

Projektbericht

Kleine hydrologische Untersuchungsgebiete in deutschsprachigen Ländern Mitteleuropas Small hydrological research basins in German-speaking countries of Central Europe

In zahlreichen kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten in den deutschsprachigen Ländern Mitteleuropas werden verschiedenste hydrologische Messungen und Analysen mit unterschiedlichen Fragestellungen, Umfang und Zielen durchgeführt. Alle Gebiete vereint eine intensive Datenerfassungs- und Forschungsaktivität. Dadurch ist eine umfangreiche Datenbasis entstanden, die von Universitäten, Behörden der Umweltverwaltung und anderen Institutionen gepflegt wird. Die hier zusammengestellte neue Übersicht aus 42 Rückläufen einer Umfrage (Stand April 2015) präsentiert die Auswertung von 38 Untersuchungsgebieten mit einer Größe von 0,06 km² bis 50 km². Darin werden die erfassten Messgrößen, die eingesetzten Modelle, Untersuchungszwecke, Ziele, Finanzierung, Vernetzung und Zukunftspläne zusammengefasst. Übereinstimmend für alle Gebiete zeigt sich ein Bedarf an hochauflösenden Messdaten und langen Zeitreihen sowie für regelmäßige Aktualisierungen. Die Weiterführung kleiner hydrologischer Untersuchungsgebiete wird auch in Zukunft wertvolle Beiträge in den Bereichen Lehre, Forschung und umweltpolitische Fragestellungen liefern können.

Numerous small hydrological research basins in German-speaking countries of Central Europe are subjected to a range of hydrological measurements and analyses conducted to support a wide variety of objectives and goals. All research basins are characterised by intensive data collection and research activities. The resulting extensive datasets are administrated by universities, environmental authorities and other institutions. 42 questionnaires were returned from a survey in April 2015. This current overview presents the analysis of 38 small hydrological research basins ranging in size from 0.06 km² to 50 km². It summarises the measured variables, used models, investigation purposes, goals, funding sources, networking and future plans. Consistent for all research basins is the need for high-resolution measurements and long-time series as well as for regular updates. The continuation of small hydrological research basins will also in future provide valuable contributions for teaching, research and environmental questions and investigations.

1 Einführung

In Deutschland und den benachbarten deutschsprachigen Ländern werden in zahlreichen kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten verschiedenste hydrologische Messungen und Analysen mit unterschiedlichen Fragestellungen, Umfang und Zielen durchgeführt. Dadurch ist über Messperioden verschiedenster Dauer eine umfangreiche Datenbasis entstanden, die von Universitäten, Behörden der Umweltverwaltung und anderen Institutionen gepflegt wird. Eine erste Zusammenstellung für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland erfolgte im Jahr 1983 in IHP/OHP (1983). Eine ähnliche Zusammenstellung für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik wurde bereits 1982 (WISSENSCHAFTLICHER RAT DER FORSCHUNGSRICHTUNG HYD-

ROLOGIE 1982) erstellt. In zwei weiteren Berichten in den Jahren 2003 und 2010 wurden diese Daten erstmals zusammengeführt und veröffentlicht: IHP/OHP (2003) beschreibt 19 Untersuchungsgebiete in Deutschland, während IHP/HWRP (2010) den Stand von 40 Gebieten in Europa dokumentiert. Weitere Ergänzungen finden sich in HERRMANN & SCHUMANN (2010) und in einem seit 2009 implementierten web-basierten Bestandsverzeichnis (FRIEND/ERB WORKING GROUP 2009; www.euro-friend.de/servlet/is/17796/). Weitere internationale Bestandsaufnahmen gab es schon zuvor, beispielsweise zu repräsentativen und experimentellen Einzugsgebieten (TOEBES & OURYVAEV 1970), hydrologischen Untersuchungsgebieten des FRIEND-Forschungsprogramms (Flow Regimes from International Experimental and Network Data) (VAN LANEN & GERTSEN 1997) und der Schweiz (SPREAFICO & BIGLER 1980) sowie repräsentativen Gebieten in Rumänien (NATIONAL INSTITUTE OF METEOROLOGY AND HYDROLOGY 1996).

Um eine Übersicht der derzeitigen Aktivitäten zu erlangen, wurde im März 2015 eine Umfrage konzipiert und diese als Fragebogen an Betreiber und Bearbeiter von kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten in Deutschland, Österreich, Schweiz und Luxemburg verschickt. Dabei wurde der Fokus auf hydrologische Einzugsgebiete mit einer Größe < 50 km² und mit beständiger Datenaufnahme von Zeitreihen > 5 Jahre für Forschungszwecke gelegt. Diese Initiative wurde von der deutschen IHP/HWRP-Arbeitsgruppe „FRIEND/ERB“ gestartet, die sich mit kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten in Deutschland beschäftigt und als Arbeitsgruppe einen Beitrag zum International Hydrological Programme (IHP) der UNESCO und zum Hydrology and Water Resources Programme (HWRP) der WMO leistet. Das ERB (Euro-mediterranean Network of Experimental and Representative Basins) ist ein seit 1986 bestehender, offener Zusammenschluss aus derzeit 20 europäischen Ländern.

Neben den Basisdaten wie Name, Flussgebietseinheit, Lage, Größe, Naturraum und Charakteristika des Gebietes, wurden die erfassten Parameter bzw. Messdaten sowie ihre Messdauer und Auflösung erfragt. Weiterhin war der Einsatz hydrologischer Modelle von Interesse, insbesondere die eingesetzte Software, zeitliche und räumliche Auflösungen sowie die analysierten Ausgabevariablen. Informationen zu Fragestellungen, Zielen, Untersuchungszwecken und Zukunftsplänen der Datenerfassung rundeten die Umfrage ab.

Die Arbeitsgruppe „FRIEND/ERB“ erhielt insgesamt 42 Rückläufe, hiervon zu 39 Einzugsgebieten von Universitäten, Hochschulen und Forschungsanstalten. Drei Behörden der Umweltverwaltung stellten zusammenfassende Pegellisten von relevanten Gebieten zur Verfügung. Die Voraussetzung von Forschungsfragen als ein notwendiges Kriterium für die vorliegende Zusammenstellung führte dazu, dass die Informationen einiger Landesämter nicht direkt in die Auswertung geflossen sind. Dabei sind diese Daten zu Gebieten von < 50 km² von großer Wichtigkeit, insbesondere entsprechend langjährige Wasserstands- und Abflussbeobachtungen von Pegeln der Gewässerkundlichen Dienste. So wurden Daten vom Landes-

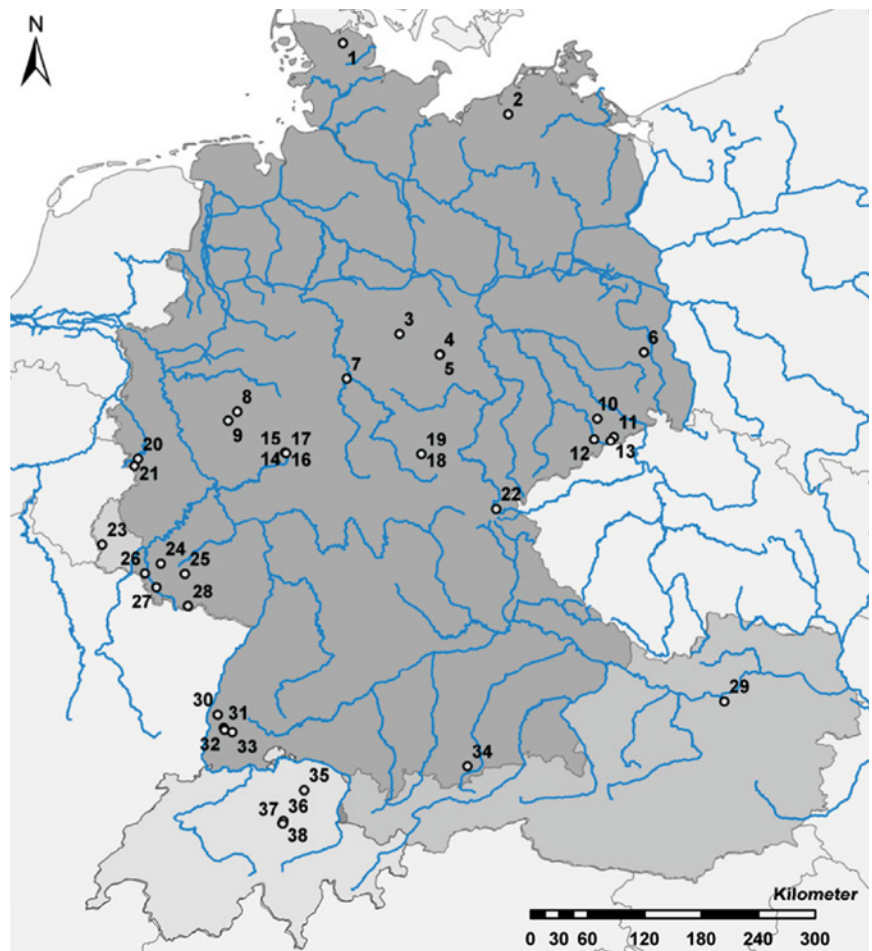
amt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommerns über 110 Pegel, vom Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg über 23 Pegel und vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz über 58 Pegel bereit gestellt. Weiterhin wurden Informationen bezüglich konkreter Planungen für weitere Untersuchungsgebiete gemeldet, z.B. für das Einzugsgebiet Schmarler Bach, in denen weitere Pegel und Messstationen in Vorbereitung sind. Somit flossen Informationen zu 38 Einzugsgebieten in die Auswertung ein.

Die größte Anzahl der Untersuchungsgebiete wurde aus Deutschland gemeldet. Daher lag der Schwerpunkt der Information auf diesen. Eine wertvolle und nutzbringende Ergänzung sind die Zusendungen aus der Schweiz, Österreich und Luxemburg. Aus der Schweiz wurden Angaben über vier Gebiete gemacht und in die Analyse integriert. Für Luxemburg wurde im Rahmen dieser Analyse ein Gebiet berücksichtigt (Huewelerbach), aber Daten für ein weiteres kleines hydrologisches Untersuchungsgebiet (Oberes Alzettetal) sind bereits angekündigt. Als Beispiel für ein Einzugsgebiet in Österreich gilt das Hydrological Open Air Laboratory, welches von der Technischen Universität Wien und dem Bundesamt für Wasserwirtschaft in Petzenkirchen, Niederösterreich, betrieben wird. In Österreich wird eine aktuelle Initiative unter Beteiligung des Hydrographischen Dienstes Österreichs, der Österreichischen Gesellschaft für Hydrologie und der nationalen IHP Initiative ERB den Stand der bestehenden hydrologischen Kleineinzugsgebietsforschung erheben und in geeigneter Form veröffentlichen. Dabei sollen in Anlehnung an den Berichtsband IHP/HWRP (2010) die Kerninformationen zu den aktuellen experimentellen Einzugsgebieten dargestellt und veröffentlicht werden.

2 Ergebnisse der Umfrage

2.1 Basisdaten

Die vorliegenden Informationen beziehen sich auf Untersuchungsgebiete, welche in einer Vielzahl von Flussgebietseinheiten liegen (Abb. 1). Die Größe der Gebiete reicht von 0,06 km² bis 50 km² (Abb. 2). Ein Großteil der Gebiete umfasst den Naturraum Mittelgebirge und Hügelland, fünf sind voralpin, nur zwei Gebiete liegen im Tiefland. Die dominierende Landnutzung ist Wald, gefolgt von Agrarlandschaften. Zwei Studienggebiete sind in urbanen oder Bergbaufolgelandschaften eingerichtet.



Legende:

1 Kielstau; 2 Dummerstorf; 3 Lange Bramke; 4 Waldbach; 5 Schäferbach; 6 Hühnerwasserquellgebiet; 7 Elsterbach; 8 Bohlmicke; 9 Obere Brachtpe; 10 Wernersbach; 11 Rotherdbach; 12 Chemnitzbach; 13 Becherbach; 14 Krofdorf B2; 15 Krofdorf B1; 16 Krofdorf A2; 17 Krofdorf A1; 18 Schmücker Graben; 19 Steinbach; 20 Erkersruhr; 21 Wüstenbach; 22 Lehstenbach; 23 Huewelerbach; 24 Holzbach; 25 Todbach; 26 Kohlenbrucher Bach; 27 Ellbach; 28 Hetschenbach; 29 Petzenkirchen; 30 Löchernbach; 31 Vauban; 32 Rütlibel; 33 Brugga; 34 Sachenbach; 35 Rietholzbach; 36 Alptal Vogelbach; 37 Alptal Lümpepenbach; 38 Alptal Erlenbach

Abbildung 1

Lage der 38 ausgewerteten kleinen hydrologischen Untersuchungsgebiete

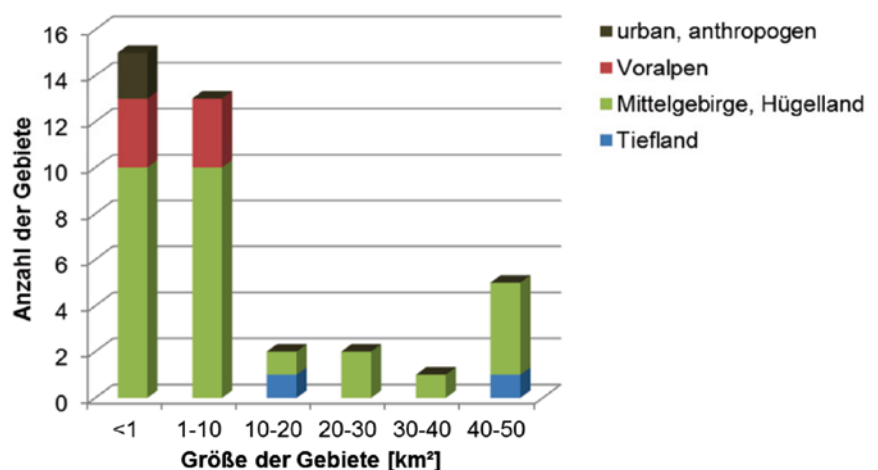


Abbildung 2

Größe und naturräumliche Zuordnung der 38 ausgewerteten kleinen hydrologischen Untersuchungsgebiete

2.2 Erfasste Messgrößen

Eine Vielzahl von Parametern mit unterschiedlichen zeitlichen Auflösungen wird in den kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten erfasst. Tabellen 1 bis 3 enthalten Zusammenfassungen der erfassten Messgrößen in Bezug auf Wasserhaushalt und Kli-

ma sowie Wasserqualität. Es besteht hierbei kein Anspruch auf Vollständigkeit. Die zusammengestellten Informationen zielen auf die Bereitstellung eines Überblicks und bieten damit Perspektiven der Vernetzung und einer integrierenden Auswertung von Daten aus kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten.

Tabelle 1

Erfasste Parameter: Wasserhaushalt und Klima

Erfasste Parameter	Zeitliche Auflösung	Gebiet*
Abfluss	langjährige Zeitreihen (längste seit 1933, viele seit den 1960/70er Jahren), kontinuierlich, meist 10-15 min (in neuerer Zeit)	alle Gebiete
Wasserstand	oft langjährige Zeitreihen von Ämtern (1970/80er Jahre, z.T. tägliche bis stündliche Daten) oder kürzere Zeitreihen von Unis (seit 2010 in 1-10 min Auflösung)	fast alle Gebiete, z.B. 1, 18, 19, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32
Basisabfluss, Oberflächenabfluss, Dachabfluss, Mulden- und Rigolenwasserstände, unterirdischer Hangabfluss		6, 31, 29, 32
Grundwasserstand	teilweise unregelmäßig manuell, zunehmend mit automatischer Datenaufzeichnung, dann häufig 10-15 min	1, 3, 6, 9, 10, 13, 18, 19, 22, 23, 29, 31, 32
Quellschüttung	zwischen 10 min und monatlich	10, 33, 18, 19
Bodenfeuchte und Matrixpotential	häufig 15-30 min, aber teilweise auch nur 14-tägig	3, 6, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 21, 29
Meteorologische Parameter: Niederschlag, teilweise auch: Luftfeuchte, Bestandesniederschlag, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Strahlungsgrößen, Lufttemperatur, Schneedecke, Schneehöhe und Schneewasser-Äquivalent.	oft langjährig (längste seit 1948), in verschiedenem Umfang und zeitlicher Auflösung vorliegend. Niederschlag: häufigste meteorologische Messgröße; oft seit 1960er Jahre, in neuerer Zeit meist digital kontinuierlich bzw. in 10 min Auflösung	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38
Verdunstung und Energiebilanz; auch einige spezielle Messungen wie aktuelle Evapotranspiration, Interzeption, Saftfluss und Dendrometermessungen; auch CO ₂ -Messungen		10, 11, 21, 22, 23, 29, 31, 33
Wassertemperatur in Fließgewässern und Grundwasser	vor allem in den letzten 5 Jahren, dann oft kontinuierlich bzw. in 10 min Auflösung	1, 3, 7, 14, 15, 16, 17, 22, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 38
Bodentemperatur	in verschiedener Auflösung	3, 5, 14, 15, 21, 22, 29

* Nummer des Gebietes entspricht Legendennummer aus Abbildung 1

Tabelle 2

Erfasste Parameter: Wasserqualität in Fließgewässern

Erfasste Parameter	Zeitliche Auflösung	Gebiet*
elektrische Leitfähigkeit	seit 1960/1970er Jahre, eher stündlich bis zwei-wöchentlich, neuere Stationen oft in 10 min Auflösung	1, 3, 7, 14, 15, 16, 17, 22, 30, 31, 33, 36, 37, 38
Nährstoffe, Anionen, Kationen, Schwermetalle (N, P, Cl, SO ₄ , Ca, Mg, K, Na, DOC, Al, Fe, Mn, Pb, Cd, Cu, Zn)	erste Daten seit 1973, Großteil erst nach dem Jahr 2000; zwischen täglich bis 14-tägig, mit Sondeneinsatz (1 Gebiet) 10 min	1, 2, 3, 6, 7, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 29, 30, 32, 33
Pflanzenschutzmittel	Ereignisse bzw. Kampagnen	1, 30
Isotope ¹⁸ O, ² H und Radon	ereignisgesteuert bis wöchentlich	3, 22, 30, 32, 33
Sediment: Suspendiertes Sediment und Geschiebefracht	ereignisbasiert oder täglich bis hochaufgelöst (s, min)	1, 23, 29, 30, 36, 37, 38
mikrobielle und biologische Parameter Chlorophyll-a, Diatomeen, Makroinvertebraten	seit 2008, Kampagnen bis täglich	1, 29

* Nummer des Gebietes entspricht Legendennummer aus Abbildung 1

Tabelle 3

Erfasste Parameter: Wasserqualität in Teichen, Seen, Dränagen und Grundwasser sowie Bodenlösung und atmosphärische Deposition

Erfasste Parameter	Zeitliche Auflösung	Gebiet*
Wasserkenndaten in Teichen und Seen	stündlich bis spezielle Kampagnen	1, 6
Dränagen		1, 2
Grundwasserbeschaffenheit	periodisch bis jährlich	1, 3, 18, 19, 22
Bodenlösung	14-tägig bis monatlich	3, 6, 14, 15, 16, 17
Atmosphärische Deposition	meist monatlich, (seit 1965) seit 1970/1980er Jahre	3, 7, 14, 15, 16, 17, 22, (33 durch UBA, 11 durch LfULG Sachsen)

* Nummer des Gebietes entspricht Legendennummer aus Abbildung 1

2.3 Einsatz hydrologischer Modelle

Mit Ausnahme von zwei Gebieten werden in allen ausgewerteten kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten hydrologische Modelle eingesetzt. Es wurden bei der Modellanwendung 32 verschiedene Softwareprodukte genannt. Das in den Untersuchungsgebieten am häufigsten angewendete Modell ist WaSiM-ETH [3, 5, 6, 7, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 33, 34, 35], gefolgt von Hydro [24, 25, 26, 27, 28], ROGER [30, 31, 32, 33], SWAT [1, 2, 12, 33], HydroGeoSphere [20, 21, 22], DIFGA [5, 30, 33] und BROOK90 [3, 10, 11].

Alle eingesetzten Modelle simulieren die Komponenten des Wasserhaushalts, einige modellieren zusätzlich Größen des Energie- und des Stoffhaushalts. Die zeitlichen und räumlichen Auflösungen sind naturgemäß modellabhängig. Als Zeitschritte wurden Minuten bis Tage aufgelistet, einige Modelle werden in täglicher Auflösung aufgesetzt. Die räumliche Auflösung variiert von der Einzugsgebietsebene bis zur Gebietsgliederung in Teileinzugsgebiete und Hydrotöpfe oder erfolgt rasterbasiert mit Auflösungen zwischen 1 m und 500 m.

Es wurden 22 verschiedene Ausgabevariablen genannt. In allen Fällen wurde der Abfluss analysiert, einschließlich seiner Dynamik oder Spitzenabflüsse. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Verdunstung, dem Wasserstand und der Bodenfeuchte. Zusätzlich gibt es einige Modell-Studien zu Wasserqualitäts- und biologischen Komponenten.

2.4 Untersuchungszwecke und Ziele

Mit dem Betrieb von kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten werden ganz unterschiedliche Fragestellungen und Ziele verfolgt. Zum einen wird die praktische Ausbildung von Studierenden als Beitrag zur Lehre genannt. Zum anderen wird hiermit die Information der Öffentlichkeit bezweckt, beispielsweise zu angewandten Themen wie dem Hochwassermelddienst oder der operationellen Hochwasservorhersage. Forschungsbezogene Ziele sind jedoch der zentrale Beweggrund. Dabei kann zwischen Messungen sowie Modelltests und -anwendungen unterschieden werden, wobei in beiden Bereichen Fragestellungen zu hydrologischen Prozessen bearbeitet werden. In Bezug auf Datenerfassung und Messungen wurden folgende Punkte genannt:

- hydrologische und mikrometeorologische Langzeit-Messungen,
- Wasserhaushalt, Abflusskomponenten, Abflussereignisse, Abflussbildung, Verweilzeiten, Speicherräume, Herkunftsflächen und -räume, Fließwege,
- Schneeschmelze, Schneehydrologie, Wasser- und Wärmehaushalt der Schneedecke, räumliche Variabilität von Schnee in voralpinem Raum,
- Wärme- und Wasseraustauschprozesse der Landoberfläche, Wassertemperatur,
- Erosion, Sedimenttransport, Geschiebetransport,
- Wasserqualität, Stofftransport, Stoffausträge,
- Eintrag Luftschadstoffe,
- hydrometeorologisches und hydrologisches Prozessstudium, Studium der Einflussfaktoren auf die Prozesse,
- Hanghydrologie,
- Bodenwasserhaushalt; Einflussfaktoren auf die räumliche Struktur der Bodenfeuchte; Einfluss der Vorfeuchte auf das Abflussgeschehen,
- Untersuchung des Einflusses von Topographie auf Prozesse,
- Untersuchung des Einflusses von Landnutzung auf Prozesse,

- Einfluss der Flurbereinigung,
- Einfluss Waldentwicklung, -bewirtschaftung; Entwicklung Wasserhaushalt in aufwachsendem Wald, Einfluss von Wald auf Hochwasser,
- Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf Hochwasserabflüsse,
- flächenhafter Hochwasserrückhalt,
- urbane Hydrologie, urbane Wasserbilanz, Gebietsrückhalt und Reduzierung der Spitzenabflüsse in urbanen Einzugsgebieten, Hochwasserschäden im urbanen Raum,
- dezentrale Entwässerungskonzepte, Verbesserung der Entwässerungssituation unter Beachtung der regionalen Besonderheiten und gängiger Richtlinien,
- genestete Ansätze bei der Datenerhebung,
- Identifikation initialer Strukturen und Prozesse der Ökosystementwicklung,
- Untersuchung der Landschaftsselbstorganisation und dabei auftretender Rückkopplungsprozesse,
- Test und Etablierung ökohydrologischer Ansätze im Gebiet,
- Klimawandel.

In Bezug auf Modelltests, -weiterentwicklung und -anwendungen wurden zusätzlich folgende Ziele aufgelistet:

- Hydrologische Prozessstudien, Fließwege,
- Modellierung von Wasserhaushalt und Abflusskomponenten, insbesondere Quantifizierung der Dränabflusskomponente, Verweilzeiten, Herkunftsflächen und -räume/ Speicherräume, auch Schneehydrologie,
- Hochwassergenerierung,
- Abbildung von schneehydrologischen Prozessen in physikalisch-basierten hydrologischen Modellen (insbesondere Einfluss der Landnutzung), Einfluss der Schneeschmelze auf Hochwasserereignisse in alpinen Einzugsgebieten,
- Bewertung der Qualität der Modellierung der Bodenfeuchtedynamik und der Bodenfeuchtemuster,
- Modellierung des Stoffaustrages, Sedimenttransport,
- verbessertes Modellverständnis für Landschaftswasserhaushalt,
- Sensitivität von Simulationen gegenüber Landnutzungsveränderungen,
- Wirksamkeit von Managementmaßnahmen,
- Einfluss von räumlicher und zeitlicher Diskretisierung auf Simulationsergebnisse,
- Regionalisierung von Parametern,
- Auswirkungen globaler Wandel.

2.5 Finanzierung, Vernetzung und Zukunftspläne

Die Finanzierung fast aller kleinen hydrologischen Untersuchungsgebiete erscheint nicht dauerhaft gesichert. Für die durch Universitäten betriebenen Messeinrichtungen gibt es teilweise keine externe Finanzierung, so dass Haushaltsmittel zum Unterhalt verwendet werden müssen. An der Finanzierung des Betriebs weiterer kleiner hydrologischer Untersuchungsgebiete sind Gemeinden, Energiedienstleister oder weitere Institutionen beteiligt. Der Betrieb von kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten durch behördliche Institutionen dürfte in den meisten Fällen besser gesichert sein, jedoch können auch hier sich ändernde Prioritätensetzungen die langfristige Weiterführung gefährden.

Um die Kontinuität der Untersuchungen zu gewährleisten, sind viele der kleinen hydrologischen Untersuchungsgebiete in wei-

tere Monitoringprogramme, z.B. die der gewässerkundlichen Landesdienste und in Forschungsnetzwerke integriert und/oder dienen als Forschungsplattform und sind in Programme zum Beispiel von ERB [3], TERENO [21], als UNESCO Ökohydrologie-Referenzprojekt des IHP [1], in das Long-term Ecological Research-Netzwerk (LTER) [3, 14, 15, 16, 17, 21] oder in das aufzubauende Netzwerk von Critical Zone Observatories (CZO) [6] eingebunden. Die Vernetzung kleiner hydrologischer Untersuchungsgebiete fördert den forschungspolitischen Nutzen und bietet eine Möglichkeit der Co-Finanzierung für den Betrieb. Aus wissenschaftlicher Sicht ist der mögliche Datenaustausch, die Durchführung von Vergleichs- und Regionalisierungsstudien, die Möglichkeit der Kooperation in interdisziplinären Forschungsvorhaben in gut dokumentierten, mit einer sehr guten Infrastruktur und Datenbasis ausgestatteten Gebieten (Freiland-Laboratorien) für die Erarbeitung grundlegender und anwendungsorientierter hydrologischer Erkenntnisse von herausragender Bedeutung.

Für fast alle gelisteten Gebiete bestehen Zukunftspläne, und eine Weiterführung der Beobachtungen ist vorgesehen. Einige Gebiete haben konkrete Pläne zum weiteren Ausbau des Untersuchungsprogramms, beispielsweise in Bezug auf Wassertemperatur- oder Phosphormessungen [2, 25]. Kontinuierliche Messungen am Pegel sollen durch räumlich und zeitlich höher aufgelöste Messkampagnen ergänzt werden.

3 Fazit der Umfrage

Die Ergebnisse der Umfrage verdeutlichten bei den kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten eine große Heterogenität:

- Untersuchungsgebiete haben unterschiedliche Größen, Naturräume und Klimabedingungen,
- verschiedenste Ziele und Fragestellungen werden verfolgt,
- es gibt unterschiedliche Datengrundlagen: Umfang und Auflösung (räumlich und zeitlich) der Beobachtungen und Geoinformationen,
- es werden verschiedene Modelle mit unterschiedlichen Modellkonzepten, abgebildeten Prozessen und Ausgabevariablen eingesetzt.

Die genannten Untersuchungen und Ziele zeigen aber auch, dass übereinstimmend für alle Gebiete ein Bedarf an hochauflösenden Messdaten und langen Zeitreihen besteht, im Besonderen für:

- das Verständnis hydrologischer Prozesse,
- die Identifikation von Einflussfaktoren auf die hydrologischen Prozesse,
- Modellanwendungen und -entwicklungen, Modelltests in Bezug auf Sensitivitäten und Unsicherheiten,
- die Abbildung von Änderungen wie Klima- und Landnutzungswandel, Landmanagement, Wasserbewirtschaftung.

Regelmäßige Aktualisierungen ermöglichen eine fortlaufende Erfassung der bestehenden kleinen hydrologischen Untersuchungsgebiete sowie der erhobenen Daten und fördern damit eine gute Vernetzung. Als gemeinsame Schnittmenge kann die Erfassung und Analyse des Abflusses an mindestens einer Pegelstation gesehen werden. Alle Gebiete vereint eine intensive Datenerfassungs- und Forschungsaktivität. Die Weiterentwicklung der Sensor- und IT-Technik fördert eine kontinuierliche Erhöhung der Datenmengen und ermöglicht dadurch präzisere und spezifischere Analysen und Prognosen sowie die Möglichkeit eines

besseren Verständnisses der vorherrschenden hydrologischen Prozesse, erfordert aber häufig auch die Entwicklung neuer Auswerteverfahren.

4 Nutzen und Empfehlungen für den weiterführenden und zukünftigen Betrieb kleiner hydrologischer Untersuchungsgebiete

Wie 2010 in der „Braunschweiger Deklaration“ formuliert (IHP/HWRP 2010), besteht die Notwendigkeit für ein globales Netzwerk von langfristig betriebenen kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten. Dazu wurde der Nutzen dieser Gebiete in Bezug auf die Themenkomplexe Monitoring, Unsicherheit, Ökohydrologie, Querschnittsthemen und Modellierung erläutert und in Empfehlungen zusammengeführt. Die Braunschweiger Deklaration ist in Box 1 zusammengefasst.

Aus der diesjährigen Umfrage sowie den Erfahrungen der FRIEND/ERB-Arbeitsgruppe aus den letzten Jahren lässt sich in Bezug auf Forschung, Lehre und Politik folgender Nutzen aus dem Betrieb kleiner hydrologischer Untersuchungsgebiete ableiten:

- Langjährige Zeitreihen bilden eine zuverlässige, sehr gute Datengrundlage mit hoher zeitlicher Auflösung.
- Intensivmesskampagnen zu bestimmten Fragestellungen können langjährige Routinemessungen ergänzen.
- Durch intensive Messkampagnen und die Bearbeitung von spezifischen Fragestellungen bestehen differenzierte Geländekenntnisse.
- Kleine hydrologische Untersuchungsgebiete eignen sich aufgrund ihrer Größe für die Durchführung von experimentellen Untersuchungen auf Einzugsgebietsebene (z.B. Landnutzungsänderung).
- Prozessstudien ermöglichen ein komplexes, interdisziplinäres Verständnis der gut erforschten Gebiete.
- Kleine hydrologische Einzugsgebiete repräsentieren abweichend zu Plotstudien die gesamtheitliche hydrologische Einheit, in der Landschaftsprozesse stattfinden und in der Maßnahmen geplant werden.
- Kleine hydrologische Untersuchungsgebiete leisten einen Beitrag zur EG-Wasserrahmenrichtlinie, deren Fokus auf Einzugsgebieten $> 10 \text{ km}^2$ liegt. Da sich Prozesse und Maßnahmen besonders gut in kleinen Gebieten studieren lassen, bieten sie die Forschungserkenntnisse, die erforderlich sind, um Maßnahmen für die Erreichung eines guten ökologischen Zustands einzuführen.
- Langjährige Datensätze aus kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten eignen sich besonders für Modellentwicklungen, -tests und -anwendungen und erlauben Parametrisierungen hoher Modellgüte.
- Szenarioanalysen ermöglichen zusätzlich die Abbildung von hydrologischen Änderungen durch Klima- und Landnutzungswandel, Landmanagement- oder Wasserbewirtschaftungsoptionen auf Grundlage eines Basismodells hoher Modellgüte.
- Gute Prozesskenntnis und umfangreiche Infrastruktur der Untersuchungsgebiete erlauben eine gute Lehre für die Ausbildung von Studierenden.
- Langjährige Zusammenarbeit in kleinen Gebieten schafft Vertrauen bei Akteuren und lässt ihre enge Einbindung einschließlich der Nutzung ihrer Geländekenntnis und Unterstützung vor Ort zu.

- Ein Netzwerk kleiner hydrologischer Untersuchungsgebiete gewährleistet einen nutzbringenden Austausch über Methoden, Geräte und Prozesskenntnisse.
- Voraussetzung für integrierende Auswertungen ist eine ausreichende Kenntnis der Metadaten (Erhebungsmethoden und Datenstrukturen) sowie deren Harmonisierung.
- Die Vernetzung kleiner hydrologischer Untersuchungsgebiete ermöglicht die integrierende Auswertung der Daten unter übergreifenden Fragestellungen. Dabei kann eine interdisziplinäre Betrachtung zwischen Hydrologie und Klimatologie, Wasserbewirtschaftung, Hochwasserschutz, Bodenkunde, Forstwissenschaften, Landmanagement sowie Hydrobiologie/Ökologie zu weiterführenden Erkenntnissen führen.
- Kleine hydrologische Untersuchungsgebiete bieten den Vorteil von Freilandlaboratorien – es werden Verhalten und Änderungen von Umweltvariablen, u.a. Landnutzungsänderungen, biologische Indikatoren, klimatische und hydrologische Änderungen und Trends, langfristig beobachtet. Dies ermöglicht ein detaillierteres Prozessverständnis, eine bessere Entwicklung und Validierung von Vorhersagen und Szenarien und damit ein ausgereifteres Änderungsmanagement.

Kleine hydrologische Untersuchungsgebiete werden auch in Zukunft wertvolle Beiträge in den Bereichen Lehre, Forschung und umweltpolitische Fragestellungen liefern können. Daher ergeben sich folgende Empfehlungen:

- Langjährige Zeitreihen, Messkampagnen, die Erfassung von Geländeparametern und die Weitergabe von Geländekenntnissen müssen weitergeführt werden.
- Entsprechende Gebiete müssen langfristig weiter betrieben werden, und in bisher nicht erfassten Landschafts- und Klimazonen sind solche neu einzurichten.
- Nur eine gesicherte langfristige Finanzierung gewährleistet die Fortführung der Geländemessungen und Beobachtungen für einen kontinuierlichen zuverlässigen Datenbestand.

Danksagung und Kontakt

Wir danken allen Institutionen, die an unserer Umfrage teilgenommen und Informationen zur Verfügung gestellt haben. Sollten Sie Fragen zu unserer Arbeitsgruppe oder zu der durchgeführten Umfrage haben, wenden Sie sich gerne an uns: Kontaktperson und Vorsitzende der IHP/HWRP-Arbeitsgruppe „FRIEND/ERB“ ist Dr. Britta Schmalz, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (bschmalz@hydrology.uni-kiel.de).

Auch zukünftig wird die deutsche Arbeitsgruppe „FRIEND/ERB“ im Bereich Datensammlung und -auswertung aktiv sein. Gerne können Sie jetzt oder später noch an unserer Umfrage teilnehmen und damit den Datenbestand für künftige gemeinsame Publikationen vergrößern. Bitte kontaktieren Sie uns auch, wenn ein von Ihnen betriebenes kleines hydrologisches Untersuchungsgebiet im digitalen Bestandsverzeichnis <http://www.euro-friend.de/servlet/is/17796/> (FRIEND/ERB WORKING GROUP, 2009) aufgeführt oder aktualisiert werden soll. Wir freuen uns über Ihre Beiträge und Rückmeldungen.

Anschriften der Verfasser:

PD Dr. Britta Schmalz
Abteilung Hydrologie und Wasserwirtschaft
Institut für Natur- und Ressourcenschutz
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Olshausenstr. 75, 24118 Kiel
bschmalz@hydrology.uni-kiel.de

Dipl.-Geogr. Ulrich Looser
Dipl.-Met. Ulrich Schröder
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz

Dr. Henning Meesenburg
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen

Dr. Sybille Schumann
Bernardstraße 96, 63067 Offenbach

Literatur

- FRIEND/ERB WORKING GROUP (2009): Small hydrological research basins; <http://www.euro-friend.de/servlet/is/17796/>
- HERRMANN, A. & S. SCHUMANN (Ed.) (2010): Status and Perspectives of Hydrology in Small Basins. – IAHS Publ. 336; ISBN 978-1-907161-08-7, 316 S.
- IHP/HWRP (2010): Status and Perspectives of Hydrology in Small Basins. – IHP/HWRP-Berichte 10, 70 S.
- IHP/OHP (1983): Hydrologische Untersuchungsgebiete in der Bundesrepublik Deutschland. – IHP/OHP-Berichte 4, 323 S.
- IHP/OHP (2003): Hydrologische Untersuchungsgebiete in Deutschland. – IHP/OHP-Berichte 14, 129 S.
- NATIONAL INSTITUTE OF METEOROLOGY AND HYDROLOGY (1996): Representative Basins in Romania. – Bukarest, 33 S.
- SPREAFICO, M. & R. BIGLER (1980): Verzeichnis der hydrologischen Untersuchungsgebiete der Schweiz. – Mitteilungen der Landeshydrologie und -geologie 2, Bern, 293 S.
- TOEBES, C. & V. OURYVAEV (eds) (1970): Representative and Experimental Basins. An International Guide for Research and Practice. Studies and Reports in Hydrology 4. – UNESCO, Paris, 348 S.
- VAN LANEN, H.A.J. & H.F. GERTSEN (1997): Inventory of FRIEND Research Basins. – Netherlands National Committee for IHP-OHP, Report 97.1. De Bilt, The Netherlands, 113 S.
- WISSENSCHAFTLICHER RAT DER FORSCHUNGSRICHTUNG HYDROLOGIE (1982): Zusammenstellung einiger Angaben zu Versuchs- und Repräsentativgebieten der DDR. – Dresden, 30 S.