

AUFGABEN UND METHODEN DER HYDROLOGISCHEN REGIONALISIERUNG

Reinhold Godina und Günter Blöschl

1. Einleitung

Alle Aufgaben der Hydrologie erfordern Daten. In vielen Fällen liegen allerdings für das Untersuchungsgebiet bzw. den betrachteten Standort keine geeigneten Daten vor und es ist nicht möglich sie im Bearbeitungszeitraum mit der notwendigen Genauigkeit zu messen. Für solche Situationen kommt die indirekte Bestimmung der gesuchten Kenngrößen unter Verwendung von Daten in der Region in Frage. Dafür geeignete Methoden sind das Thema dieses Seminars.

Die Anforderungen an die Regionalisierung leiten sich aus den unterschiedlichen wasserwirtschaftlichen Aufgaben und den dazu notwendigen hydrologischen Grundlagen ab. Man kann grundlagenorientierte Aufgaben der Hydrologie wie

- Vertiefung des Verständnisses hydrologischer Prozesse,
- Messnetzplanung,

und angewandte Aufgaben der Wasserwirtschaft wie

- Bemessung
- Bewirtschaftung
- Vorhersage, und
- Monitoring

unterscheiden. Monitoring ist insbesondere im Zusammenhang mit der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ein wichtiges Thema geworden, da für die Aufstellung von flussgebietsbezogenen Bewirtschaftungsplänen mit Bestandsanalyse, Umweltzielen, Monitoring- und Maßnahmenprogrammen regionalisierte hydrologische Informationen bereitgestellt werden müssen. Immer mehr wird die natürliche Ressource Wasser durch menschliche Eingriffe beeinflusst. Zur Beschreibung des mengenmäßigen Zustandes der Wasserführungen an den österreichischen Gewässern und Grundwasserkörpern sind zukünftig Analysen zur räumlich-zeitlichen Auswirkung dieser Beeinflussungen erforderlich. So beeinflusst z.B. der kraftwerksbedingte Schwellbetrieb und die Speicherabgaben der Zubringer in Niederwasserzeiten auch den Abfluss der Donau. Der steigende Wasserbedarf der Industrie, der Bevölkerung und der Stromerzeugung erfordert eine nachhaltige Bewirtschaftung der Ressource Wasser und Methoden, die es ermöglichen extreme Abflüsse in Raum und Zeit abzuschätzen.

2. Entwicklung der Regionalisierung in Österreich

Es waren die katastrophalen Hochwasserereignisse 1897 und 1899, die den Aufbau des hydrologischen Mess- und Informationswesens auf österreichischem Staatsgebiet gefördert und der damals noch jungen hydrologischen Wissenschaft Aufmerksamkeit gebracht haben. Danach entstanden Messnetze, um den sich ändernden Bedürfnissen und Anforderungen gerecht zu werden. In Anlehnung an die von Emmenegger (1990) für die Schweiz identifizierten Perioden lassen sich für die Entwicklung in Österreich schwerpunktmäßig folgende Phasen angeben:

1850 bis heute:	Hochwasserschutz
1900 bis 1960:	Entwicklung der Wasserkraft
1960 bis heute:	Nutzung des Grundwasserdargebots, Wasserbilanz
1970 bis heute:	Gewässerreinigung
1980 bis heute:	Beitrag zur Umweltüberwachung

Die Übertragung der durch die Messnetze an den Messpunkten gesammelten hydrologischen Daten auf unbeobachtete kleine Einzugsgebiete und Zwischeneinzugsgebiete war in allen Phasen eines der wesentlichsten Ziele der regionalen Hydrologie. Die zur Übertragung angewandten Methoden entwickelten sich entsprechend den Anforderungen, der Datenlage und den vorhandenen technischen Möglichkeiten. Durch Interpolation wurden die gemessenen Niederschläge zusammengefasst und für eine flächenhafte Darstellung der Ereignisniederschläge am Ende des 19. Jahrhunderts verwendet (Lauda, 1900). Für die Festlegung von Bemessungsabflüssen wurden zahlreiche einfache Regressionsbeziehungen für die Abflusspende in Abhängigkeit von der Fläche entwickelt. Eine der bekanntesten Formeln ist jene nach Wundt (1949) in der Form:

$$q = c \cdot A^m \quad (1)$$

wobei q die Abflusspende, c ein Faktor, A die Einzugsgebietsfläche und m die Steigung der Beziehung in der doppeltlogarithmischen Darstellung ist. Diese Funktion wird noch immer zur Bestimmung von Hochwasserspenden in unbeobachteten Gebieten herangezogen, weil sie die Abhängigkeit der Hochwasserspende von der Einzugsgebietsgröße für viele österreichische Gewässer ausreichend genau beschreibt, sofern die Parameter c und m zutreffend gewählt werden. Zur Regionalisierung hydrologischer Daten werden seit etwa 20 Jahren geographische Informationssysteme (GIS) angewandt. Damit wurde einerseits die Möglichkeit zur rascheren Verknüpfung landbezogener Informationen mit hydrologischen Daten aus Punktmessungen geschaffen und andererseits Methoden zur Interpolation von Punktdaten auf die Fläche zur Verfügung gestellt. Parallel mit der Entwicklung von GIS veränderten sich auch die Methoden der hydrologischen Regionalisierung. Mit Hilfe von GIS konnten viele hydrologisch relevante Daten zur Beschreibung der Einzugsgebiete der Analyse

zugänglich gemacht werden, die zuerst für multiple Regressionsanalysen und in weiterer Folge zur Entwicklung von Wasserbilanzmodellen verwendet wurden.

Auf Initiative der Österreichischen Gesellschaft für Hydrologie (ÖGH) wurde im Jahr 1994 der Entschluss gefasst, das hydrologische Fachwissen, das durch Beobachtung, Analyse und Forschung erarbeitet wurde, im Rahmen des Projektes Hydrologischer Atlas Österreichs (HAÖ) zu konzentrieren und einem breiten Publikum zugänglich zu machen (BMLFUW, 2005a). Der HAÖ beinhaltet in seiner 2. Lieferung eine homogene Darstellung von hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Informationen auf bundesweiter Ebene. An dieser Stelle soll vor allem auf die Regionalisierung der Komponenten des Wasserkreislaufes hingewiesen werden, die der HAÖ enthält und für viele Fragestellungen der Hydrologie und Wasserwirtschaft wertvolle Informationen bereit hält.

3. Regionale Wasserbilanz

Die Darstellung der Komponenten des Wasserkreislaufes in ihrer räumlichen und zeitlichen Verteilung ist ein zentrales Thema der hydrologischen Wissenschaft. Auch für ein wasserreiches Land wie Österreich ist die Verfügbarkeit von Wasser ein stets aktuelles Thema. Trotz des verhältnismäßig sehr hohen mittleren Gebietsniederschlags gibt es regional Trockengebiete im Süden, im Osten und im Norden des Landes und vor allem in Trockenperioden lokal Probleme mit dem nutzbaren Wasserdargebot. Die Grundgleichung für die Wasserbilanz eines bestimmten Gebietes über einen bestimmten Zeitraum ist:

$$N = A + V + \Delta S \quad (2)$$

woraus sich die Wechselwirkung zwischen dem Niederschlag (N), dem oberirdischen Abfluss (A), der Verdunstung (V) und der Speicheränderung im Gebiet (ΔS) erkennen lässt. Wird die Wasserbilanz durch Mittelwertbildung über einen längeren Zeitraum (z.B. ein Jahr) und für größere Einzugsgebiete ermittelt, kann die Speicheränderung vernachlässigt werden. Die Ermittlung der Wasserbilanz Österreichs nach Kresser (1965) war eine der ersten Darstellungen der Bilanzgrößen Niederschlag, Abfluss und Verdunstung für österreichische Flussgebiete der Größe 2000 km² bis über 11000 km² und einer zeitlichen Auflösung von einem Jahr. Die zweite Lieferung des Hydrologischen Atlas Österreichs enthält ebenfalls eine Darstellung der Wasserbilanzgrößen für die ein räumlich verteiltes, konzeptionelles Abflussmodell für das österreichische Staatsgebiet in Monatsschritten angewendet wurde (Klink et al., 2005). Parajka et al. (2005) haben für 538 österreichische Pegel Einzugsgebiete die regionale Wasserbilanzkomponenten für Österreich mit einem konzeptionellen, kontinuierlichen Wasserhaushaltsmodell auf Tagesbasis berechnet. Vergleicht man die langjährigen Mittelwerte der Wasserbilanz nach Kresser mit den Ergebnissen der genannten Wasserbilanzmodelle mit dem selben räumlichen (österreichweit) und zeitlichen (mehrjähriges Jahresmittel) Bezug (Tabelle 1), so erkennt man nur geringe Unterschiede, die teilweise mit den unterschiedlichen Bezugsperioden erklärt werden können.

Tab. 1: Vergleich unterschiedlicher Wasserbilanzberechnungen (Kresser, 1994; Klink et al., 2005; Parajka et al., 2005).

	Kresser 1961-90	Klink 1961-90	Parajka 1976-97
Niederschlag [mm]	1170	1144	1112
Verdunstung [mm]	516	510	499
Abfluss [mm]	654	634	604

Diese Übereinstimmung mag zwar auf den ersten Blick beruhigen, aber auf keinen Fall als Beweis angesehen werden, dass der Wasserkreislauf in Wirklichkeit so einfach zu bestimmen ist. Wir haben es vielmehr mit einem außerordentlich vernetzten Vorgang – mit zwischengeschalteten Kreisläufen – zu tun, bei dem in immer stärkerem Ausmaß die menschlichen Eingriffe hinzukommen. Selbst die räumliche und zeitliche Variabilität des Niederschlages auf österreichischem Bundesgebiet weist infolge der vielfältigen klimatischen, orographischen und geologischen Verhältnisse große Unterschiede auf, die in den Mittelwerten nur wenig zum Ausdruck kommen. Außerdem könnte eine Klimaänderung den Wasserkreislauf in naher Zukunft in der gewohnten räumlichen und zeitlichen Variabilität nachhaltig und rasch ändern und so den Wert der bisher beobachteten hydrologischen Information beeinträchtigen.

Die Wasserbilanz nach Kresser wurde im Wesentlichen durch Interpolation der beobachteten Eingangsgrößen Niederschlag und Abfluss in einer groben Vereinfachung in der räumlichen und zeitlichen Auflösung erstellt und kann auch heute noch als ausreichend genau für die Beschreibung der Verhältnisse in Österreich in diesem Maßstab bezeichnet werden. Die Wasserbilanz eines Gebietes beinhaltet neben den zentralen Hydrologischen Kenngrößen N , A und V auch Angaben zum Wasserbedarf der Bevölkerung, der Industrie und der Landwirtschaft. In diesem Zusammenhang soll auf die Schwierigkeit hingewiesen werden, Zugang zu diesen Angaben in der für hydrologische Daten üblichen räumlichen und zeitlichen Qualität zu erhalten.

4. Aufgaben der Regionalisierung

Gegliedert nach den wichtigsten Komponenten des Wasserkreislaufes (Niederschlag, Abfluss und Grundwasser) ergeben sich folgende typische Aufgaben der Regionalisierung:

Niederschlag

- Ereignisanalyse: Räumliche Verteilung von Ereignisniederschlägen zur Dokumentation von Hochwasserereignissen
- Regionalisierung statistischer Kenngrößen extremer Niederschläge: Festlegung des Bemessungsniederschlages, z.B. für die Siedlungswasserwirtschaft, zur

Dimensionierung von Hochwasserentlastungsanlagen, den Flussbau und die Schutzwasserwirtschaft

- Interpolation des Niederschlages für einzelne Zeitschritte als Eingangsgröße für Hochwasserprognosemodelle
- Bestimmung des Gebietsniederschlages zum Aufstellen der Wasserbilanz

Abfluss

- Ereignisanalyse: Dokumentation von Hochwasserabflussprozessen, wie z.B. Angaben zum regionalen Abflussbeiwert und der Dynamik des Gebietsverhaltens
- Regionalisierung statistischer Niederwasserkenngößen zur Beurteilung von Einleitungen, Vorfluterentnahmen etwa für die Bewässerung, Festlegung von Restwassermengen
- Regionalisierung statistischer Hochwasserkenngößen besonders für kleine Gebiete für die Ausweisung von Hochwasserrisikoflächen und für Bemessungszwecke
- Ermittlung von Modellparametern (z.B. Abflussbeiwert, Konzentrationszeit) in Gebieten ohne Abflussbeobachtungen als Grundlage für Abflussmodelle. Die Modelle dienen zur
 - Bemessung (z.B. Dimensionierung von Hochwasserentlastungsanlagen, den Flussbau und die Schutzwasserwirtschaft)
 - Prognose (Zivilschutz, Wasserkraftoptimierung)
 - Planung und Bewirtschaftung (z.B. die Abschätzung der Auswirkung von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen bzw. Eingriffen wie kraftwerksbedingter Schwellbetrieb)
- Regionalisierung von Kenngrößen der Wasserqualität, Monitoring

Grundwasser

- Regionalisierung der Grundwasserstände für Fragen der Bewirtschaftung; Analyse der Auswirkung von Entnahmen; Verstehen des Grundwasserströmungssystems
- Ermittlung von Modellparametern (z.B. hydraulische Durchlässigkeit) als Basis für die Grundwassermodellierung. Die Modelle dienen zur
 - Bewirtschaftung, z.B. nachhaltige Nutzung des Grundwassers für die Trinkwasserversorgung

- Abschätzung von Eingriffen, z.B. Gewässerregulierung und andere flussbauliche Maßnahmen, Abdichtung von Deponien in Hinblick auf Menge und Qualität
- Optimierung, z.B. Wasserhaltung von Baustellen, Sanierung von Altlasten, Abklärung von Schutzgebieten für die Trinkwasserversorgung
- Bestimmung der Grundwasserneubildung für abgeschlossene Grundwasserkörper, zur Erstellung der Wasserbilanz sowie für die Bewertung von Bewilligungen zur Grundwasserentnahme
- Regionalisierung von Kenngrößen der Wasserqualität, Monitoring

Bei allen Komponenten der Wasserbilanz ist die Planung von Messnetzen ein zentrales Thema. Dabei muss einerseits die Übertragung der gemessenen Information auf unbeobachtete Gebiete und andererseits die Interpolationsmöglichkeit für Zwischeneinzugsgebiete berücksichtigt werden. Dies gilt sowohl für die Einrichtung von Sondermessnetzen etwa für die Beweissicherung als auch für die langfristige Beobachtung des Wasserhaushaltes im Rahmen des Hydrographiegesetzes (bis 21. Dezember 2006) bzw. danach im Rahmen des Wasserrechtsgesetzes, das die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) auf nationaler Ebene umsetzt.

Mit der WRRL haben Messnetzplanung und Regionalisierung in der Tat an Aktualität gewonnen. Mit Art. 8 der WRRL werden die Mitgliedsstaaten verpflichtet, bis zum 22. Dezember 2006 Programme zur Überwachung des Zustandes der Oberflächengewässer, des Grundwassers und der Schutzgebiete einzurichten. Im Fall der Oberflächengewässer muss das Monitoring so erfolgen, dass daraus ein umfassender Überblick über den ökologischen und chemischen Zustand der Gewässer im Einzugsgebiet abgeleitet und Veränderungen - die auf Maßnahmenprogramme zurückgehen - verfolgt und bewertet werden können. Im Rahmen der Ist-Bestandsaufnahme zur WRRL wurden die Fließgewässer in Österreich in ca. 2600 Wasserkörper unterteilt (BMLFUW, 2005b), für die in Zukunft die quantitativen Qualitätskomponenten Abfluss- und Abflussdynamik für die Einstufung des ökologischen Zustandes festgelegt werden müssen. Die stehenden Gewässer wurden in ca. 60 Wasserkörper gegliedert, für die eine Beschreibung der Wasserstandsdynamik, der Wassererneuerung und der Verbindung zum Grundwasserkörper erforderlich wird.

5. Methoden der Regionalisierung

5.1 Methodische Grundlagen

Im folgenden werden die Beiträge des vorliegenden Tagungsbandes in den Gesamtzusammenhang der Aufgaben und Methoden der Regionalisierung gestellt. Die Zitate der Beiträge sind dabei durch Fettdruck hervorgehoben.

Die ersten Beiträge sind vorerst den methodischen Grundlagen der hydrologischen Regionalisierung gewidmet. Die mathematische Formulierung der Methoden spannt dabei ein Spektrum auf von der rein statistischen Übertragung der Kenngrößen im

Raum bis hin zur kausalen Beschreibung der zugrundeliegenden Prozesse (Blöschl, 2005). Am einen Ende des Spektrums steht die räumliche Interpolation der Kenngrößen, etwa mit Hilfe von geostatistischen Methoden (**Blöschl, 2006**). Kausale Information kann in vereinfachter Weise unter Verwendung von Hilfsvariablen einbezogen werden, wofür typischerweise Regressionen verwendet werden. Eine Alternative zur vereinfachten Beschreibung der Prozesse sind Ähnlichkeitsschlüsse, bei denen die Daten aus hydrologisch ähnlichen Gebieten übertragen werden. Am anderen Ende des Spektrums stehen Prozessmodelle, z.B. Grundwassermodelle, meteorologische Modelle, und prozessorientierte Abflussmodelle, durch die eine möglichst weitgehende Nachbildung der tatsächlich ablaufenden Vorgänge mit Hilfe der Grundgleichungen versucht wird.

Bei der Anwendung aller Methoden ist es zeitsparend, die Daten computergerecht aufzubereiten, und mit geeigneten Systemen zu verwalten und zu visualisieren. Da bei Fragen der Regionalisierung der Raumbezug im Vordergrund steht, sind dafür Geographische Informationssysteme (GIS) ein wichtiges Werkzeug. **Fürst (2006)** gibt einen Überblick über GIS Funktionen zur hydrologischen Regionalisierung, einschließlich der Interpolation und dem Ausweisen homogener Teilgebiete und diskutiert die Regionalisierung von Modellparametern im Zusammenhang mit GIS. Einen Überblick über die derzeitige Datensituation des Hydrographischen Dienstes in Österreich gibt **Müller (2006)**. Es werden Vorschläge zur Datenprüfung und Qualitätssicherung sowohl mittels rechnerischer Plausibilitätstests, als auch durch Visualisierung und manuellen Vergleich mit anderen Messgrößen gemacht. Die Kontrolle durch den Bearbeiter bzw. die Bearbeiterin wird dabei hervorgehoben.

Die weiteren Methoden der Regionalisierung sind nun den Komponenten des Wasserkreislaufes folgend gegliedert:

5.2 Niederschlag

Zur deterministischen Analyse und Modellierung von Hochwasserereignissen ist eine hohe zeitliche und räumliche Auflösung der Niederschlagsdaten notwendig. Bei der Bestimmung von Extremniederschlägen, besonders solcher mit kurzer Dauer, ist das Fehlen von langen Zeitreihen und die geringe Anzahl von Stationen mit zeitlich hoch auflösenden Niederschlagsaufzeichnungen ein Problem. Bei der Ermittlung des Gebietsniederschlages als Teil der Wasserbilanz ist es schwierig, den Niederschlag in höheren Lagen abzuschätzen, da die meisten Stationen im Tal liegen. Der Beitrag von **Weilguni (2006)** befasst sich mit beiden Aspekten. Hervorgehoben wird dabei die räumliche Interpolation des Niederschlages zu einem bestimmten Zeitpunkt unter Verwendung von Zusatzinformation wie etwa Radarreflektivitäten und Topographie, sowie die Interpolation der Jahresniederschläge. Probleme bei der Anwendung von Radarniederschlägen zur Regionalisierung werden auch in Humer et al. (2006) diskutiert. Die Verwendung von Hüllkurven extremer Niederschläge wird in Merz (2006b) beschrieben. Bezüglich statistischer Kenngrößen von Extremniederschlägen sei auf Skoda und Lorenz (2003) sowie Lorenz und Skoda (2002) und die zu diesem

Thema im Hydrologischen Atlas von Österreich enthaltenen Karten (BMLFUW, 2005a) verwiesen.

5.3 Niederwasser und Hochwasser

Eine wichtige Kenngröße zur Beschreibung von Trockenperioden ist der Q95 - Durchfluss, also jene Wassermenge, die an 95% aller Tage überschritten wird. Der Beitrag von **Laaha und Blöschl (2006)** beschreibt ein Verfahren zur flächendeckenden Bestimmung dieser Kenngröße in Österreich. Mittels eines regional differenzierten Regressionsmodells wurden Niederwasserspenden für unbeobachtete Einzugsgebiete ermittelt. Die vorliegenden Niederwasserstudien – die zumeist die statistischen Eigenschaften der Niederwasserkenngrößen berücksichtigen – wären zukünftig mit konzeptionellen Wasserbilanzmodellen zur Beschreibung und Prognose der Größe und Dauer von Niederwasserperioden zu kombinieren (Laaha et al., 2005). Eine Schwierigkeit in der Niederwasserforschung sind Instationaritäten in den Zeitreihen, das Fehlen von langen Zeitreihen sowie der offensichtlich im Vergleich zu anderen Beobachtungsgrößen der Hydrologie größere Fehler der beobachteten Niederwasserabflussdaten.

Eine der wesentlichen Aufgaben der Hydrographie Österreichs ist die Festlegung von Hochwasserkennwerten für Projekte der Schutzwasserwirtschaft. Dabei geht es vor allem um die Bestimmung von n-jährlichen Hochwasserdurchflüssen für unbeobachtete Gebiete und um die Extrapolation von Hochwasserdurchflüssen mit seltenen Auftretswahrscheinlichkeiten. **Merz (2006a)** gibt einen Überblick über Verfahren der Hochwasserregionalisierung und bewertet sie für österreichische Verhältnisse. Im Zuge des Projektes Hochwasserrisikozonierung Österreichs (HORA) wurden erstmals die Ergebnisse der Hochwasserstatistik nach einem einheitlichen Verfahren für ca. 25000 km Gewässerstrecken Österreichs regionalisiert. In einer intensiven Kooperation mit den Hydrographischen Diensten Österreichs wurden dabei die Eingangsdaten und das Ergebnis abgestimmt und in weiterer Folge der schutzwasserwirtschaftlichen Planung als Grundlage zur Verfügung gestellt. Über die damit gemachten Erfahrungen berichtet **Humer et al. (2006)**.

Einen Erfahrungsbericht für das Bundesland Kärnten gibt **Moser (2006)**. Es geht dabei um die Regionalisierung von Hochwasser- und Niederwasserspenden sowie um die Regionalisierung des Niederschlags. Auf die naturräumlichen Gegebenheiten in Kärnten, insbesondere die großen Unterschiede in den Reliefbedingungen, wird speziell eingegangen.

5.4 Ereigniskenngrößen

Eine wichtige hydrologische Kenngröße sind Ereignisabflussbeiwerte, da sie das Abflussvolumen bei gegebenem Niederschlag bestimmen. Für Pegeleinzugsgebiete können sie aus den Abflussdaten rückgerechnet werden. Ein Teilprojekt der Hochwasseranalyse Flood Risk des Lebensministeriums widmete sich der Analyse regionaler Ereignisabflussbeiwerte. Diese Arbeit lieferte Informationen zu den

regional äußerst unterschiedlichen Abflussbeiwerten in Österreich und damit eine Grundlage für die Anwendung von Niederschlags-Abflussmodellen. **Merz (2006b)** fasst die Ergebnisse dieses Projektes zusammen. Die Ergebnisse sind anwendbar für Gebiete, die nicht viel kleiner sind als die Pegeleinzugsgebiete. Für sehr kleine Gebiete ist es hingegen zielführender, Abflussbeiwerte aus Geländebegehungen abzuschätzen. **Markart et al. (2006)** präsentieren eine eigens für diesen Zweck entwickelte Anleitung, die auf Basis von zahlreichen Berechnungsversuchen entstanden ist. Der Schwerpunkt wird dabei auf kleine alpine Einzugsgebiete in Österreich gelegt. Neben der Ansprache der Bodenverhältnisse im Gelände werden Zeigerpflanzen zur Anschätzung des Abflussverhaltens verwendet. Die Regionalisierung anderer Ereigniskenngrößen wie der Konzentrationszeit werden in Merz (2006b) und Markart et al. (2006) ebenfalls kurz diskutiert.

5.5 Grundwasser

Die Hydrographischen Dienste Österreichs betreiben ein umfangreiches Messnetz zur Beobachtung der Grundwasserstände in Österreich. Auf Grundlage dieser Beobachtungen konnten Karten für den Hydrologischen Atlas von Österreich entwickelt werden, die u.a. die mittlere jährliche Schwankung des Grundwasserspiegels (Eybl et al., 2003) und Informationen zur Langzeitentwicklung des Grundwasserspiegels beschreiben (Blaschke, 2003). Diese Analysen waren auch die Basis der Istzustandsanalyse des mengenmäßigen Zustandes der Grundwasserkörper in Österreich mit Inkrafttreten der EU - Wasserrahmenrichtlinie.

Für die Analyse der lokalen Grundwassersituation zeigt **Blaschke (2006)** die Aussagekraft verschiedener Interpolationsmethoden. Dabei wird, wie in anderen Beiträgen dieses Tagungsbandes, der Verwendung von Zusatzinformation (wie etwa Geländedaten) bei der Regionalisierung ein großer Stellenwert zugeschrieben. An Hand von Beispielen zeigt Blaschke (2006) wie die geologische Situation und die daraus abgeleitete Abstraktion der Untergrundverhältnisse für die Bestimmung der Parameter von Grundwassermodellen herangezogen werden kann. Ein weiteres Beispiel sind Stofftransportmodelle zur Abschätzung der Ausbreitung von Pestiziden im Grundwasserkörper. Der Beitrag von **Scheidleder et al. (2006)** ist der Beurteilung der chemischen Grundwassergüte auf einer großräumigeren Skalenebene gewidmet. Scheidleder et al. (2006) berichten über ein EU Projekt, im Rahmen dessen eine Methode zur Berechnung von Gebietsmittelwerten von Grundwassergüteparametern entwickelt wurde. Ein wesentlicher Teil dieser Methode umfasste die Regionalisierung (Aggregation) von Einflussfaktoren unterschiedlichster Ebenen (Grundwasserkörper, Gemeinde- oder Messstellen-Ebene) auf die einheitliche Ebene der Grundwasserkörper, um zu einer regionalisierten Risikoaussage zu gelangen. Mehr als 150 Einfluss- und Risikofaktoren wurden in die Untersuchung einbezogen. Die Umsetzung der Methode im Zusammenhang mit der WRRL wird an Hand von Beispielen gezeigt.

5.6 Wasserrahmenrichtlinie

Da die Umsetzung der WRRL spezielle Anforderungen an die hydrologische Regionalisierung stellt, enthält die vorliegende Seminarpublikation zwei Beiträge zu diesem Thema. Auf die Vorgaben der WRRL im Zusammenhang mit dem Grundwasser ist der Beitrag von **Vollhofer und Samek (2006)** ausgerichtet. Es geht dabei um die flächendeckende Beschreibung des mengenmäßigen Zustandes von Grundwasserkörpern. Der Beitrag beschreibt wie im Rahmen der Bestandsanalyse die Entnahmen und die verfügbare Grundwasserressource ermittelt wurden. Dabei wurde die Grundwasserneubildung an Hand von Daten der Grundwasserstände und der Niederwasserabflüsse abgeschätzt. Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden die Grundwasserkörper einem Dargebotstyp zugeordnet. Vollhofer und Samek (2006) geben Hinweise auf die in Hinblick auf die WRRL notwendigen Erweiterungen des Messnetzes. Zur weiteren Regionalisierung der Grundwasserneubildung für die ausgewiesenen Wasserkörper wird es vermutlich auch notwendig sein, deterministische Bodenwasserhaushaltsmodelle heranzuziehen. **Wimmer (2006)** beschreibt schließlich die Regionalisierung von wasserwirtschaftlichen Daten zur Abschätzung von Stofffrachten in Oberflächengewässern, ebenfalls auf die Vorgaben der WRRL eingehend. Der gute Gewässerzustand wird durch Umweltqualitätsnormen definiert, die bei der Bestandsanalyse und für den Fall von Abwassereinleitungen in Vorfluter von Interesse sind. Dabei wird die für die Anwendung der Umweltqualitätsnormen anzunehmende Bezugswasserführung sowie die Verdünnung bei Einleitungen diskutiert.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden ist einerseits eine Überprüfung der gegenwärtigen Messnetze auf deren Repräsentativität und Eignung notwendig und andererseits die Entwicklung bestehender Wasserbilanzmodelle zu einem einfach handhabbaren und in der Raum- und Zeitskala robusten Werkzeug anzustreben. Dabei ist sowohl dem Anspruch der WRRL gerecht zu werden, als auch die Möglichkeit zur Realisierung zu beachten, was pragmatische und fachlich vertretbare Lösungen auf Basis der bisher bereits geleisteten hydrologischen Regionalisierung in Österreich erfordert.

6. Literatur

Blaschke, A.P. (2003) Langzeitentwicklung der Grundwasserstände. In: BMLFUW (ed.) Hydrologischer Atlas Österreichs. 1. Lieferung. Kartentafel 6.3. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. ISBN 3-83437-250-7.

Blaschke, A. P. (2006) Regionalisierung bei ausgewählten grundwasserwirtschaftlichen Fragestellungen. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 195-206

Blöschl, G. (2005) Rainfall-runoff modelling of ungauged catchments. Article 133 in: Encyclopedia of Hydrological Sciences, M. G. Anderson (Managing Editor), J. Wiley & Sons, Chichester, pp. 2061-2080.

- Blöschl, G. (2006) Geostatistische Methoden bei der hydrologischen Regionalisierung. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 21-40.
- BMLFUW (ed.) (2005a) Hydrologischer Atlas Österreichs. 2. Lieferung. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. ISBN 3-85437-250-7.
- BMLFUW (ed.) (2005b) EU Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG Österreichischer Bericht der IST – Bestandsaufnahme, Zusammenfassung der Ergebnisse für Österreich; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Emmenegger, C. (1990) Swiss National Hydrological and Geological Survey: Evolution of federal hydrometric network objectives and organisational structure – Economic and Social Benefits of Meteorological and Hydrological Services, WMO, S. 304-309.
- Eybl, J., G. Fuchs und J. Fürst (2003) Mittlere jährliche Schwankung des Grundwasserspiegels. In: BMLFUW (ed.) Hydrologischer Atlas Österreichs. 1.Lieferung. Kartentafel 6.5. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. ISBN 3-83437-250-7.
- Fürst, J. (2006) Geographische Informationssysteme zur Unterstützung von Regionalisierungsaufgaben in der Hydrologie. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 41-54.
- Humer, G., A. Hochhold, W. Wührer und M. Hofer (2006) Hydrologische Regionalisierung – Erfahrungen eines Ingenieurbüros. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 131-142.
- Klink, H., H.P. Nachtnebel und J. Fürst (2005) Bilanzierungsgebiete, klimatische Wasserbilanz und Abflussverhältnisse. In: BMLFUW (ed.) Hydrologischer Atlas Österreichs. 2. Lieferung. Kartentafel 7.1 Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. ISBN 3-85437-250-7.
- Kresser, W. (1965) Österreichs Wasserbilanz, *Österreichische Wasserwirtschaft* 17, 213-221.
- Kresser, W. (1994) Wasserbilanz für das Österreichische Bundesgebiet 1961-90. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, 72, 1-3.
- Laaha, G. und G. Blöschl (2006) Flächendeckende Bestimmung von Niederwasserkenngößen in Österreich. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 93-108.
- Laaha, G., G. Blöschl und J. Parajka (2005) Dem Spendenmuster auf der Spur - Bestimmung von Niederwasserkenngößen für Wasserkraftwerke und Wasserfassungen in Österreich, *VEÖ Journal*, DEZ/05, 2-4.
- Lauda, E. (1900) Die Hochwasserkatastrophe des Jahres 1899 im österreichischen Donaugebiete, Beiträge zur Hydrographie Österreichs, IV. Heft, k.k. hydrographisches

Central-Bureau, Wien.

Lorenz, P. und G. Skoda (2002) Bemessungsniederschläge auf der Fläche für kurze Dauerstufen ($D < 12$ Stunden) mit inadäquaten Daten. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 164. Technische Universität Wien, pp. 179-199.

Markart, G., B. Kohl, B. Sotier, T. Schauer, G. Bunza und R. Stern (2006) Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes bei Starkregen – Grundzüge und erste Erfahrungen. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 159-178.

Merz, R. (2006a) Regionalisierung von statistischen Hochwasserkenngrößen. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 109-130.

Merz, R. (2006b) Regionalisierung von Ereigniskenngrößen. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 179-194.

Moser, J. (2006) Regionalisierung von hydrologischen Kennwerten in Kärnten. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 143-158.

Müller, G. (2006) Datenprüfung und –verfügbarkeit beim Hydrographischen Dienst in Wien. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 55-70.

Parajka J., R. Merz und G. Blöschl (2005) Regionale Wasserbilanzkomponenten für Österreich auf Tagesbasis, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 57, 43-56.

Scheidleder, A., J. Grath, C. Schramm und S. Uhlig (2006) Regionalisierung von Grundwassergüteparametern. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 207-222.

Skoda G. und P. Lorenz (2003) Konvektive Starkniederschläge in 15, 60 und 180 Minuten. In: BMLFUW (ed.) Hydrologischer Atlas Österreichs. 1. Lieferung. Kartentafel 2.5-2.7. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. ISBN 3-83437-250-7.

Vollhofer, O. und M. Samek (2006) Regionalisierung wasserwirtschaftlicher Daten – Beschreibung des mengenmäßigen Zustandes von Grundwasserkörpern. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 223-238.

Weilguni, V. (2006) Regionalisierung des Niederschlags. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 71-92.

Wimmer, M. (2006) Regionalisierung von wasserwirtschaftlichen Daten zur Abschätzung von Stofffrachten in Oberflächengewässern. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 197. Technische Universität Wien, pp. 239-244.

Wundt, W. (1949) Die größten Abflussspenden in Abhängigkeit von der Fläche, *Die Wasserwirtschaft* 40, 59-64.

Anschrift der Verfasser:

MR Dipl.Ing. Reinhold Godina
Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Wasserhaushalt
(Hydrographisches Zentralbüro)
Marxergasse 2, 1030 Wien
Tel.: +43 01 711 00 6942 Fax: +43 01 711 00 6851
E-mail: Reinhold.Godina@lebensministerium.at

Ao.Univ.Prof. Dr. Günter Blöschl
Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13/222, A-1040 Wien
Tel: +43 1 58801 22315 Fax: +43 1 58801 22399
E-mail: bloeschl@hydro.tuwien.ac.at

