Qualitätsziele und der Zielerreichung ist eine grundsätzliche Voraussetzung für ein nachhaltiges Qualitätsmanagement. Diese Dokumentation sollte durch verwaltungstechnische Maßnahmen abgesichert werden. Weiterhin ist anzustreben, dass für jeden hydrologische Messwert bzw. Kennwert eine Standardunsicherheit (DIN 1319-3) darstellbar ist und angegeben wird. Die Richtigkeit der Messung (systematische Fehler der Messung) ist in ihrer quantitativen Größe abzuschätzen und zu dokumentieren.

3 Grundsätze der QS in der Wasserstandsmessung

3.1.1 Geodätische Einmessung (Lage mit Koordinatensystem, PNP)

Die Verfahren und Messintervalle zur Bestimmung der Höhenlage des Pegelnullpunktes sind entsprechend den hydrologischen Anforderungen und den lokalen und regionalen anthropogen und geotektonisch verursachten Höhenänderungen anzupassen.

Die Einmessung beinhaltet dabei die Definition einer Höhenlage des Pegelnullpunktes (PNP) relativ zu den Pegelfestpunkten und den Anschluss der Pegelfestpunkte an übergeordnete Höhenreferenzsysteme (überregionale Vergleichbarkeit).

Im Rahmen von regelmäßigen Kontrollen der Höhenlage wird die Ablage gegenüber der definierten Höhenlage des Pegelnullpunktes bestimmt. Eingesetzte Beobachtungsmethoden und Messintervalle sind dabei so zu wählen, dass die **maximale** Standardmessunsicherheit der Pegelnullpunktshöhe nicht überschritten wird. Die maximale Messunsicherheit setzt sich dabei aus den Unsicherheiten der Anschlussmessung zum übergeordneten Höhenreferenzsystem, den Kontrollen der Höhenlagen sowie den vertikalen Verschiebungen der Wasserstandssensoren (z.B. Pegellatte oder Radarpegel) zusammen.

Für die Qualität der Bestimmung der Lage des Pegels sind die Anforderungen der Hydrologie maßgeblich. Sowohl für Angaben bezüglich der Höhenlage des Pegelnullpunktes als auch der Lage des Pegels sind die genutzten Koordinatenreferenzsysteme (Lage und Höhe) zu dokumentieren.

Die maximale Standardmessunsicherheit der geodätischen Einmessung soll 2 cm nicht überschreiten. Die Höhenkontrollintervalle sind so zu bemessen, dass die hierdurch verursachte

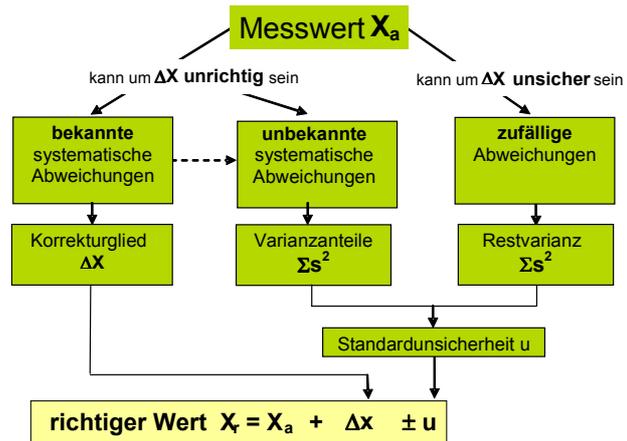
verfahrenstechnische Unsicherheit (Unterabtastung) die maximale Standardmessunsicherheit nicht überschreitet.

3.1.2 Die maximale Messunsicherheit in der Wasserstandmessung

Die maximale Messunsicherheit (ohne die Unsicherheit aus Abschnitt: 3.1.1) der gesamten Messkette von der Wasserstandsmessung, über die Datenübertragung, bis in die Datenbank sollte in der Standardunsicherheit (DIN 1319-3) kleiner sein als:

- 10 cm für den 1 Minuten Einzelwert (Küste)
- 2,5 cm für den 15 Minuten Einzelwert
- <1 cm für den Tagesmittelwert

Der maximale unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht eliminierbare, von der Größe her, unbekannte systematische Fehler (Messabweichung nach DIN 1319-3) des Messverfahrens (Richtigkeit der Messung) sollte kleiner sein als ± 2 cm. Gegebenenfalls müssen die Anforderungen an die Durchflussermittlung angepasst werden (siehe 4.3.1).



3.1.3 Angaben zur Kalibrierhäufigkeit des verwendeten Messverfahrens

Die Häufigkeit der Kalibrierung ist entsprechend der technischen Ausstattung der Messstelle festzulegen und zu dokumentieren. Die Häufigkeit der Kalibrierung ist so zu bemessen, dass die geforderten maximalen Unsicherheiten (nach 3.1.1 und 3.1.2) einschließlich der Kalibrierunsicherheiten eingehalten werden.

3.1.4 Größe des Messintervalls

Die Größe des Messintervalls ist so festzulegen, dass die hydrologisch relevante Dynamik des Wasserstands vollständig erfasst wird. Für frei fließende Gewässer hat sich bei einer automatischen Vorrichtung zur Wasserstandsmessung ein 15-Min.-Wert bundesweit etabliert. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen und aus Genauigkeitsgründen sind Ausnahmen sowohl in Bezug auf kürzere als auch längere Messintervalle möglich. Die durch zu große Messintervalle bedingte Unsicherheit des Messwertes ist abzuschätzen und zu dokumentieren.

4 Grundsätze der QS in der Durchflussmessung und -Ermittlung

4.1.1 Lagebezug der Messstelle

In der Regel sind Durchflussmessungen auf einen Pegel bezogen, wobei eine geodätische Einmessung nach 3.1.1 erfolgt ist. Ist dies nicht der Fall, so muss eine geodätische Einmessung nach 3.1.1 erfolgen. Die maximalen Unsicherheiten bei dieser Einmessung können den hydrologischen Erfordernissen angepasst und müssen dokumentiert werden.

4.1.2 Festlegung der Messverfahren, bei redundanter Messung auch Festlegung der Referenzmessung

Die Wahl der Messverfahren richtet sich nach den hydraulischen, hydrologischen und geometrischen Randbedingungen der Messstelle. Es ist nachzuweisen, dass mit den gewählten Methoden Messungen im gesamten Schwankungsbereich erwarteter Wasserstände (NNW bis HHW) möglich sind. Falls nötig, muss die Messstelle ganz oder teilweise ausgebaut oder unterhalten (Vegetation) werden. Wenn in Extremsituationen Abflussmessungen undurchführbar sind, müssen die Voraussetzungen für eine hydraulisch-mathematische Abschätzung einschließlich der Unsicherheiten von Q geschaffen werden. Die Wahl der Methoden muss besondere Randbedingungen wie veränderlichen Rückstau oder schnelle Abflussänderungen berücksichtigen. Die Unsicherheit dieser Abschätzung ist zu dokumentieren.

4.1.3 Die maximale Messunsicherheit in der Durchflussermittlung

Die Messverfahren zur Durchflussbestimmung sind so auszuführen, dass eine Standardunsicherheit kleiner 10% (bezieht sich nur auf amtliche Werte) erreicht wird. Dieser Wert ist im Allgemeinen einzuhalten, es sein denn, die Messaufgabe erlaubt ausdrücklich größere Unsicherheiten. In Extremsituationen (z.B. Niedrig- und Hochwasser) müssen höhere Unsicherheiten in Kauf genommen werden. Die größeren Unsicherheiten sind zu dokumentieren.

4.1.4 Notwendigkeit von Kontrollmessungen

Um systematische Fehler (Richtigkeit der Messung) zu erkennen und zu eliminieren, müssen die ermittelten Abflüsse stichprobenartig mit einer unabhängigen Methode verifiziert werden. Die Abweichungen dürfen im Einzelfall 10% nicht überschreiten. Im Mittel müssen sie kleiner $\frac{10\%}{\sqrt{n}}$ sein (mit n = Anzahl der Vergleichsmessungen). Größere Abweichungen sind systematische Unsicherheiten, deren Ursache ist zu untersuchen und zu beseitigen.

Messgeräte sind nach Vorgabe des Herstellers regelmäßig zu kalibrieren.

Die Stabilität einer Abflusskurve $Q = f(W)$ bzw. einer Index-Methode $Q = f(v, A(W))$ ist regelmäßig, nach einem vorher definierten, der Messstelle angepassten Intervall, nachzuweisen und zu dokumentieren. Bei Veränderungen sind sie auf der Grundlage aktueller Messungen anzupassen. Die Anzahl der Messungen ist verteilt über den gesamten Messbereich so festzulegen, dass die Anforderung 4.1.3 eingehalten werden. Die Durchflusskurven sind so mit Messungen und Hilfsbeziehungen so zu hinterlegen, dass eine eindeutige Zuordnung daraus abgeleitet werden kann. Die Messungen sind einer Fehleranalyse zu unterziehen.