Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie (SGHL)
Schweizerische Hydrologische Kommission (CHy)

Hydrologie Schweiz: Standortbestimmung und Vorschläge zur Förderung

Bericht der Arbeitsgruppe zur Forschungsfrüherkennung

Arbeitsgruppe: Bruno Schädler, Bundesamt für Wasser und Geologie (Vorsitz)
Felix Forster, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (bis Juli 2001)
Olivier Overney, Service des Eaux et Endiguements, Canton de Fribourg
Hans Olivier Schiegg, Hochschule für Technik, Rapperswil
Rolf Weingartner, Geographisches Institut der Universität Bern

Redaktion: Pierre Walther, EPM Walther Consultants, Bern

Bern, Dezember 2001

Die SGHL und die CHy sind Mitglieder der

Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften SANW
Académie suisse des sciences naturelles ASSN
Accademia svizzera di scienze naturali ASSN
Academia svizra da scienzas naturalas ASSN
Swiss Academy of Sciences SAS

VORWORT

Die Hydrologie steht – national wie global - vor grossen Herausforderungen. Davon zeugt die Gründung des *World Water Councils* (WWC) und der *Global Water Partnership* (GWP) oder die Tatsache, dass 2003 durch die Vereinten Nationen zum internationalen Jahr des Süsswassers erklärt wurde. Gesucht werden vernetzte Problemlösungsstrategien im Umgang mit der kostbaren Ressource Wasser.

Wie ist der Forschungsplatz Hydrologie Schweiz auf diese Herausforderungen vorbereitet ? Zur Beantwortung dieser Frage setzten die Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie (SGHL) und die Schweizerische Hydrologische Kommission (CHy) 2000 eine Arbeitsgruppe ein, die von der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW) im Rahmen ihres Programmes „Forschungsfrüherkennung“ finanziell unterstützt wurde. Die Arbeitsgruppe sollte zuhanden der für die Forschungspolitik in der Schweiz zuständigen Stellen sowie auch für die Forschenden und die Öffentlichkeit einen Bericht vorbereiten, insbesondere zu folgenden Themen:

(1) Identifizierung von hydrologisch relevanten Fragestellungen in der Zukunft, um basierend auf deren Beantwortung nachhaltige Problemlösungsstrategien für die Zukunft erarbeiten zu können;

(2) Identifizierung der entsprechenden Auswirkungen auf die Lehre und die institutionelle Forschung in der Schweiz, sowie Erarbeitung von Lösungsvorschlägen.

Dieser Bericht liegt jetzt vor. Er wurde von der SGHL und der CHy an ihren Jahresversammlungen im Oktober 2001 diskutiert und verabschiedet. Ich danke dabei meinen Kollegen aus der Arbeitsgruppe für ihr grosses Engagement und der SANW und dem Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) für die finanziellen Beiträge an unsere Bemühungen.

Grundlage für diesen Bericht bildeten die Ergebnisse eines Workshops, den wir im März 2001 im Schloss Münchenwiler organisierten. An diesem Workshop erhielt die Arbeitsgruppe wertvolle Hinweise von folgenden Fachleuten: Dominique Bérod (Sion), Paolo Burlando (Zürich), Joan Davis (Wallisellen), Christoph Hegg (Birmensdorf), Lukas Hunzinger (Bern), Markus Jud (Lachen), Felix Naef (Zürich), Armin Peter (Kastanienbaum), Armin Petrascheck (Biel), Christoph Schär (Zürich), Manfred Spreafico (Bern), Pius Stadelmann (Luzern), Klement Trockner (Dübendorf) und Johny Wüest (Kastanienbaum). Auch ihnen möchte ich herzlich danken.

Die Arbeitsgruppe ist sich im klaren, dass sie in den vielen und kreativen Diskussionen nicht auf alle Anregungen, die in Münchenwiler vorgebracht wurden, gleichermassen eingehen konnte. Sie ist aber zuversichtlich, dass der vorliegende Bericht nun eine gute Synthese und einen wichtigen Meilenstein im Dienste der schweizerischen Hydrologie darstellt.

Bruno Schädler

Präsident der SGHL

INHALTSVERZEICHNIS

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN		iii
VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN		iii
ZUSAMMENFASSUNG		v
RESUMÉ		vii
EXECUTIVE SUMMARY		ix
TEIL A: EINLEITUNG		1
1.	HYDROLOGIE SCHWEIZ IM AUFBRUCH	1
1.1	Was ist Hydrologie?	1
1.2	Entwicklung der Hydrologie in der Schweiz	2
1.3	Gründe für eine Neuorientierung	2
1.4	Prozess der Forschungsfrüherkennung	3
1.5	Von der Vision zum vorliegenden Bericht	4
1.6	Ziel und Aufbau des Berichtes	5
TEIL B: WASSER – PROBLEME UND THEMEN DER ZUKUNFT		5
2.	INTERNATIONAL – EINE REICH BEFRACHTETE AGENDA	5
2.1.	Globale Wasserknappheit 2050: eine Krise	5
2.2	Wassermanagement: ein neues Paradigma	6
2.3.	Wassernutzungskonflikte: komplexe Probleme	7
2.4.	Spezielle Konfliktherde: Einzugsgebiete, Gross-Staudämme	8
2.5	Klimaänderung: noch unbekannte Auswirkungen	9
2.6.	Urbane Hydrologie: spezielle Herausforderungen	10
3.	SCHWEIZ - EINE VIELFALT AN NEUEN THEMEN	10
3.1	Spannungsfeld: Ökologie, Wassernutzung, Sicherheit	10
3.2.	Extremereignisse: Risiken, Vulnerabilität	11
3.3	Gebirge: Einfluss der Klimaänderung	12
3.4.	Mittelland: Gewässerraum und -ökologie, Revitalisierung	12
3.5	Wassermanagement: Methoden für den Vollzug	13
3.6	Erhaltung der Wasserqualität: eine Daueraufgabe	14
TEIL C: HYDROLOGIE SCHWEIZ – DA STEHEN WIR		14
4.	FORSCHUNGSLANDSCHAFT – EIN ERGEBNIS DER GESCHICHTE	15
4.1.	Generell: eine Vielfalt an Know-How	15
4.2	Forschungsschwerpunkte: Gebirgshydrologie, angewandte Hydrologie	16
4.3	Hydrologische Forschung: kein Programmansatz	16
4.4	Koordination: Interessante Initiativen	17
4.5	Globale Themen: weitgehend Neuland	17
4.6	Konsequenzen für die Hydrologie	17

5. INSTITUTIONELLES UMFELD – MIT POTENTIAL, ABER FRAGMENTIERT 18

5.1. Vielfalt: ein guter Nährboden 18
5.2 Behörden, Verwaltung: Schritte zur Integration 19
5.3 Wissenschaftliche Fachgesellschaften: Koordinationsaufgaben 19
5.4 Fachverbände: ein Potential 19
5.5 Konsequenzen für die Hydrologie 20

TEIL D: HYDROLOGIE SCHWEIZ – DAS WOLLEN WIR FOERDERN 20

6. WASSER – INTEGRAL UND TRANSDISZIPLINÄR UNTERSUCHEN 20

6.1. Hydrologie: Wissenschaft des Wassers 20
6.2 Grundlagenforschung: Orientierung an Systemwissenschaft 21
6.3 Transdisziplinarität: ein Muss 21

7. WASSERMANAGEMENT – EINE NEUE PARTNERSCHAFT 22

8. GEBIRGSHYDROLOGIE – EINE KERNKOMPETENZ FÖRDERN 23

8.1 Ziel: ein Forschungsprogramm 23
8.1. Schwerpunkt: hydrologische Prozesse im Gebirge verstehen 23
8.3 Daten und Modelle vernetzen 23

9. KONSEQUENTERE ÖFFNUNG – NEUE THEMEN AUFGREIFEN 24

9.1. Vermehrtes Engagement in globalen Fragen 24
9.2 Urbane Hydrologie: ein neuer Forschungsschwerpunkt? 24
9.3 Forschungsfrüherkennung: kontinuierlich Chancen nutzen 25

TEIL E: PROJEKTE – DAS WOLLEN WIR UMSETZEN 25

10. STIFTUNG WASSER SCHWEIZ – EIN VORSCHLAG 25

10.1. Zeitpunkt: ideal zur Lancierung 26
10.2. Stiftung: Zweck und Ziele 26
10.3 Konkret: Ausgestaltung, finanzielle Ressourcen 27
10.4 Fahrplan: weiteres Vorgehen 27

BEILAGE: PORTRAITS VON FORSCHUNGSSTELLEN

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Abb. 1	Modell zum Wasserkreislauf	1
Abb. 2	Prozess der Forschungsfrüherkennung	3
Abb. 3	Diskussion am Workshop in Münchenwiler	15
Abb. 4	Institutionelles Umfeld und Organisation der Hydrologie Schweiz	18

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

ADB	Asiatische Entwicklungsbank
BBW	Bundesamt für Bildung und Wissenschaft
BFE	Bundesamt für Energie
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
BWG	Bundesamt für Wasser und Geologie
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
EAFV	Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen (heute: WSL)
EAWAG	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
CH	Schweiz
CHy	Hydrologische Kommission
CHYN	Centre d' hydrogéologie de l'université de Neuchâtel
CDE	Centre for Development and Environment (am GIUB)
DEZA	Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit
EC	European Commission
EU	European Union
EPFL	École Polytéchnique Féderal de Lausanne
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
FAO	World Food and Agricultural Organization
GEP	Genereller Entwässerungsplan
GHO	Gruppe für operationelle Hydrologie
GIUB	Geographisches Institut der Universität Bern
GWP	Global Water Partnership
HYDRAM	Institut d'hydrologie et de l'aménagement du territoire (an der EPFL)
IACETH	Institut für Atmosphäre und Klima (an der ETHZ)
IAHS	International Association of Hydrological Science
ICSU	International Council of Scientific Unions
IEH	Institut für Hydraulik und Energie (an der EPFL)
IGBP	International Geosphere/Biosphere Programme
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LASEN	Laboratoire de Systèmes énérgétiques (an der EPFL)
LCH	Laboratoire de Constructions hydrauliques (an der EPFL)
MAP	Meso-Skaliges Alpines Programm
NDS	Nachdiplomstudium
NFS	Nationaler Forschungsschwerpunkt
PMF	Probable Maximum Flood
PMP	Probable Maximum Precipitation

REP	Regionaler Entwässerungsplan
RPV	Raumplanungsverordnung
SANW	Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften
SAS	Swiss Academy of Sciences
SFS	Schweizerische Friedensstiftung
SGHL	Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SVGW	Schweizerischer Verband für Gas- und Wasserfachleute
SVU	Schweizerischer Verband der Umweltfachleute
SWV	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
TBA	Tiefbauamt
UN	United Nations
UNEP	United Nations Environment Programme
UNESCO	United Nations Education and Science Organization
UVEK	Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VAW	Versuchsanstalt für Wasserbau
VSA	Verband Siedlungsabwässer
WCRP	World Climate Change Programme
WMO	World Meteorological Organization
WSL	Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft
WWC	World Water Council
WWK	Wasserwirtschaftskommission

ZUSAMMENFASSUNG

Der Forschungsplatz Hydrologie Schweiz hat sich über 150 Jahre entwickelt, geleitet von den in den jeweiligen Epochen wichtigen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Themen. Dies führte zu einer Fragmentierung, mit der Folge, dass er heute den Anforderungen einer modernen Hydrologie als integrale Wissenschaft des Wassers, die vernetzte Problemlösungsstrategien erarbeitet, nicht mehr genügt.

Deshalb haben die Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie (SGHL) und die Hydrologische Kommission (CHy), in Zusammenarbeit mit dem Programm Forschungsfrüherkennung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW), im Jahre 2000 eine Arbeitsgruppe eingesetzt, die sich Gedanken zur weiteren Entwicklung der Hydrologie in der Schweiz machen sollte.

Im Frühjahr 2001 organisierte die Arbeitsgruppe eine internationale Tagung und einen Workshop in Bern/Münchenwiler zum Thema „Zukunft der Hydrologie“. Beide Veranstaltungen stiessen sowohl bei den Forschenden als auch in der Praxis auf grosses Interesse. Der Workshop führte zu konkreten Ergebnissen, die der Arbeitsgruppe als Basis für die Redaktion dieses Berichtes dienten. Ein erster Entwurf dieses Berichtes wurde an der Jahresversammlung der SGHL in Yverdon und der CHy in Rapperswil im Oktober 2001 zur Diskussion gestellt und – mit wenigen Detailanträgen – verabschiedet.

In Teil A wird die Hydrologie vorgestellt und die Methodik zur Erarbeitung dieses Berichtes erläutert. Ausgangspunkt für den Prozess bildete das folgende *Vision Statement*: „Die Hydrologie ist in der Schweiz in Forschung und Lehre als moderne und transdisziplinär arbeitende Wissenschaft etabliert. Sie leistet einen relevanten und eigenständigen Beitrag zur Lösung von Problemen der Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Aufbauend auf ihren Stärken ist die schweizerische Hydrologie als kompetenter Partner auch in internationale Programme integriert.“

Ein weiterer Ausgangspunkt war eine detaillierte Analyse der Probleme, denen sich die Hydrologie im 21. Jahrhundert mit grosser Wahrscheinlichkeit zu stellen hat (Teil B). Ein Blick über die Grenzen des „Wasserschlosses Schweiz“ zeigt, dass Wasser international bereits zu einem zentralen Thema geworden wird. International wird am Aufbau eines Wassermanagements gearbeitet, um die sich anbahnenden Konflikte um die Ressource möglichst gering zu halten. Es gilt auch als gesichert, dass sich die Klimaänderung vor allem über den Wasserkreislauf bemerkbar machen wird. Angesichts der zunehmenden Verstädterung ist – im globalen Rahmen - die urbane Hydrologie ein weiteres wichtiges Arbeitsfeld. Generell entsteht der Eindruck, dass die Schweizerische Hydrologie sich noch zu wenig an diesen internationalen Problemen orientiert.

Auch in der Schweiz sind neue Problem- und Fragestellungen zu lösen. Neben naturwissenschaftlichen stehen auch ökonomische Fragestellungen im Raum (e.g. Beitrag der Hydrologie an ein Risikomanagement). Da der Vollzug der Bundesgesetze weitgehend den Kantonen übertragen ist, sind Methoden für den Vollzug des Wassermanagements auf Stufe Kanton bereitzustellen.

Vor dem Hintergrund dieser Problemanalyse wird in Teil C eine Bestandesaufnahme zur Forschungslandschaft und zum institutionellen Umfeld der Hydrologie Schweiz präsentiert. Generell zeigt sich, dass wohl Kapazitäten bestehen, aber dass diese – aus historischen Gründen – weitgehend fragmentiert sind. Im Bereich „Gebirgshydrologie“ ist die Schweiz ein international anerkanntes und zukunftsträchtiges Kompetenzzentrum, auf dem aufgebaut werden kann. Die teilweise isoliert arbeitenden Forschungszellen kämpfen allerdings mit Budget- und Personalengpässen. Generell wurde die Hydrologie in der Schweiz kaum als Ganzes wahrgenommen und gefördert.

Im institutionellen Umfeld gibt es ein erhebliches Potential, insbesondere da in der Hydrologie Forschung und Praxis seit langem eng zusammenarbeiten, und da mit der Ressource Wasser auch wirtschaftliche Interessen verbunden sind. Die institutionelle und organisatorisch Gliederung in eine Vielzahl von Fachgesellschaften und Verbänden erschwert aber die Koordination und damit letztlich auch die Förderung der Hydrologie als Ganzes.

In Teil D werden einige Leitlinien, an denen sich die hydrologische Forschung sowie die Forschungsförderung in Zukunft orientieren können, formuliert. Im Vordergrund stehen: (a) Wasser integral und transdisziplinär untersuchen; (b) Wassermanagement: eine neue Partnerschaft; (c) Gebirgshydrologie als Kernkompetenz fördern; und (d) konsequentere Öffnung, durch Aufgreifen neuer Themen. Allgemein wird ein vermehrtes Engagement der schweizerischen Hydrologie in globalen Fragen verlangt, auch um die Kernkompetenzen (z.B. Gebirgshydrologie) besser zur Geltung zu bringen. Wegen der guten Kosten-wirksamkeit ist zudem zu überlegen, ob die urbane Hydrologie als zweiter Forschungsschwerpunkt speziell gefördert werden soll.

In Teil E präsentiert die Arbeitsgruppe einen konkreten Vorschlag, die Gründung einer „Stiftung Wasser Schweiz“. Der Zweck der Stiftung ist wie folgt umschrieben: "Die Stiftung stärkt die Position der Hydrologie in der Schweiz. Sie trägt zur Vernetzung von Gesellschaft, Politik, Wirtschaft und Wissenschaft im Bereich des Wassers bei und unterstützt entsprechende Initiativen auf lokaler, regionaler und globaler Ebene. Damit leistet sie - im Dienste einer nachhaltigen Entwicklung - einen Beitrag zu einem integralen Wassermanagement, zur Wertschöpfung und zur Risikominderung.“ Die Gründung einer solchen Stiftung könnte mithelfen, die gegenwärtigen strukturellen Probleme der Hydrologie in der Schweiz zu überwinden.

RESUMÉ

En Suisse, la recherche en hydrologie s'est développée durant plus de 150 ans sous l'influence des thèmes qui ont marqué chaque époque. Elle s'est donc fragmentée, et, aujourd'hui, il est de plus en plus difficile de satisfaire aux exigences d'une hydrologie moderne, science intégrale de l'eau élaborant des stratégies intégrées pour résoudre les problèmes.

En collaboration avec le programme « détection avancée dans la domaine de recherche » de l'Académie suisse des sciences naturelles (ASSN), la Société suisse d'hydrologie et de limnologie (SSHL) ainsi que la Commission d'hydrologie (CHy) ont alors institué en l'an 2000 un groupe de travail chargé de s'interroger sur le développement futur de l'hydrologie en Suisse.

Au printemps 2001, ce groupe de travail a organisé à Berne/Münchenwiler un congrès international ainsi qu'un atelier consacrés à « l'avenir de l'hydrologie ». Ces deux manifestations ont rencontré un vif intérêt, autant de la part des chercheurs que des personnes actives dans la pratique. L'atelier a conduit à des résultats concrets sur lesquels s'est appuyé le groupe de travail pour rédiger ce rapport. Un premier jet a été discuté en octobre 2001 à l'occasion des assemblées annuelles de la SSHL à Yverdon et de la CHy à Rapperswil ; il a été adopté avec peu de modifications.

La partie A présente l'hydrologie et explicite la méthodologie utilisée pour élaborer ce rapport. La réflexion part du *Vision Statement* suivant : « En Suisse, l'hydrologie est établie dans la recherche et l'enseignement en tant que science active moderne et transdisciplinaire. Elle fournit une contribution essentielle et autonome à la résolution des problèmes environnementaux, sociaux et économiques. Se basant sur ses propres forces, l'hydrologie suisse est également intégrée dans des programmes internationaux en tant que partenaire compétent. »

Un autre point de départ a été l'analyse détaillée des problèmes auxquels l'hydrologie sera très vraisemblablement confrontée au 21ème siècle (partie B). En regardant de l'autre côté des frontières du « Château d'eau Suisse », on s'aperçoit que l'eau est déjà devenue un thème central au niveau international. En effet, un concept de gestion de l'eau est en phase d'élaboration à l'échelle internationale pour maintenir aussi limités que possible les conflits qui s'ébauchent autour de cette ressource. De plus, il est admis que c'est sur le cycle de l'eau que les changements climatiques vont se faire le plus sentir. Enfin, vu l'urbanisation croissante, l'hydrologie urbaine apparaît également comme un important domaine d'activité (dans un cadre global). D'une manière générale, il semble que l'hydrologie suisse ne s'est pas encore suffisamment préoccupée de ces problèmes internationaux.

En Suisse également, il s'agit de résoudre des problématiques nouvelles. Les problématiques relevant des sciences naturelles sont bien sûr d'actualité, mais aussi celles qui touchent l'économie (contribution de l'hydrologie à une gestion du risque par ex.). Comme les cantons sont en grande partie responsables de l'exécution des lois fédérales, c'est au niveau cantonal que les méthodes pour l'exécution d'une gestion de l'eau doivent être mises en place.

En s'appuyant sur cette analyse, le groupe de travail dresse dans la partie C un inventaire du paysage de la recherche hydrologique suisse et de son cadre institutionnel. D'une manière générale, il apparaît que des capacités existent bel et bien, mais que celles-ci sont – pour des raisons historiques – largement fragmentées. Dans le domaine « hydrologie des montagnes » , la Suisse constitue un centre de compétence reconnu au niveau international et plein d'avenir, sur lequel on peut construire. Cependant, les cellules de recherche

travaillent souvent chacune pour soi ; elles se battent contre des impasses budgétaires et manquent de personnel. En Suisse, on a donc en général peu considéré l'hydrologie dans son intégralité et rarement encouragée en tant que telle.

Le cadre institutionnel renferme un potentiel considérable, notamment du fait que, en hydrologie, la recherche et la pratique collaborent étroitement depuis longtemps et que la ressource eau est liée à des intérêts économiques. Cependant, la structure institutionnelle et l'organisation en une multitude de sociétés de professionnels et d'associations compliquent la coordination, et donc l'encouragement de l'hydrologie en tant que tout.

Quelques lignes directrices sont formulées dans la partie D ; elles indiquent l'orientation que pourraient prendre à l'avenir la recherche hydrologique ainsi que l'encouragement de ce domaine. Apparaissent au premier plan : (a) une étude intégrale et interdisciplinaire de l'eau ; (b) gestion de l'eau : un nouveau partenariat ; (c) un encouragement de l'hydrologie des montagnes en tant que centre de compétence ; et (d) une plus grande ouverture, par le traitement de nouveaux thèmes. De façon générale, on exige que l'hydrologie suisse s'engage davantage dans les questions globales, également en vue de mieux valoriser les centres de compétence (hydrologie des montagnes par ex.). Etant donné son bon rapport coûts-efficacité, il faut encore réfléchir à un éventuel encouragement de l'hydrologie urbaine qui pourrait devenir un second axe de recherche.

Dans la partie E, le groupe de travail présente une proposition concrète, à savoir la création d'une « Fondation suisse de l'eau ». Le but de cette fondation est défini comme suit : « La fondation renforce la position de l'hydrologie en Suisse. Elle contribue à mettre en rapport la société, la politique, l'économie et la science dans le domaine de l'eau et soutient les initiatives allant dans ce sens, à l'échelle locale, régionale et globale. De cette façon, elle contribue – au service d'un développement durable – à une gestion intégrale de l'eau, à la création de valeur et à la réduction des risques ». La création d'une telle fondation pourrait aider à surmonter les problèmes structurels que connaît actuellement l'hydrologie en Suisse.

EXECUTIVE SUMMARY

For the past 150 years, the landscape of Swiss hydrological research has developed around the topics which were on the agenda in the different phases of history. This led to a level of fragmentation in the research community which made it more and more difficult to meet the new requirements of a modern and integrated science of water, suitable to elaborate integrated concepts and solutions to the complex problems around the water resource.

To address these and other issues, the Swiss Society for Hydrology and Limnology (SGHL) and the Swiss Hydrological Commission (CHy) decided to establish a working group which should reflect upon this situation and elaborate constructive proposals for the further development of hydrological research in Switzerland. The process was financially supported by the Swiss Academy of Sciences (SAS).

In spring 2001, the working group organized an international meeting and a workshop in Berne/Münchenwiler to discuss the future of hydrology, with particular reference to Switzerland. Both events received high attention, from researchers as well as from practioneers. The workshop lead to results which became a very useful input into the editing of this report. A first draft of the report was discussed and – with minor adjustments – endorsed by the SGHL and the CHy in october 2001.

In part A of the report, the subject of hydrology and the methodology for the elaboration of this report are briefly discussed. The analysis developed at the basis of the following vision statement: “Hydrology is, in Switzerland, fully established in research and teaching as a modern, transdisciplinary science. It provides relevant and genuine contributions to the solution of environmental, social and economic problems. At the basis of its particular competitive strengths, Swiss hydrological research is well integrated as a competent partner in international research programmes.”

An other point of departure was a detailed analysis of the problems and challenges to which hydrology has likely to respond in the 21 century (see part B). A look over the boundaries of Switzerland where water resources have never been a limiting factor shows that water has already become, at the international level, one of the key topics. First, there are many efforts to establish and to strengthen a water management philosophy, to prevent further conflicts about this valuable resource. Secondly, it is also recognized that the impacts of climate change will become visible after all at the level of changes in the water cycle. Finally, and considering the ongoing urbanization, mainly in the South, urban hydrology is likely to become another emerging topic. The general impression is that Swiss hydrology has not yet fully acknowledged the importance of these issues.

But there are also new challenges in Switzerland. Beside of natural science aspects, there are also economic issues to which hydrologists have to make contributions (e.g. risk management). In Switzerland, water management is mainly delegated to the cantonal level. Therefore, there is a need to develop practical methods and instruments, mainly to strengthen the decentralized water management authorities.

At the basis of this analysis, the working group presents in part C a description and analysis of the hydrological research capacities and the institutional context in Switzerland. In general, it is concluded that there are considerable capacities but that these capacities are – for historical reasons – largely fragmented. In very general terms, Switzerland can be considered as a competence centre for applied and mountain hydrology, and this provides a good basis for future development. However, the research cells work partly in isolation and have to deal with human resource and budget problems. In Switzerland, hydrology is not yet perceived as a genuine science with a strong identity.

On the institutional side, there is a considerable potential, mainly because science and research closely collaborate with the applied wing, and because there are also considerable economic interests linked to the water resource. However, the institutional and organizational structure, with a large number of societies, associations and interest groups, does not facilitate coordination or the lobbying for the support to hydrology as an integral science.

In part D, the working group formulates a number of guiding principles for the future promotion of hydrological research in Switzerland. The main ones are the following: (a) to look at, and to promote an integrated and transciplinary approch to research on water resources; (b) to use water management as a starting point for a new partnership; (c) to strengthen mountain hydrology as a core competence of Swiss hydrology; and (d) to become more open, to better respond to the many new challenges. In general, Swiss hydrology should become more involved in the global discussions, also to take advantage of its know-how in mountain hydrology. Because of an expected good cost-benefit, it is also recommended to consider the development of urban hydrology as a second core competence.

The working group presents in part E a concrete proposal, the establishment of a new Water Foundation in Switzerland. The purpose of the foundation is described as follows: “The foundation strengthens the position of hydrology in Switzerland. It contributes to a systematic view on society, policy making, economy and science in all water related matters, and it supports corresponding initiatives on the local, regional and global level. Hereby, the foundation makes a significant contribution to an integrated water management, to the adding of (economic and other) values, and to the minimization of risks, for the benefit of sustainable development.” The establishment of such a foundation could be a signal and a step forward, also to effectively address the present structural deficiencies of hydrology in Switzerland.

TEIL A: EINLEITUNG

1. HYDROLOGIE SCHWEIZ IM AUFBRUCH

1.1 Was ist Hydrologie?

Die Hydrologie befasst sich mit dem Wasser auf der Erde, und zwar mit seinem Vorkommen, seiner Verteilung und Zirkulation, seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften sowie mit seinen Wechselbeziehungen zu Umwelt und Gesellschaft. Sie versteht sich als eine moderne transdisziplinäre Erd- und Umweltwissenschaft, deren Erkenntnisse der nachhaltigen Nutzung und dem Schutz dieser Ressource sowie der Gefahrenbeurteilung dienen.

Im Zentrum steht der Wasserkreislauf (siehe Abb. 1). Zum besseren Verständnis seiner Komponenten sowie zur Formulierung von Lösungsansätzen arbeitet die Hydrologie eng mit der Limnologie, der Hydrogeologie, der Meteorologie, der Klimatologie, der Glaziologie, der Pedologie, dem Gewässerschutz, den Ingenieurwissenschaften und der Wasserwirtschaft zusammen.

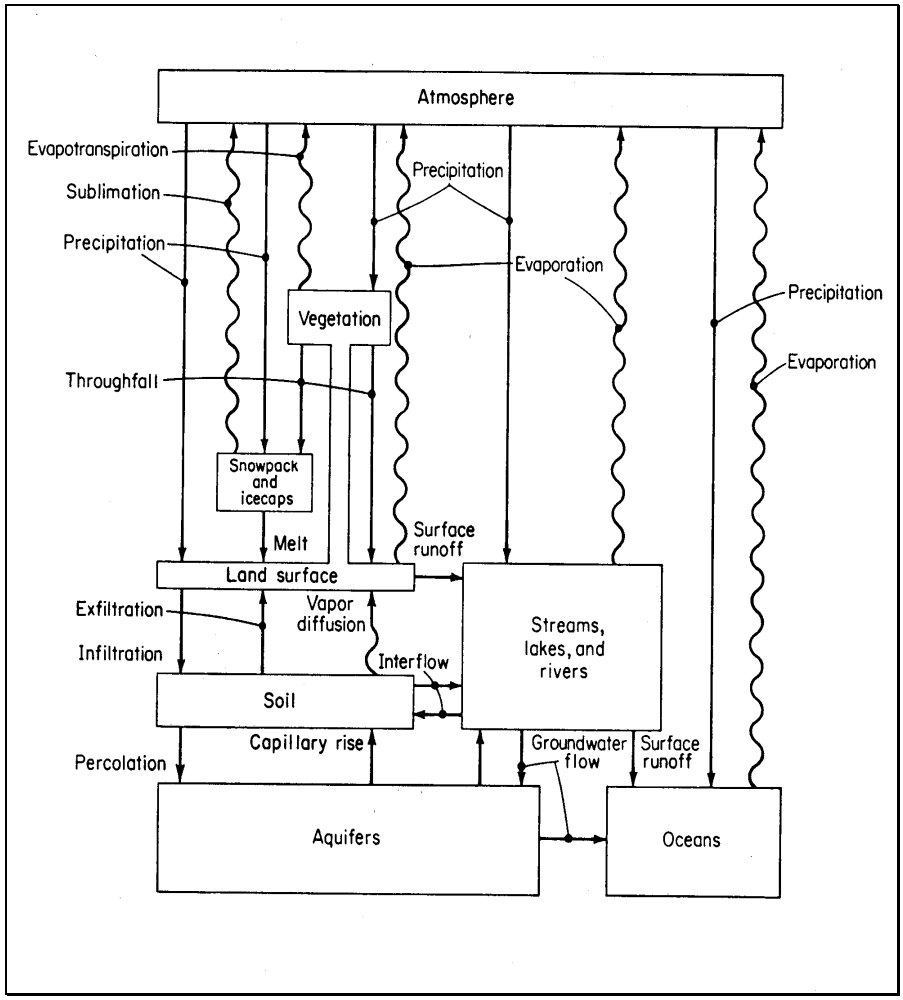

Abb. 1: Modell zum Wasserkreislauf [1]

[1] aus: Eagleson, P.S., 1970: Dynamic Hydrology. New York: McGraw-Hill

1.2 Entwicklung der Hydrologie in der Schweiz

In der Schweiz blickt die hydrologische Forschung auf eine Tradition von mehr als 150 Jahren zurück. Die Leitthemen der Forschung wurden dabei in enger Beziehung zu den Problemen, die die Praxis in den jeweiligen Epochen beschäftigten, definiert:

(1) Im 19. und frühen 20. Jahrhundert standen Gewässerkorrekturen[2] sowie der Schutz der Siedlungen vor Ueberschwemmungen im Vordergrund. Die hydrologischen und meteorologischen Messnetze wurden aufgebaut sowie erste Forschungsinstitutionen gegründet.

(2) Bis Mitte des 20. Jahrhunderts erfolgte in der Schweiz der Ausbau der Kapazitäten in der Wasserkraftnutzung. Die hydrologische Forschung lieferte Grundlagen für die Dimensionierung der Anlagen und für die Wasserwirtschaft. Damit war ein wichtiger Grundstein für die Gebirgshydrologie gelegt.

(3) In der Nachkriegszeit wurde der qualitative Gewässerschutz zu einem wichtigen Thema[3]. Für die Planung der Kläranlagen wurde auch hydrologisches Wissen benötigt. Die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) wurde gestärkt.

Als Folge dieser Entwicklung sind an verschiedenen Hochschulinstituten und Annexanstalten der ETH Forschungskapazitäten in analytisch arbeitenden Teilbereichen der Hydrologie aufgebaut worden. Mit der Spezialisierung und der institutionellen Fragmentierung ging allerdings der Blick für das Ganze – die Ressource Wasser – etwas verloren.

1.3 Gründe für eine Neuorientierung

In den 90-er Jahren wurde auf verschiedenen Ebenen – national wie international, Regierungs- und Nicht-Regierungs-Organisationen – der Ruf nach einer wieder vermehrt integral arbeitenden Hydrologie laut[4]. Gewünscht wird heute eine Abkehr von sektoriellen Lösungsansätzen und eine Hinwendung zu vernetzten Problemlösungsstrategien.

Die Deklaration von Dublin (1992) war ein Meilenstein. Fachleute warnten weltweit vor den Folgen der Uebernutzung der Ressource Wasser, die auch eine Folge der zunehmend sektoriellen Betrachtung des Wassers steht. Sie votierten für ein neues Wasserbewusstsein und eine integralere Erforschung und Nutzung des Wassers. Die Probleme wurden auch auf Stufe der Europäischen Union (EU) erkannt.

> *„Lack of holistic perspective regarding water has also led to a very dispersed and confused system of water management. Responsibilities for the management of the resource, and the construction of dams, …, treatment plants, sewerage systems, not to mention their maintenance, are distributed around a variety of administrative departments. There is, in reality, no such thing as a 'water sector'" (EC publication, 2000).*

Trotz dieser deutlichen internationalen Signale und der erkannten Forschungsdefizite hat in der Schweiz in den letzten Jahren die Bedeutung und der Stellenwert der hydrologischen Forschung kontinuierlich abgenommen. Dies ist eine paradoxe Entwicklung, die auch in der Praxis zunehmend auf Unverständnis stösst, umso mehr als globale Umweltprobleme eng mit dem Wasser verknüpft sind.

[2] Beispiele: Juragewässerkorrektionen, Limmatkorrektur, Rhein
[3] An der Expo 1964 in Lausanne wurde das Thema auch in der Oeffentlichkeit lanciert.
[4] International: siehe *Dublin Declaration*, 1992; Rio Konferenz. National: siehe Diskussion um die neue Hochwasserschutzphilosophie des Bundes nach den Unwettern 1987 und 1991

Angesicht der Tatsache, dass die finanziellen Ressourcen für die Forschungsförderung in der Schweiz beschränkt sind, erwies es sich deshalb als nötig, für die schweizerische Hydrologie neue Strategien zu entwickeln, um sie als integrale Wissenschaft in der Schweiz zu stärken.

1.4 Prozess der Forschungsfrüherkennung

Als Antwort auf diese Probleme bildeten im Frühjahr 2000 die Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie (SGHL) und die Hydrologische Kommission (CHy) eine Arbeitsgruppe, mit folgendem Mandat:

(1) zu Handen der für die Forschungspolitik in der Schweiz zuständigen Stellen sowie auch der Forschenden und der Öffentlichkeit die hydrologisch wichtigen Fragestellungen der Zukunft zu identifizieren; und

(2) die entsprechenden Auswirkungen auf die Lehre und die Forschung in der Schweiz darzustellen.

Die Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften (SANW) unterstützt diese Initiative im Rahmen ihrer Programme „Schwerpunktsziele“ und „Forschungsfrüherkennung“.

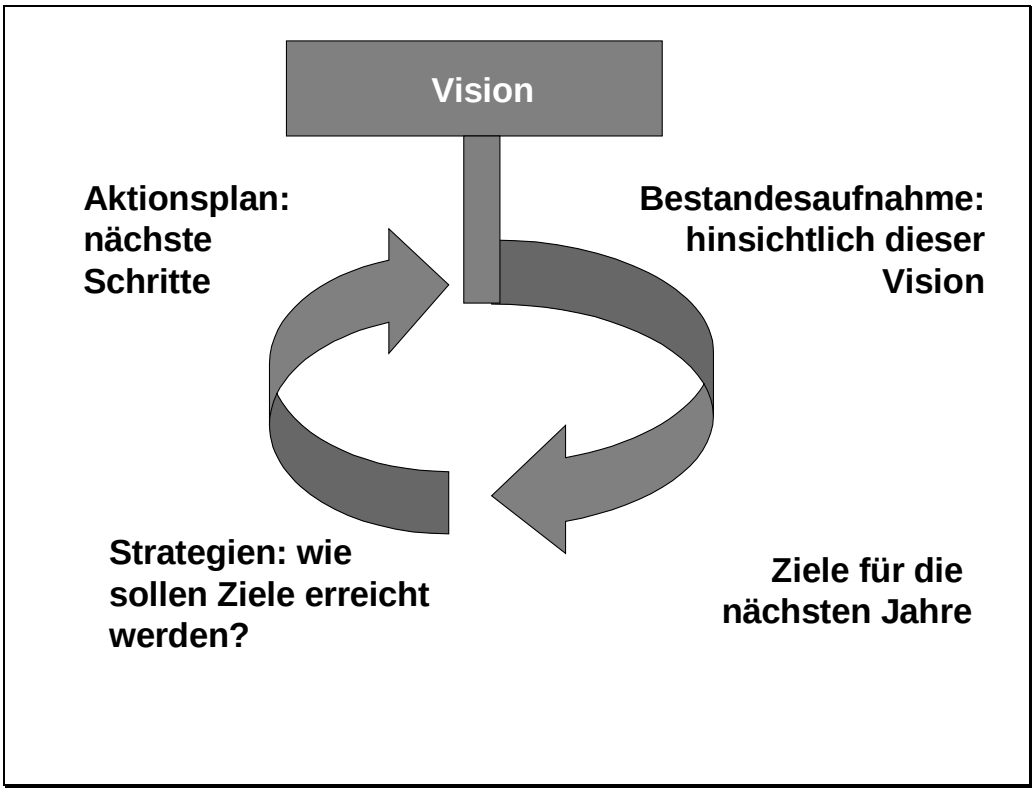

Abb. 2: Prozess der Forschungsfrüherkennung

1.5 Von der Vision zum vorliegenden Bericht

In einem ersten Schritt formulierte die Arbeitsgruppe eine Vision für die Hydrologie in der Schweiz. Diese Vision bildete in der Folge einen Orientierungspunkt für die Diskussion der Probleme und Herausforderungen sowie für die Definition der Ziele, der Strategien und eines Aktionsplanes für die Hydrologie Schweiz.

Vision Hydrologie Schweiz

Die Hydrologie ist in der Schweiz in Forschung und Lehre als moderne und transdisziplinär arbeitende Wissenschaft etabliert. Sie leistet einen relevanten und eigenständigen Beitrag zur Lösung von Problemen der Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Aufbauend auf ihren Stärken ist die schweizerische Hydrologie als kompetenter Partner auch in internationale Programme integriert.

Im März 2001 lud die Arbeitsgruppe bekannte HydrologInnen (Schweiz, Oesterreich, Grossbritannien) zu einer Tagung nach Bern ein, an der diese ExpertInnen ihre persönliche Einschätzung zur Zukunft der Hydrologie darstellten[5]. Die Tagung wurde von über 100 HydrologInnen aus Lehre, Forschung und Praxis besucht.

Im Anschluss an diese Tagung zog sich die Arbeitsgruppe – verstärkt durch über 20 weitere eingeladene FachexpertInnen aus Forschung und Praxis – zu einem Workshop ins Schloss Münchenwiler zurück, an dem die aktuelle Situation analysiert und Vorschläge zur Stärkung der Hydrologie in der Schweiz diskutiert wurden. Der Workshop führte zu einem interessanten Dialog zwischen Forschung und Praxis.

Die Ergebnisse der internationalen Tagung und des Workshops in Münchenwiler wurden in der Arbeitsgruppe diskutiert und – nach einer eingehenden Bewertung und Weiterentwicklung – im vorliegenden Bericht zusammengefasst. Ein erster Entwurf des vorliegenden Berichtes wurde den WorkshopteilnehmerInnen zur Stellungnahme unterbreitet. Deren Kommentare wurden in den Bericht eingearbeitet.

1.6 Ziel und Aufbau des Berichtes

Ziel des vorliegenden Berichtes ist es, die Ergebnisse dieses Prozesses – manchmal pointiert, aber immer konstruktiv und zukunftsgerichtet – darzustellen. Der Bericht soll als eine Plattform für eine erweiterte Diskussion in der SGHL und in der CHy sowie in anderen Fachgesellschaften dienen.

Gemäss dem Ablauf der Diskussionen gliedert sich der Bericht in folgende Teile:

(1) TEIL B: „Wasser – Probleme und Themen der Zukunft“: Welches sind die inhaltlichen Herausforderungen, denen sich die Hydrologie international und in der Schweiz in Zukunft zu stellen hat?

(2) TEIL C: „Hydrologie Schweiz – Da stehen wir“: Welches sind die Stärken und die Schwächen der Hydologie in der Schweiz, sowohl bezüglich Forschung als auch im institutionellen Bereich?

[5] Die österreichische Gesellschaft für Hydrologie präsentierte dabei die Ergebnisse ihres kürzlich abgeschlossenen Prozesses zur Forschungsfrüherkennung, die für die Schweizer Gebirgshydrologie natürlich ebenfalls relevant sind. Der Bericht aus Oesterreich fasst mehr die technischen Fragestellungen zusammen, während im vorliegenden Bericht eher die übergeordneten Aspekte behandelt werden.

(3) TEIL D: „Hydrologie Schweiz – Das wollen wir fördern“: Welches sind Leitgedanken, an denen sich die Hydrologie Schweiz in Zukunft orientieren kann?

(4) TEIL E: „Projekte – Das wollen wir umsetzen“: Welches sind konkrete Vorschläge, um die Hydrologie in der Schweiz langfristing und prospektiv zu stärken?

TEIL B: WASSER – PROBLEME UND THEMEN DER ZUKUNFT

2. INTERNATIONAL – EINE REICH BEFRACHTETE AGENDA

Die Schweiz ist ein wasserreiches Land. Damit wird leicht vergessen, dass die Probleme um die Ressource Wasser in vielen Teilen der Erde die Grundlagen für Leben und Wirtschaft bereits heute bedrohen. Zur Erfassung des Stellenwertes der Hydrologie und ihrer Bedeutung als integrale Wissenschaft ist es sinnvoll, einen Blick auf die internationale Diskussion zu werfen.

2.1 Globale Wasserknappheit 2050: eine Krise

Im Anschluss an die Konferenz von Dublin (siehe oben) und die Verabschiedung der Agenda 21 an der globalen Umweltkonferenz in Rio de Janeiro (1992) wurde das *World Water Council* (WWC) eingesetzt, das in der internationalen Diskussion - zusammen mit der ebenfalls neu konstituierten *Global Water Partnership* (GWP) - um die Ressource Wasser in den 90-er Jahren die Federführung übernahm.

Im Rahmen des WWC engagierten sich zwischen 1998 und 2000 über 15’000 Personen an einer globalen Bestandesaufnahme der Probleme. Das WWC kommt dabei zum Schluss, dass in den nächsten 25-30 Jahren das Thema Wasser sowohl in der globalen als auch in den regionalen Agenden stark an Bedeutung gewinnen wird. Man spricht von einer „globalen Wasserknappheit 2050“, die auch mehr und mehr zu politischen Auseinandersetzungen führen wird.

> *„All life on earth has depended on water since the first single-cell organisms appeared 3.5 billion years ago – consuming energy, growing, reproducing. From that time until very recently in geological history, there was a balance between the needs of life and the available water. … There is a water crisis today. But the crisis is not about having too little water to satisfy our needs. It is a crisis of managing water so badly that billions of people – and the environment – suffer badly” (M.A. Abu-Zeid, chairman WWC, 2000).*

Eine der Dimensionen ist die sich in vielen Ländern öffnende Schere zwischen dem zunehmenden Bedarf an Süsswasser (z.B. für Trinkwasser, Landwirtschaft, Industrie, Wasserwirtschaft) und dem begrenzten Wasserdargebot (Mengenproblem)[6]. Die Probleme werden durch die zunehmende Verschmutzung von Wasserressourcen sowie durch die

[6] Gemäss Zahlen der FAO hat sich – weltweit – der Verbrauch von Süsswasser zwischen 1930 und 1995 etwa verfünffacht.

Verstädterung, die Industrialisierung und die Intensivierung der Landwirtschaft von Jahr zu Jahr verschärft.

Konsequenzen für die Hydrologie CH: Der Anschluss an diese dynamische internationale Diskussion muss unbedingt gefunden werden. Die schweizerische Hydrologie muss sich aktiv an Problemlösungen beteiligen, will sie nicht den Anschluss verlieren.

2.2 Wassermanagement: ein neues Paradigma

Die Schlussfolgerungen des WWC zeigen, dass nicht so sehr die absolute Begrenzung der Wasserressourcen als der Umstand, dass Wasser miserabel bewirtschaftet wird, das Problem ist. In vielen Ländern – und vor allem in solchen mit grossem Wasserreichtum wie der Schweiz – ist das Bewusstsein, dass es in Zukunft ein ganzheitliches Wassermanagement braucht, noch wenig entwickelt.

Die Nutzung des Süsswassers für die Grundbedürfnisse (z.B. Trinkwasser) wird durch den steigenden Bedarf an Wasser für andere Nutzungen (z.B. Bewässerung, Industrie) konkurrenziert. Da die an der Wassernutzung beteiligten Ministerien meist sektoriell denken und handeln (z.B. Landwirtschaft, Industrie, Energie), fehlt der institutionelle Rahmen für ein integrales Management des Wassers.

Wassermanagement wird nicht nur in Ländern des Südens sondern auch in Europa zu einem Thema auf der politischen Agenda. Die EU hat 2000 mit verschiedenen Publikationen und Richtlinien zu *„Sustainable Water Resource Management“* einen Schritt nach vorne zu einer ganzheitlichen Betrachtung der Ressource Wasser und zu einem integralen Wassermanagement gemacht.

Wassermanagement und die Prognose von Änderungen im Wasserregimes brauchen langfristig gesicherte Daten zum Wasserhaushalt. Anders als beispielsweise in der Meteorologie[7] sind in der Hydrologie kontinuierliche Datenreihen sowie der Austausch und die Qualitätskontrolle solcher Daten vielerorts noch nicht gesichert. Dies gilt vor allem für die Länder des Südens.

Der Schritt zum integralen Wassermanagement ist auch ein institutionelles Problem. Es fehlt an Institutionen, die die Wassernutzung wirksam und mit Sachverstand koordinieren können. Zudem sind das Bewusstsein zur Betrachtung des Wasser als ökonomisches und soziales Gut sowie die Bereitschaft, in das Management dieser kostbaren Ressource auch dezentrale Institutionen einzubeziehen, im Süden vielerorts noch nicht vorhanden. Es mangelt auch an Institutionen zur Lösung von internationalen Wassernutzungskonflikten.

Der Bedarf nach einem gut organisierten staatlichen Wassermanagement wächst durch ganz neue Entwicklungen: Bereits ist zu beobachten, dass grosse Firmen zur Sicherung ihrer Ressourcenbasis ganze Einzugsgebiete aufkaufen[8]. Die wirtschaftlich stärkeren industriellen und städtischen Nutzungen sind in Konkurrenz- und Konfliktsituationen gegenüber ländlichen und traditionellen Nutzergruppen im Vorteil. Es braucht ein staatliches Wassermanagement, um auch die wirtschaftlich schwächeren Nutzer und die öffentlichen Interessen zu schützen.

Konsequenzen für die Hydrologie CH: Wassermanagement verlangt eine integrale Sichtweise, in der die Hydrologie eine führende Rolle übernehmen muss. Die langjährigen Erfahrungen der Schweiz im Aufbau von Messnetzen und Datenauswertungen sowie die Erfahrungen mit der Stärkung von dezentralen Strukturen für das Wassermanagement sind in der internationalen Diskussion gefragt.

[7] Das Ungleichgewicht zeigt sich auch in den Kapazitäten an Fachleuten in den Institutionen: In der World Meteorological Organization (WMO) sind beispielsweise nur gerade 5% der MitarbeiterInnen in der Hydrologie tätig.

[8] Beispiele von Firmen aus Indonesien, die Trinkwasser produzieren

Beispiel: Die Direktion für Entwicklungszusammenarbeit (DEZA) fördert vereinzelt Projekte zur Verbesserung der Grundlagen für das Wassermanagement in Ländern des Südens. In Kirgisien unterstützt sie beispielsweise den Aufbau eines Netzes von hydrologischen Messstationen sowie den Aufbau eines hydrologischen Fachdienstes. In den oft wasserarmen Gebieten an der pazifischen Küste Zentralamerikas (z.B. in El Salvador, Nicaragua) werden die Wasserreserven kartiert. Bessere Kenntnisse erlauben unter anderem, bei Projekten zur Wassernutzung oder Entwicklungsprojekten (z.B. Trinkwasser) die wirkungsvollste Technologie einzusetzen, womit sich die Kosten solcher Projekte entscheidend verringern lassen.

Beispiel: In vielen Teilen von Bangladesch wurde durch Aenderungen in Wasserregime und –nutzung der Grundwasserspiegel innerhalb weniger Jahre – saisonal, während der Trockenzeit – um 5-10 Meter abgesenkt. Die durch Projekte der Weltbank und der EU geförderte maschinelle Bewässerung ist dabei für ungefähr 90% der Zunahmen des Wasserbedarfes verantwortlich. Wegen der Absenkung des Grundwasserspiegels fielen ungefähr 400'000 Handpumpen für die ländliche Trinkwasserversorgung – zumindest während der Trockenzeit und für einige Monate,- ausser Betrieb, zum Nachteil der ländlichen Bevölkerung. Trotz massiver internationaler Unterstützung ist das staatliche *Water Management Board* noch nicht in der Lage, die Problematik auf die politische Agenda des Landes zu setzen. Eine Koordination zwischen den sektoriell denkenden Ministerien existiert weiterhin kaum. Die Probleme um das Trinkwasser wurden durch die geologisch bedingte Arsenvergiftung des Grundwassers, durch die etwa 40% der Brunnen akut gefährdet sind, in den letzten Jahren noch erheblich verschärft.

2.3 Wassernutzungskonflikte: komplexe Probleme

Gemäss einer Erhebung des *United Nations Environment Programs* (UNEP) von 1998 werden in den Ländern des Südens zwischen 85 – 95% der Süsswasserressourcen für die Landwirtschaft genutzt. In industrialisierten Ländern des Nordens liegt dieser Anteil nur noch bei etwa 15-35%. Gleichzeitig ist festzustellen, dass weltweit die Gesamtfläche des bewässerten Agrarlandes seit einigen Jahren stagniert, was auf eine Erschöpfung der Wasserreserven in Ländern des Südens hindeuten könnte. Parallel dazu nimmt der Trend zur Verstädterung oder zur industriellen Wassernutzung in diesen Ländern laufend zu.

Diese Zahlen zeigen eindrücklich die Herausforderungen, denen sich die Hydrologie in Ländern des Südens zu stellen hat. Es ist nicht nur nötig, hydrologische Grundlagen über das verfügbare Wasserangebot bereitzustellen oder das Wassermanagement zu stärken. Gefragt ist auch die Mitarbeit bei der Entwicklung und Markteinführung von neuen und angepassten Technologien, die zur Entschärfung der sich anbahnenden Konflikte beitragen[9].

Lösungen zu Wassernutzungskonflikten werden heute in interdisziplinären Teams, in die neben der Hydrologie selbstverständlich auch die Sozial- und Ingenieurwissenschaften eingebunden sind, gesucht[10]. Die Hydrologie hat in dieser team-orientierten Forschung eine zentrale Rolle, da sie Theorien (Modelle) und Methoden zur Analyse des Wasserkreislaufes bereitsstellt, die zur Abschätzung der Wasserquantität und –qualität von zentraler Bedeutung sind.

Eine weitere Stärkung der Zusammenarbeit der Hydrologie mit den Sozial- und Politikwissenschaften ist unabdinglich. Zum Beispiel werden Veränderungen in Wasserregimes erst verständlich und prognostizierbar, wenn ihre Ursachen genügend bekannt sind. Diese liegen meist im sozio-ökonomischen Bereich (z.B. Änderungen im Lebensstil, oder in den Rahmenbedingungen für die Wirtschaft).

[9] Ein Beispiel ist die Technologie „Low Drip Irrigation", bei deren Einführung sich auch die DEZA (zusammen mit der Weltbank) engagiert.
[10] Ein gutes Beispiel sind die Komissionen, die im Rahmen des WWC eingesetzt wurden.

Die Dimension solcher Konflikte führt zu einer neuen Definition des Verhältnisses zwischen Wissenschaft und Politik. Während sich früher die Hydrologie damit begnügen konnte, durch Kommissionen oder *Advisory Boards* den politischen Entscheidungsträgern – in einer Expertenrolle – Ratschläge zu geben, stehen heute Themen wie Dialogfähigkeit der Wissenschaft oder Mitarbeit bei der Vermittlung in Konflikten auf der Agenda. Dies stellt die Hydrologie auch vor methodische Herausforderungen[11].

Konsequenzen für die Hydrologie CH: Neben ihrem Beitrag zur Versachlichung und Lösung der Probleme mit naturwissenschaftlichen Fakten muss sich die Hydrologie auch gegenüber den Sozialwissenschaften öffnen.

Beispiel: Wasser wird zum entscheidenden Entwicklungsfaktor. Eine 2001 abgeschlossene Studie der UN zeigt, dass das Wachstum der Hauptstadt von Honduras, Tegucigalpa, in 20-30 Jahren an unabänderliche Grenzen stossen wird, da die Wasserversorgung (Trinkwasser) dieser Hochlandstadt nicht mehr garantiert werden kann. Dies ist kein Einzelfall sondern eher ein Beispiel für typische Probleme in den rasch wachsenden Städten in Ländern des Südens. Transdisziplinäre Forschung ist ein Muss.

2.4 Spezielle Konfliktherde: Einzugsgebiete, Gross-Staudämme

In wasserarmen Regionen, in denen das Wasserregime erheblich durch Entscheide in anderen Ländern oder Regionen bestimmt wird, ergeben sich nicht nur lokale sondern auch regionale oder internationale Spannungen. Diese sind teilweise sehr grossräumig (z.B. bei grossen Strömen). Der Bau grosser Anlagen (z.B. Gross-Staudämme, Bewässerung), die das Wasserregime erheblich beeinflussen, sind besondere Konfliktherde.

Im November 2000 wurde der Schlussbericht der Weltkommission für Staudämme vorgelegt, der die Kosten und Nutzen von Staudämmen vor dem Hintergrund der globalen Wasser- und Umweltdebatte an 125 Gross-Staudämmen analysierte. Der Bericht weist unter anderem auf Sicherheitsrisiken bei Staudämmen hin, identifiziert aber auch neue Möglichkeiten, die sich für das Wassermanagement ergeben. Es wird empfohlen, bei jedem neuen Staudamm ein Konzept zu einem regionalen Wassermanagement zu erarbeiten.

Doch nicht nur Gross-Staudämme sondern auch die Summenwirkung vieler kleiner Anlagen auf das Wasserregime wird mehr und mehr zum Thema. Da viele Länder des Südens die Transformation zur Industrialisierung noch nicht vollzogen haben, ihrer Bevölkerung aber zunehmend Arbeitsplätze ausserhalb der Landwirtschaft anbieten müssen, wird der Wasser- und Energiebedarf weiter ansteigen.

Konsequenzen für die Hydrologie CH: Die Schweiz kann mit ihrem Wissen über die Gebirgshydrologie einen wichtigen Beitrag an die Analyse solcher Konflikte über ein umfassendes System- und Prozessverständnis leisten. Dieses verlangt in Zukunft mehr Forschungskapazitäten. Auf der Grundlage allgemeiner Kenntnisse über die Hydrologie von Einzugsgebieten sind die zu erwartenden Mengen und Stofflüsse sowie die geomorphologischen Prozesse am Einzelfall zu prognostizieren.

„The next war in our region will be over the waters of the Nile, not over politics …“ (Boutros Boutros-Ghali, 1997)

Beispiel: Zur Verhinderung weiterer Konflikte um die Nutzung des Wassers des Mekongflusses haben 4 Staaten in der kriegsgeschüttelten Mekong-Region 1995 ihr Abkommen zur Koordination der Wassernutzungen erneuert. Die Weltbank unterstützt

[11] z.B. Schaffung von Kapazitäten zur Visualisierung von Szenarien

dabei seit 1999 mit beträchtlichen Mitteln die Ausarbeitung eines *Water Utilization Plans*, der die Grundlagen für die Bewirtschaftung der Wasserressourcen bereitstellen soll. Leider konnte bis heute China, das am Oberlauf des Mekongflusses neue Staudämme plant, noch nicht in diese Plattform eingebunden werden. Weiter ist unklar, wie der zukünftige *Water Utilization Plan* mit den nationalen und meist sektoriell ausgerichteten Planungen (z.B. Elektrizität, Strassenbau, Landwirtschaft, Tourismus, Naturschutz) abzustimmen ist.

Beispiel: Eine 2001 abgeschlossene Studie der Asiatischen Entwicklungsbank (ADB) zeigt, dass im Einzugsgebiet des Mekongflusses zahlreiche Staudammprojekte in Vorbereitung sind. Das Monitoring dieser Entwicklung und der möglichen Auswirkungen für das Wasserregime wird zur Daueraufgabe, insbesondere da die Projekte meist national und sektoriell geplant und durch unterschiedliche Geldgeber finanziert werden. Parallel dazu versucht die Weltbank, auf ökonomischer Ebene einen Dialog zwischen den Mekongländern zu fördern: Die Elektrizitätsproduktion soll in denjenigen Ländern konzentriert werden, in denen die Produktionsverhältnisse besonders günstig sind. Ziel ist ein regionaler Elektrizitätsmarkt. Die Hydrologie arbeitet in diesem Prozess eng mit der Oekonomie zusammen.

2.5 Klimaänderung: noch unbekannte Auswirkungen

Die Relevanz hydrologischer Forschung wird durch die globale Klimaveränderung weiter verstärkt. Beobachtungen demonstrieren eindrücklich, dass in den letzten 100 Jahren nicht nur eine globale Erwärmung stattgefunden hat, sondern dass auch der Wasserkreislauf deutlichen Veränderungen unterworfen war.

Dazu gehört insbesondere eine Zunahme der saisonalen Niederschlagmengen um 5-15% in den mittleren und höheren Breiten der Nordhemisphäre. Entsprechende Trends wurden auch in der Schweiz festgestellt. Die beobachteten Veränderungen sind konsistent mit den vorliegenden Szenarien der anthropogenen Klimaveränderung, aber aufgrund der vergleichsweise kurzen Datenreihen kann die natürliche Klimavariabilität nicht mit Sicherheit als Ursache ausgeschlossen werden.

Die Klimaveränderung stellt grosse Herausforderungen an die Hydrologie, und dies aus zwei Gründen:

(1) Die Auswirkungen der Klimaveränderung auf unsere Zivilisation werden zu einem beträchtlichen Teil über den hydrologischen Kreislauf erfolgen. Trockenheit und Dürre, Ueberschwemmungen, Landwirtschaft, Tourismus, Verkehr, Wasserkraft, Vegetation, aquatische Oekosysteme und die Trinkwasserversorgung können je nach betrachteter Region sensitiv reagieren. Gemäss dem kürzlich veröffentlichten IPCC Bericht (*Intergovernmental Panel on Climate Change)* ist es deshalb von zentraler Bedeutung, die Reaktion der Süsswasserresourcen und der Extremereignisse auf die Klimaveränderung besser zu verstehen und zu quantifizieren.

(2) Wasser spielt im nicht-linear gekoppelten Klimasystem eine zentrale Rolle: (a) Wasserdampf ist das wichtigste Treibhausgas; (b) Wolkentröpfchen und eis-bedeckte Flächen bestimmen die Reflektionseigenschaften unseres Planeten; (c) Bodenwasser reguliert die bodennahe Temperatur und die Verdunstung; oder (d) der Abfluss bestimmt den Süsswassereintrag in die Ozeane und beeinflusst damit die Ozeanzirkulation. Die komplexe Rolle der Landoberflächen als Wasserspeicher und Wasserdampfquelle der Atmosphäre ist noch immer erst teilweise verstanden, und die Einbindung verbesserter Landoberflächen- und Vegetationsmodelle in die gegenwärtigen Klimamodelle ist ein wichtiger Aspekt der laufenden Forschung. Um diese Ziele zu erreichen ist ein verbessertes Prozessverständnis auf lokaler bis kontinentaler Skala dringend notwendig.

Konsequenzen für die Hydrologie CH: Hydrologie, Klimatologie und Meteorologie sind wichtige Partner. Eine enge Zusammenarbeit dieser Disziplinen wird in Zukunft für die Klimafolgeforschung wichtig sein. Die bestehenden Beziehungen zu den entsprechenden internationalen Gremien wie WCRP *(World Climate Change Programme*) oder IPCC (*International Panel on Climate Change*) sollten verstärkt werden.

2.6 Urbane Hydrologie: spezielle Herausforderungen

Ein Grossteil der Menschen des Südens lebt bereits in Städten, und die Tendenz ist steigend. Die Probleme, die mit dem unkontrollierten Wachstum der Städte verbunden sind, stellen die Hydrologie – als regional beschreibende und angewandte Wissenschaft des Wasserkreislaufes – vor neue Aufgaben, die wiederum einer Gesamtschau bedürfen.

Das Problem ist zunehmend nicht nur der Wasserbedarf sondern der Einfluss der Verstädterung auf den Wasserhaushalt sowie die Sicherung der Lebensqualität in den Siedlungen selbst. Die Praxis benötigt ein System- und Prozessverständnis zum Wasserhaushalt urbaner Gebiete, beispielsweise als Voraussetzung für die Planung und Koordination von Infrastrukturprojekten, für die Raumplanung oder für die Förderung der Lebensqualität in den Städten. Bessere Grundlagen können helfen, Folgeprobleme und die Kosten von Infrastrukturprojekten zu minimieren.

Konsequenzen für die Hydrologie CH: Neben der Hydrologie ländlicher Gebiete könnte die urbane Hydrologie zu einem wichtigen neuen Forschungsschwerpunkt werden. Wiederum ist die Zusammenarbeit mit anderen Diziplinen (mit den Ingenieurwissenschaften, mit der Raumplanung, mit der Volkswirtschaft) ein zentrales Anliegen.

Beispiel: Jahr für Jahr stehen In Vietnam während der Monsunzeit zahlreiche Stadtteile unter Wasser. Untersuchungen in Hanoi lassen vermuten, dass die Ursachen weniger bei Veränderungen in den Einzugsgebieten oder im Niederschlagsregime als bei den Veränderungen in der städtischen Landnutzung liegen. Unkontrollierte Bautätigkeit führt unter anderem zur Überschüttung von Entwässerungsrinnen, die früher die Drainage sicherstellten. Die Planung neuer Projekte bedarf sorgfältiger hydrologischer Untersuchungen über die Drainageverhältnisse, unter Einbezug von Kenntnissen über die langfristigen Auswirkungen weiterer Elemente im Wasserhaushalt (z.B. Klimaänderung).

3. SCHWEIZ – EINE VIELFALT AN NEUEN THEMEN

Die Schweiz ist ein wasserreiches Land, und deshalb unterscheiden sich die hydrologischen Fragestellungen von jenen, welche die Hydrologie international beschäftigen. Wie in der internationalen Diskussion ist aber auch in der Schweiz der Bedarf nach einer wieder vermehrt integralen Betrachtung des Wasserkreislaufes und nach einer Überwindung der rein sektoriell orientierten hydrologischen Forschung ausgewiesen.

3.1 Spannungfeld: Ökologie, Wassernutzung, Sicherheit

In der Schweiz sind die sozialen Ansprüche an die Wassernutzung (z.B. Trinkwasser, Wasserwirtschaft, Tourismus oder Naturschutz) vielfältig und manchmal gegensätzlich. Dies führt zu Nutzungskonflikten. Parallel dazu muss dem Wunsch zur Risikominderung (Hochwasserschutz) Rechnung getragen werden.

Dabei ist regional zu differenzieren: Während im Alpenraum Themen wie „Wasserkraftnutzung versus Oekologie“ oder Hochwasser und Murgänge im Zentrum stehen, geht es in den dichter besiedelten Gebieten (Talböden, Mittelland) primär um den Schutz der hohen Infrastrukturwerte, um die Erhaltung der Gewässer als naturnahe Lebensräume, oder und die Sicherung der Wasserqualität.

Konsequenzen für die Hydrologie CH: Da es keine generellen Rezepte und Lösungen gibt, braucht es regionale hydrologische Analysen und Massnahmenplanungen, was wiederum bedeutende Forschungskapazitäten verlangt. Bei der Integration der vielfältigen Nutzungsansprüche sind naturwissenschaftlich erarbeitete Grundlagen aus der Hydrologie unabdinglich. Dabei müssen nicht nur die naturräumlichen Phänomene beschrieben und prognostiziert werden. Es geht auch um die Erfassung der Interaktionen von komplexen ökologischen, sozialen und ökonomischen Systemen.

3.2 Extremereignisse: Risiken, Vulnerabilität

Die Schweiz muss auch in Zukunft – mit oder ohne Klimaänderung – mit extremen Ereignissen wie Starkniederschlägen, Rutschungen und Murgängen, Hochwasser oder Trockenperioden leben. Das Medium „Wasser“ ist an den meisten Extremereignissen beteiligt.

Die heute verfügbaren Abschätzungen über die Häufigkeit von hydrologischen Extremereignissen beruhen noch auf der Annahme der Klimakonstanz (siehe auch Kapitel 2.5 und 3.3), obwohl diese auch in den letzten 100 Jahren nie gegeben war. Es ist beispielsweise noch unklar, ob Aenderungen in der Häufigkeit von Extremereignissen der natürlichen inter-annuellen Variabilität oder einer anthropogen verursachten Klimaänderung zuzuschreiben sind.

Massnahmenplanungen zur Verminderung der Vulnerabilität unserer hochentwickelten Gesellschaft und Wirtschaft gegenüber solchen Risiken sind ein zukunftsgerichtetes Arbeitsgebiet. Dazu braucht es noch bessere Kenntnisse der Abläufe und des Ausmasses von Extremereignissen. Bei der Planung von Schutzmassnahmen braucht es zudem eine transdisziplinär arbeitende Hydrologie, die sich nicht nur auf ihren Kernbereich - die Beurteilung hydrologischer Prozesse - konzentriert, sondern zu vernetzten Lösungen beiträgt, immer unter Berücksichtigung der Interessen des Gewässer-, Natur- und Landschaftsschutzes.

Die Beschreibung der Interaktionen von Extremereignissen mit sozio-ökonomischen Systemen (z.B. die Erfassung der sozialen und wirtschaftlichen Kosten) ist ein relativ neues Arbeitsgebiet in der Hydrologie. Beispielsweise sind natürliche Schwankungen an den Abflüssen ein alltägliches Risiko für die Wasserkraftnutzung oder die Schiffahrt. Die Kenntnisse zur Evaluation der Kosten von Extremereignissen sowie der Kosten/Nutzen verschiedener Strategien zur Risikominderung sind noch gering.

Eines der Ziele ist dabei, der Wirtschaft und Gesellschaft Methoden zur Prognose sowie zur Vorbeugung vor solchen Risiken zur Verfügung zu stellen. Die Versicherungsbranche sowie die Wasserwirtschaft haben ein spezielles Interesse. So sind beispielsweise saisonale Klimaprognosen für die Vorhersage der Hochwassergefährdung wichtig. Hierzu bestehen noch grosse Forschungslücken.

Konsequenzen für die Hydrologie CH: Die Verminderung der Vulnerabilität gegenüber Schadenereignissen ist ein prioritäres Thema, mit dem sich auch wirtschaftliche Mehrwerte schaffen lassen. Eine engere Zusammenarbeit mit der Wirtschaft (Wasserwirtschaft, Risikomanagement, Versicherungen) zur Analyse und Behandlung von ökonomischen Schäden, die über die Realschäden hinausgehen, ist deshalb zu forcieren.

Beispiel: Die nach den Hochwassern von 1987 und 1991 formulierte neue Hochwasserschutzpolitik des Bundes ist ein Beispiel für diese Bemühungen zur Integration. Während man sich früher auf die Bewirtschaftung der Wasserläufe innerhalb ihrer Grenzen beschränkte, geht es heute um ein wesentlich umfassenderes Management der hochwasserbedingten Risiken. Untersuchungsgegenstand ist nicht mehr nur allein das Flussbett, sondern die Dynamik des Landnutzungssystems im ganzen Einzugsgebiet.

Beispiel: Institutionell sind noch nicht alle Probleme gelöst. Ein gutes Beispiel sind die bei Extremniederschlägen durch Abflüsse ausserhalb der Flussbette verursachten Schäden, die in der Schweiz jährlich Kosten in zwei- bis dreistelliger Millionenhöhe verursachen. Ein ganzheitliches Management solcher Risiken, die meist durch Wasser ausgelöst werden, fehlt. Zur Zeit gibt es beispielsweise noch keine staatlichen Stellen, die für die Vermeidung und Behandlung solcher Schäden zuständig sind.

Beispiel: Natürliche Schwankungen der Abflüsse sind ein Risikofaktor in der Wasserwirtschaft. Mit der Oeffnung der Strommärkte erhält hydrologische Information für die Wasserwirtschaft eine neue Bedeutung, da wetterbedingte Risiken durch entsprechende Einkäufe an der Strombörse abgedeckt werden müssen. Wenn der Strombedarf für einen Rappen pro kWh teurer gekauft werden muss, ergibt das für die Schweizer Stromwirtschaft täglich einen Schaden von 1.4 Mio Franken. Aus der Schifffahrt – um ein anderes Beispiel zu nennen – ist bekannt, dass sich mit dem Hochwasser 1999 die Mineralölzufuhr in Basel um gut 670’000 t minderte, da an 37 aufeinanderfolgenden Tagen keine Schiffe verkehren konnten.

3.3 Gebirge: Einfluss der Klimaänderung

Alpine Ökosysteme reagieren besonders empfindlich auf Veränderungen der Komponenten des Wasserhaushaltes, wie beispielsweise: (a) die Saisonalität und Intensität der Niederschläge, (b) die Ausprägung der Schneedecke, oder (c) der Wassergehalt des Bodens. Durch die Koppelung von Klima- und Wasserkreislauf wirken sich Klimaänderungen direkt auf den Wasserhaushalt aus.

Die nicht-lineare Prozesskette Klima – Wasser – Ökosystem ist noch zu wenig erforscht. Um die Konsequenzen einer Klimaänderung abschätzen zu können, sind deshalb die Kenntnisse zur lokalen und regionalen Dimension der Klimaänderung und der damit verbundenen Folgen zu verbessern. Erst mit besseren Kenntnissen über die erwähnte Prozesskette wird es möglich, mit geeigneten wasserwirtschaftlichen Massnahmen in den Bereichen Hochwasserschutz, Wasserkraftnutzung, Wasserversorgung und Wasser-Regulierung auf die Folgen einer Klimaänderung zu reagieren.

Konsequenzen für die Hydrologie CH: Die Hydrologie kann mit einer engen Zusammenarbeit mit der Meteorologie, Klimatologie, Bodenkunde, Raumplanung sowie mit der Land- und Forstwirtschaft einen Beitrag zur Verbesserung des Prozessverständnisses leisten und damit Grundlagen für eine nachhaltige Wasserwirtschaft schaffen.

3.4 Mittelland: Gewässerraum und –ökologie, Revitalisierung

In den intensiv genutzten Landschaften des Mittellandes sind Wasserläufe die letzten verbliebenen dynamischen Oekosysteme. Naturnah belassene Abschnitte haben einen entsprechend hohen ökologischen Wert (Natur- und Landschaftsschutz, reinigende Wirkung für die Gewässerqualität). Vielfach sind sie aber einem Druck durch die Siedlungen, die Verkehrswege, oder die Erholungs- und Wasserkraftnutzung ausgesetzt.

In der ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts wurde das Gewässernetz vielerorts kanalisiert. Mit diesen Massnahmen wurden auch die für den Hochwasserschutz wichtigen Retentionsräume zerstört. Heute wird versucht, diese Massnahmen teilweise wieder rückgängig zu machen und/oder neue naturnahe Wasserläufe zu schaffen (Revitalisierung). Den Wasserläufen muss – wo immer es aus Sicht der Risikoanalyse vertretbar ist – genügend Raum gegeben werden.

Bei solchen Projekten sind wissenschaftliche Analysen aus der Hydrologie unabdinglich. Es geht nicht nur darum, den Ist-Zustand, einschliesslich Extremereignisse, zu beschreiben. Eine ungleich komplexere Aufgabe ist es, projektierte Änderungen im Flussbereich hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Wasser- und Geschiebeführung zu bewerten.

Die Erfolgskontrolle solcher Massnahmen sowie die Bereitstellung von Grundlagen für die Politikbewertung (Kosten, Nutzen der neuen Hochwasserschutzpolitik des Bundes) sind neue Aufgaben, die für die Hydrologie eine Herausforderung darstellen.

Konsequenzen für die Hydrologie CH: Die Hydrologie muss sich an den nationalen Anstrengungen zur Aufwertung der Qualität der Gewässer und Landschaften beteiligen. Dazu muss die angewandte Forschung gestärkt werden. Die Zusammenarbeit mit dem Wasserbau und der Gewässerökologie ist zu intensivieren.

3.5 Wassermanagement: Methoden für den Vollzug

In der Schweiz ist das Wassermanagement weitgehend an die Kantone delegiert, und die Kantone übertragen die Kompetenzen vielfach an die Gemeinden. Auf der einen Seite ergeben sich daraus günstige Voraussetzungen für ein lokales Wassermanagement. Auf der anderen Seite fehlen Institutionen und Instrumente zur übergeordneten Analyse, Planung und Koordination (Summenwirkungen).

Während auf Ebene Bund mit der Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen dem Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) und dem Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) ein Schritt zu einer ganzzeitlichen Betrachtung der Ressource Wasser gemacht wurde, ist das Wassermanagement auf Stufe Kantone und Gemeinden noch weitgehend sektoriell organisiert (z.B. Tiefbauämter, Naturschutz, Gewässerschutz, Gemeindebetriebe). Hier besteht – sowohl beim Vollzug als auch bei den Instrumenten – noch ein Nachholbedarf.

Die Normierung der Mindestwassermengen trägt dazu bei, die negativen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung zu minimieren. Der Vollzug neuer Instrumente für das Wassermanagement (z.B. GEP, REP) muss durch weitere Arbeiten im methodischen Bereich unterstützt werden. Zum Beispiel fehlt es an Grundlagen für die Bewertung der Auswirkungen von Veränderungen in der Struktur der Einzugsgebiete durch Erosion oder Abschwemmungen. Ein weiteres Beispiel: Artikel 26 der Raumplanungsverordnung (RPV) spezifiziert, dass die Auswirkungen raumplanerischer Massnahmen auf die Umwelt zu beschreiben sind. Auf der methodischen Seite gibt es da allerdings noch Lücken, wie solche Auswirkungen prognostiziert und die Massnahmen der Raumplanung mit den Anforderungen des Wassermanagements abgestimmt werden können.

Mit guten hydrologischen Grundlagen und einem integralen Wassermanagement können auch die Kosten von Infrastrukturanlagen (z.B. Kanalisationen) minimiert werden. Angesichts der in Zukunft anfallenden Kosten zur Sanierung alter Anlagen ist es eine volkswirtschaftlich sinnvolle Investition, die methodischen Grundlagen für die Ingenieurhydrologie weiter zu verbessern.

Konsequenzen für die Hydrologie CH: Die Erarbeitung von praxistauglichen Instrumenten und Methoden ist ein wichtiges Arbeitsgebiet für die Hydrologie, das vermehrt durch Mittel aus der Ressortforschung des Bundes und der Kantone unterstützt werden sollte.

Beispiel: Die Gemeinde Geuensee im luzernischen Suhrental geht bei der Siedlungsentwässerung – unter fachkundiger Leitung ihres hydrologisch geschulten Gemeindeammanns – neue und mutige Wege. Bei der Erarbeitung des Generellen Entwässerungsplanes und einem neuen Gebührenreglementes wurde das alte Mischwasserkonzept, das alles anfallende Wasser im Siedlungsgebiet zur ARA leitete, aufgegeben. In Zukunft sollen 70% des anfallenden Regenwassers und 90% des Quellabwassers über das traditionelle Entwässerungssystem der Gräben und Bäche – und nicht länger über Rohrleitungen – entsorgt werden. Der Spareffekt für die öffentliche Hand ist beachtlich: Das gewählte naturnahe Vorgehen kommt mit etwa einem Viertel der Mittel, die eine neue, unterirdische Sauberwasserkanalisation gekostet hätte, aus.

3.6 Erhaltung der Wasserqualität: eine Daueraufgabe

Die Grundlagen in den Bereichen Abwasserreinigung (z.B. Mikroverunreinigungen, neuartige Stoffe wie Hormone), ländlicher Gewässerschutz (diffuse Quellen), Wasserchemie, Wasserbiologie, Gewässermorphologie und Grundwasserschutz müssen laufend veränderten Rahmenbedingungen angepasst werden, um den Gewässerschutz langfristig zu gewährleisten.

Die Kenntnisse über die Belastung der Gewässer durch anthropogene Stoffe wie Schwermetalle, organische Mikro-Verunreinigungen und Nährstoffe sowie über das Verhalten von schwer abbaubaren und mobilen Schadstoffen wie Pestiziden, chlorierten Kohlenwasserstoffen im Wasser und in den Organismen sind zu verbessern.

Konsequenzen für die Hydrologie CH: Die Untersuchung solcher Probleme sowie die Formulierung entsprechender Massnahmen verlangt eine enge Zusammenarbeit zwischen der Umweltchemie und der Hydrologie. Die Hydrologie leistet unter anderem einen Beitrag zur Erforschung der Verbreitung der Stoffe in den Oekosystemen.

TEIL C: HYDROLOGIE SCHWEIZ – DA STEHEN WIR

Wie ist die Hydrologie Schweiz auf diese neuen Herausforderungen, die sich international und in der Schweiz stellen, vorbereitet? Solchen und ähnlichen Fragen wurde am Workshop, den die Arbeitsgruppe im März 2001 im Schloss Münchenwiler organisierte, nachgegangen. Sowohl der Forschungsplatz als auch der institutionelle Bereich wurden dabei in die Analyse einbezogen.

Die folgende Bestandesaufnahme ist pauschal und – gezwungenermassen – vereinfachend. Sie bezieht sich auf die Hydrologie Schweiz als Ganzes und nicht auf einzelne Projekte, Forschungsinstitute oder Initiativen. Alle Workshop-TeilnehmerInnen hatten die Gelegenheit, sich zu den Stärken und Schwächen zu äussern. Naturgemäss – und mit Blick auf die Zukunft – wurden dabei mehr Schwächen als Stärken aufgelistet.

Abb. 3: Diskussion am Workshop in Münchenwiler

4. FORSCHUNGSLANDSCHAFT – EIN ERGEBNIS DER GESCHICHTE

4.1 Generell: eine Vielfalt an Know-How

Die hydrologische Forschung und Lehre wird heute in der Schweiz durch eine Reihe leitender Wissenschafter (Professoren, Oberassistenten, Dozenten) vertreten, die meist in historisch gewachsene Forschungsgruppen eingebunden sind. In der **Beilage** stellen sich einige der wichtigsten Forschungsinstitute vor.

Die Forschungsanstalten und Institute des ETH Bereiches sind: die Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW), die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), die Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), das Institut für Atmosphäre und Klima (IACETH) sowie die Professur für Hydrologie und Wasserwirtschaft an der ETH Zürich, das Institut für Hydraulik und Energie (IHE) sowie das *Institut d'hydrologie et de l'aménagement du territoire* (HYDRAM), beide an der EPFL.

An den Universitäten finden sich grössere Forschungszellen am Geographischen Institut der Universität Bern (Gruppe für Hydrologie) und am *Centre d'hydrogéologie de l'université de Neuchâtel* (CHYN).

In den letzten Jahren haben auch einige Fachhochschulen Forschungs- und Lehrkapazitäten in Hydrologie aufgebaut. Beispiele sind: Fachhochschule Rapperswil und die Fachhochschulen beider Basel. Im Vordergrund steht hier die Ausbildung von Praktikern und die angewandte Forschung.

Die Entwicklung des Forschungsplatzes Hydrologie Schweiz wurde bereits in Kapitel 1.3 erläutert. Es zeigt sich, dass die Forschungslandschaft heute fragmentiert ist, und es fehlt – trotz einiger lobenswerter Initiativen zur Koordination – ein klares Profil für die Hydrologie Schweiz, das gegen aussen kommuniziert werden kann. Jedes Institut konzentriert sich tendenziell auf seine "Lieblingsthemen", und viele der Forschungszellen arbeiten mit relativ wenig finanziellen und personellen Ressourcen. Das Ueberleben solcher Zellen ist in einer Zeit rascher Umwälzungen in der Forschungslandschaft nicht immer gesichert.

Die Hydrologie wird heute in Politik und Öffentlichkeit nicht als Ganzes wahrgenommen. Dazu trägt auch bei, dass in der wasserreichen Schweiz kein unmittelbarer Problemdruck im Bereich der Wassermengen besteht. Die Probleme mit dem qualitativen Zustand der Gewässer schienen mit dem Bau der Kläranlagen ebenfalls frühzeitig gelöst. So fehlte der Anreiz für einen gezielten Aufbau und eine Förderung der Hydrologie als integrale Wissenschaft.

Wegen dieser Fragmentierung und Spezialisierung auf analytische Themen ist teilweise auch festzustellen, dass sich die Liste der Fragestellungen – zumindest für Aussenstehende – in den letzten Jahren nur wenig verändert hat. Es werden Spezialitäten gepflegt.

4.2 Forschungsschwerpunkte: Gebirgshydrologie, angewandte Hydrologie

Dieses Bild ist folgendermassen zu relativieren: Im internationalen Vergleich kann die Hydrologie Schweiz als ein bedeutendes Kompetenzzentrum für die Gebirgshydrologie bezeichnet werden. Es werden sowohl theorie- als auch methodenseitig massgebende und international beachtete Arbeiten geleistet.

Die langjährige Präsenz der Hydrologie sowie die institutionelle Verankerung an der Landeshydrologie (heute: Bundesamt für Wasser und Geologie) hat es beispielsweise erlaubt, im Alpenraum ein im internationalen Vergleich umfangreiches Messnetz mit langjährigen Messreihen aufzubauen, von dem die hydrologische Forschung und die Praxis profitieren. Die Langzeitbeobachtung wird durch eine aktuelle Prozessforschung in Einzugsgebieten ergänzt.

Die Vernetzung von Forschung und Praxis ist ebenfalls ein grosses Kapital für den Forschungsplatz Schweiz, das aus der Praxis immer wieder neue Impulse für die hydrologische Forschung hervorgehen. Beispiele sind: (a) Beiträge zur Wasserwirtschaft; (b) Hochwassersabschätzung; (c) Mitarbeit bei der Formulierung und Umsetzung der neuen Hochwasserschutzpolitik des Bundes; oder (d) Beiträge an Projekte zur Revitalisierung von Fliessgewässern.

Zwischen Forschung und Anwendung klafft noch immer eine Lücke. Obwohl in der Forschung Modelle und Verfahren weiterentwickelt worden sind, arbeiten viele Ingenieure in der Praxis noch mit einfachen Instrumenten. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass kantonale Fachstellen projektierenden Ingenieuren kaum Kredite für die Erarbeitung hydrologischer Grundlagen gewähren. Es fehlt am Bewusstsein, dass durch hydrologische Analysen erhebliche Mehrwerte geschaffen werden können.

Auch wichtige Errungenschaften wie etwa das hydrologische Messnetzes oder die Qualitätssicherung bei hydrologischen Daten sind immer wieder in Gefahr, dem Sparwillen zum Opfer zu fallen[12]. Es ist noch nicht vollständig gelungen, die gesellschaftliche und volkswirtschaftliche Bedeutung der „Hydrologie als Ganzes“ durch praxisorientierte Arbeiten darzustellen und damit das Errungene zu sichern.

4.3 Hydrologische Forschung: kein Programmansatz

Das Fehlen eines „Wasserbewusstseins“ und die Fragmentierung des Forschungsplatzes führten dazu, dass sich die Hydrologie in der Schweizer Forschungslandschaft noch mit keinem Flaggschiff-Programm (z.B. Nationales Forschungsprogramm) profilieren konnte[13].

[12] In Österreich hat dieser Prozess bereits eingesetzt.

[13] Bei den vom Bundesrat genehmigten Nationalen Forschungsschwerpunkten (NFS) ist die Hydrologie zwar durch zwei NFS angesprochen (Klimaforschung; Entwicklungsländer), aber als Fachgebiet nicht explizit einbezogen.

Die hydrologische Forschung wird heute in der Schweiz – anders als in anderen Ländern[14] – mehr als Hilfswissenschaft denn als Kerndisziplin, die für die Gesellschaft und Wirtschaft einen beachtlichen Mehrwert erarbeitet, betrachtet.

Da die hydrologische Forschung nicht als Ganzes wahrgenommen wird, sind die Schnittstellen innerhalb der Hydrologie oder zu Nachbardisziplinen (z.B. Ingenieurwissenschaften, Hydrobiologie, Hydrogeologie, Meteorologie) nur rudimentär definiert. Dies macht sich auch in Schwierigkeiten bemerkbar, Daten zwischen hydrologischen Forschungszellen oder mit Nachbardisziplinen auszutauschen.

Die Öffnung zu den Sozial- und Politikwissenschaften steht noch am Anfang. Die Initiative wird eher von Seiten der Sozialwissenschaften als von der Hydrologie ergriffen.

4.4 Koordination: interessante Initiativen

An interessanten Initiativen, die Hydrologie als Ganzes zu stärken, fehlt es nicht. In den 90-er Jahren wurde zum Beispiel in Zusammenarbeit zwischen der ETHZ, der EPFL und der Universität Neuchâtel ein Nachdiplomkurs (NDS) für Hydrologie aufgebaut, der die Synergien zwischen den Instituten in der Lehre nutzt.

Die Nachfrage nach solchen Kursen ist noch relativ gering, obwohl weiterhin ein beachtlicher *Know-How Gap* zwischen Forschung und Praxis besteht. Die Stärkung einer solchen Plattform bedarf langfristiger und weitergehender Anstrengungen, um den Wert der Hydrologie auch der Wirtschaft und Politik klarzumachen.

Mit dem Hydrologischen Atlas der Schweiz werden Ergebnisse der hydrologischen Forschung zusammengeführt und einem breiteren Publikum zugänglich gemacht.

Im Forschungsbereich versucht das Forum Hydrologie den Dialog zwischen der Hydrologie, der Meteorologie und der Hydrogeologie zu fördern (siehe auch Kap. 5.3). Die Initiative ist noch relativ neu und ausbaufähig. Sie lehnt sich an die durch die SANW geförderten Foren (z.B. Geoforum) an.

4.5 Globale Themen: weitgehend Neuland

Die Integration des Forschungsplatzes Hydrologie Schweiz in die internationale Diskussion (z.B. über Projekte der Entwicklungszusammenarbeit; über die Mitarbeit in EU Forschungsprogrammen, im WWC oder in der GWP) beschränkt sich bisher auf wenige Einzelprojekte und -initiativen. Es fehlt ein programmatischer Ansatz. Im Moment finanziert beispielsweise die DEZA nur sporadisch Entwicklungsprojekte mit einer ausgeprägt hydrologischen Ausrichtung.

Dabei wurden insbesondere die komparativen Vorteile des Schweizer Forschungsplatzes (Gebirgshydrologie) international noch zu wenig genutzt. An Stelle einer Öffnung für transdisziplinäre und internationale Zusammenarbeit an Fragen von *Global Change* trat ein Rückzug auf die Forschungsspezialitäten der Forschungsinstitute.

4.6 Konsequenzen für die Hydrologie

Die Fragmentierung des Forschungsplatzes ist im Dienste des Fortschrittes der Hydrologie als Ganzes zu überwinden. Die Gebirgshydrologie ist eine der Stärken, auf der - gerade mit Blick auf die notwendige internationale Oeffnung - aufgebaut werden kann.

[14] In wasserarmen Ländern ist oftmals die Hydrologie eine Kernwissenschaft, und z.B. die Meteorologie wird als Hilfswissenschaft betrachtet. In der Schweiz sind die Verhältnisse gerade umgekehrt.

5. INSTITUTIONELLES UMFELD – MIT POTENTIAL, ABER FRAGMENTIERT

5.1 Vielfalt: ein guter Nährboden

Der relativ familiäre Rahmen des Forschungsplatzes „Hydrologie Schweiz“ hat zu einem kollegialen Verhältnis und einem Dialog zwischen Forschung und Praxis geführt, der ein grosses Potential für die Zukunft darstellt. Dies hat auch das grosse Interesse an der Tagung, die im März 2001 in Bern organisiert wurde, gezeigt.

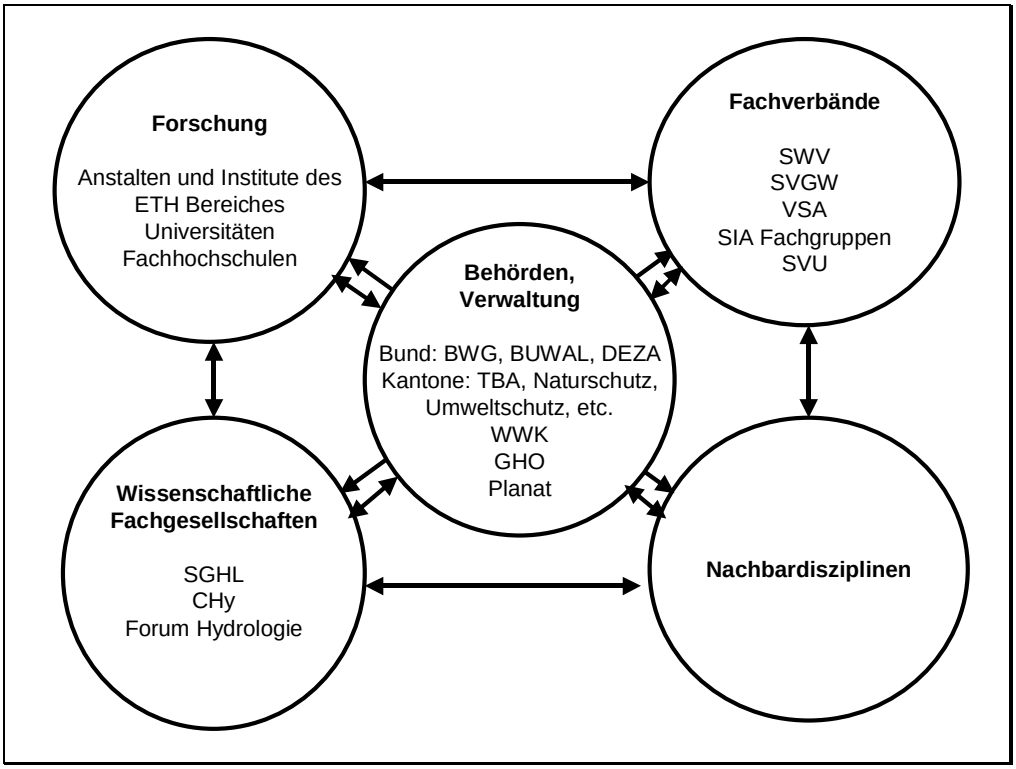

Abb. 4: Institutionelles Umfeld und Organisation der Hydrologie Schweiz

Aus historischen Gründen ist der institutionelle Rahmen – wie die Forschungslandschaft – fragmentiert. Dies erschwert die Nutzung von Synergien. In der Uebersicht in Abb. 4 wird unterschieden zwischen: (a) Behörden, Verwaltung, (b) Forschung, (c) wissenschaftliche Fachgesellschaften, (d) Fachverbänden. Dazu kommen noch ähnliche Strukturen bei Nachbardisziplinen, mit denen zu koordinieren ist. Die Sicherung dieser grossen Vielfalt zehrt an den personellen Ressourcen.

Auf die Bedeutung der Anstalten und Institute des ETH Bereiches, der Universitäten und der Fachhochschulen für die hydrologische Forschung wurde in Kapitel 4 verwiesen. Darauf wird in der folgenden Bestandesaufnahme nicht mehr eingegangen.

Die wasserwirtschaftlich orienterten Fachverbände vereinen starke wirtschaftliche Interessen, die an der Tagung in Bern eindrücklich dargestellt wurden. Dies ist eine gute Ausgangslage für die Stärkung der Forschung in angewandter Hydrologie.

5.2 Behörden, Verwaltung: Schritte zur Integration

Während auf Ebene Bund mit der Schaffung der Plattform Gewässerökologie (BWG, BUWAL) ein Schritt zu einer ganzzeitlichen Betrachtung der Ressource Wasser gemacht wurde, fehlt diese Integration auf Stufe Kanton oder Gemeinde noch weitgehend (siehe auch Kapitel 3.5). Dies ist insbesondere deshalb relevant, weil der Vollzug der „Wasserpolitik“ an diese Stufe delegiert ist.

Das Wassermanagement auf Stufe Kantone und Gemeinden ist noch weitgehend sektoriell organisiert. In der Regel sind Tiefbauämter, Fachstellen für Umwelt- und Gewässerschutz, Meliorationsämter, Naturschutzämter, die Forstdienste oder die Raumplanung für einzelne Teilbereiche des Wassermanagementes verantwortlich Die Schweiz ist mit dieser Problematik nicht alleine (siehe Zitat in Kapitel 1.3).

Die Fragmentierung zeigt sich auch auf Ebene Politik und Gesetzgebung. Während in Ländern, die mit einer Wasserknappheit konfrontiert sind, Rahmengesetze für den Sektor Wasser formuliert werden[15], fehlen in der Schweiz nationale Ausführungsgesetze, welche die integralen Ansätze der Bundesverfassung im Bereich Wasser konkretisieren.

Die Wasserwirtschaftskommission (WWK) des Bundes ist dem Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) angegliedert. Sie berät das UVEK in Fragen der Wasserwirtschaft.

In der Gruppe für operationelle Hydrologie (GHO), die durch das BWG geleitet wird, sind Stellen, die sich operationell mit Fragen der Hydrologie beschäftigen, vereint (z.B. Bund, Kantone). Die Gruppe arbeitet pragmatisch, und sie ist auf folgenden Gebieten aktiv: Sicherstellung der Messnetze, Fragen der Datenkompatibilität, Aufbau einer Internetplattform, Erfassung der Schwebstoffe und des Geschiebetransportes. Sie hat in der operationellen Hydrologie eine leitende Stellung.

Die Plattform Naturgefahren (PLANAT) beschäftigt sich im Rahmen ihrer Aufgaben ebenfalls mit Fragen der Hydrologie.

5.3 Wissenschaftliche Fachgesellschaften: Koordinationsaufgaben

Die Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie (SGHL) zählt etwa 300 Mitglieder, die mehrheitlich in hydro- und limnologischen Arbeitsfeldern tätig sind. Sie ist Mitglied der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW, Sektion IV: Umwelt).

Die (internationale) Forschungskoordination in der Hydrologie sollte durch die Hydrologische Kommission (CHy) der SANW gewährleistet werden. Die Mitglieder werden durch die SANW für vier Jahre gewählt, und die CHy ist zugleich das Schweizerische Komitee der *International Association of Hydrological Science* (IAHS).

Das Forum Hydrologie, das sich jährlich etwa zweimal trifft, versucht, die Aktivitäten der Schweizerischen Gesellschaft für Meteorologie, der Schweizerischen Gesellschaft für Hydrogeologie sowie der SGHL zu koordinieren. Die Vereinigung ist informell und orientiert sich – mittelfristig – am Modell des GeoForums, das durch die SANW forschungspolitisch und finanziell unterstützt wird.

5.4 Fachverbände: ein Potential

Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband (SWV) ist privatrechtlich organisiert und vereint insbesondere die Interessen der Wasserkraftnutzung. An seinen Jahresversammlungen greift er immer auch wieder integrale Themen auf (z.B. Hochwasserschutz).

[15] Beispiele: Chile, El Salvador

Der Schweizerische Verband für Gas- und Wasserfachleute (SVGW) sowie der Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) konzentrieren sich primär auf die Interessen der Betreiber von Anlagen im Siedlungswasserbau (z.B. Wasserversorgungen, Kanalisationen, Kläranlagen).

Die Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA) sowie der Schweizerische Verband der Umweltfachleute (SVU) befassen sich an Fachtagungen regelmässig mit Fragen des naturnahen Wasserbaues.

5.5 Konsequenzen für die Hydrologie

Die institutionelle Zersplitterung ist zeitweise ein Hindernis für die Etablierung einer stärker integral arbeitenden und denkenden Hydrologie und Praxis. Deshalb sind Initiativen zur Nutzung von Synergien erwünscht.

TEIL D: HYDROLOGIE SCHWEIZ – DAS WOLLEN WIR FÖRDERN

Aus dieser Analyse der Probleme (Kapitel 2 und 3) und der institutionellen Voraussetzungen (Kapitel 4 und 5) hat die Arbeitsgruppe einige Leitgedanken entwickelt, die für die zukünftige Entwicklung der Schweizer Hydrologie massgebend sein können. Diese sind im folgenden dargestellt.

6. WASSER – INTEGRAL UND TRANSDISZIPLINÄER UNTERSUCHEN

6.1 Hydrologie: Wissenschaft des Wassers

Die Analyse der Probleme – vor allem in ihrer internationalen Dimension – hat gezeigt, dass die Zeit reif ist, um die einzelnen Teilwissenschaften, die sich mit Wasser beschäftigen, wieder in eine Wissenschaft des Wassers, die mehr auf das Ganze und die Interaktionen setzt, zu vereinen. Das Fehlen einer solchen integrativen Sichtweise, die den Schritt zu einem „Wassermanagement“ erleichtern könnte, empfinden heute auch viele Praktiker als Defizit.

Die Entwicklung der Hydrologie basierte dabei zu lange auf dem Descartes’schen Grundsatz, dass die Welt in ihrem Verhalten verstanden werden kann, wenn es gelingt, sie in ihre einzelne Teile zu zerlegen und aus der Analyse dieser Teile allgemeingültige Gesetzmässigkeiten herzuleiten. Dieser mechanistische Ansatz hat in der Hydrologie zu einer Fragmentierung geführt, mit der sich die heutigen Probleme nicht mehr unbedingt untersuchen und lösen lassen.

> *“We might say that the fundamental cause of global destruction of our environment is the morphology of scientific knowledge; that is the over-fragmented structure of scientific domains. Now we must urgently develop knowledge on the interaction of matter to restore the good balance of scientific knowledge about nature” (H. Yoshikava, President ICSU, 1999).*

Die wegweisende EC Publikation „*Towards sustainable water resource management"* (2000) gliedert den Wassersektor in 4 strategische Bereiche: *"(a) water resource assessment and planning, (b) basic water supply and sanitation services, (c) municipal water and wastewater services, und (d) agricultural water use and management:"* Die Hydrologie ist die Leitdisziplin für den Bereich (a), leistet aber auch einen Beitrag an die Bereiche (b), (c) and (d).

6.2 Grundlagenforschung: Orientierung an Systemwissenschaft

Systemwissenschaft ist ein möglicher Ansatz, um die beschriebenen Defizite im Umfeld der Hydrologie zu überwinden. Dabei ist insbesondere an die theoretischen und methodischen Fortschritte in der Erforschung komplexer Systeme zu denken, die zur Abbildung raum-zeitlicher Phänomene auch in anderen Wissenschaften Verwendung finden[16].

Der Aufbau und die Anwendung solcher Modelle verlangt die Integration dynamischer Daten in raum-zeitlich differenzierende Modelle (z.B. über Geographische Informationssysteme) und damit auch hohe Rechenleistungen der Computer. Der Aufbau solcher Kapazitäten, die auch für die vermehrte Visualisierung hydrologische Phänomene genutzt werden können, kann für die Hydrologie eine wichtige Entwicklungsrichtung werden.

Dabei ist die regional beschreibende Hydrologie (Geländearbeit, Prozessforschung) integraler Bestandteil einer solchen Systemforschung der neuen Generation. Messdaten aus der Geländearbeit können mit räumlichen Daten aus der Fernerkundung ergänzt werden.

Die Integration dieser Teilbereiche (Systemtheorie, Feldforschung) können dazu beitragen, die Genauigkeit hydrologischer Modelle hinsichtlich Konfidenzintervallen und Fehlerbändern zu verbessern. Die Simulation von Systemänderungen wird erleichtert.

6.3 Transdisziplinarität: ein Muss

Probleme um die Ressource Wasser sind real, und sie bieten Chancen und Ankerpunkte für eine angewandte und transdisziplinäre Forschung, die auch in der Gesellschaft sichtbar gemacht werden kann. Die Hydrologie will hier – mit einer engeren Zusammenarbeit zwischen Forschung und Praxis, und in Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen – wieder eine Führungsrolle in der Untersuchung der Ressource Wasser übernehmen.

Bisher hat die Hydrologie die Zusammenarbeit vor allem mit den Ingenieurwissenschaften, der Hydrogeologie und der Wasserwirtschaft gesucht. Dieser Kreis ist zu erweitern. Für die Entwicklung einer transdisziplinären Hydrologie sind neben den natur- und ingenieurwissenschaftlichen Nachbardisziplinen auch die sozialwissenschaftlichen Fachrichtungen einzubeziehen. Die Hydrologie muss sich auch der *Human Dimension* öffnen.

Die Zusammenarbeit kann durch gemeinsame Forschungsprojekte gefördert werden. Zum Beispiel bildet das Projekt "Dritte Rhonekorrektion" eine Möglichkeit, an einem konkreten Beispiel verstärkt zusammenzuarbeiten.

> *„To this end, an extrapolation of past thinking is not necessarily the best approach. Rather, scientists should analyse what well-integrated socio-hydroecological research should have been achieved by 2025 in order to arrive at food security, water security and environmental security, and what research is needed to get there" (M. Falkermann, 2001).*

[16] Physik, Sozialforschung, Geographie

„Humans are now recognized as a critical element on the earth system itself, as an interacting agent of change as well as a responsive recipient of impacts of changes in the system. Research that ignores the human dimension is becoming increasingly irrelevant" (W. Steffen, Director IGBP).

7. WASSERMANAGEMENT – EINE NEUE PARTNERSCHAFT

Die in den vorgehenden Kapiteln dargestellte Fragmentierung ist ein *Handicap* für (a) die Stärkung der Position der Hydrologie, (b) die Formulierung einer attraktiven und praxisrelevanten Forschungsagenda, (c) die Lancierung und Umsetzung eines ganzheitlichen Wassermanagements, (d) das Lobbying, und für (e) die Einbindung der schweizerischen Hydrologie in die internationale Forschungslandschaft.

Mehrere Länder sind aus einer ähnlichen Problemanalyse zum Schluss bekommen, dass auf nationaler Ebene Partnerschaften im Sinne des WWC, an der sich neben der Forschung auch die Wirtschaft und die öffentliche Hand beteiligt, geschaffen werden müssen. In Frankreich wurde kürzlich die *Water Academy* gegründet, die diesen Zusammenschluss bekräftigt. In der Schweiz, die mit ihrer institutionellen Vielfalt über ein grosses Know-How und Potential aus der Wasserwirtschaft verfügt (siehe Kapitel 5), besteht hier weiterhin eine Lücke.

In **Kapitel 10** präsentiert die Arbeitsgruppe einen konkreten Vorschlag, die Gründung einer Stiftung Wasser Schweiz, deren Realisierung auch zur Stärkung des Forschungsplatzes Hydrologie Schweiz führen könnte. Die Einbindung von Fachgesellschaften (Forschung, wissenschaftliche Fachgesellschaften), Behörden und Verbänden in eine solche Partnerschaft wäre über einen Dialog und über einen Prozess der Konsensfindung zu suchen.

Nicht nur die Wasserwirtschaft sondern auch die hydrologische Forschung könnte von einer solchen Partnerschaft profitieren. Beispiele sind: (a) besserer Zugang zu Forschungsgeldern; (b) Einbindung der Forschungskapazitäten in eine koordinierte, für die Wasserwirtschaft und andere Kreise relevante Hydrologie; (c) Impulse durch Öffentlichkeitsarbeit. Die Analyse von Problemen, die den Wassersektor als ganzes betreffen, könnte koordinierter erfolgen (Nationalfonds, Ressortforschung). Die Mitarbeit in EU Forschungsprojekten sowie in internationalen Partnerschaften (z.B. WWC, GWP) oder die Lancierung von schweizerischen Forschungsprogrammen würde erleichtert.

„The building of alliances and partnerships with a wide range of stakeholders has become a theme familiar within development cooperation for water-related activities, as in other areas. From the programming perspective, one of the actors whose growing role is highly significant is the commercial private sector, especially private water companies" (EC, 2000).

Beispiel: *„The Water Academy of France is gathering moral and personal members: life and social scientists, town planning and water specialists, public and private French or foreign organizations, industries, etc. They combine together their knowledge and their experience to freely deal with all the water issues. Its well balanced membership (50% are water specialists, and 50% from other fields) is allowing the Water Academy to lead transversal studies and to formulate neutral and objective views on the water policy issues" (homepage der Water Academy France, 2001).*

8. GEBIRGSHYDROLOGIE – EINE KERNKOMPETENZ FOERDERN

8.1 Ziel: ein Forschungsprogramm

Die Schweiz ist ein ausgesprochenes Gebirgsland, und es scheint uns sinnvoll, bei der Weiterentwicklung der Hydrologie in der Schweiz auf den Kernkompetenzen aufzubauen und die Gebirgshydrologie (unter Einschluss der Vorlandproblematik) sowie den Transfer dieser jahrzehntelangen Erfahrung in Länder des Südens speziell zu fördern[17].

Durch ein nationales Forschungsprogramm und die aktive Mitarbeit der Schweiz in internationalen Forschungsprogrammen könnten diese Kernkompetenz weiter gefördert und damit der Forschungsplatz Hydrologie Schweiz gestärkt werden.

8.2 Schwerpunkt: hydrologische Prozesse im Gebirge verstehen

In Gebirgsräumen - insbesondere auch ausserhalb der gemässigten Breiten - bestehen in Bezug auf das Abflussverhalten von Reinwasser, den Transport von Geschiebe sowie den Auf- und Abbau der Schneedecke erhebliche Forschungsdefizite. Das hydrologische Prozessverständnis kann durch die gezielte Analyse von Einzelereignissen in Gebieten unterschiedlicher naturräumlicher Ausstattung gefördert werden.

Die österreichische hydrologische Gesellschaft hat eine Reihe von Themen zur Gebirgshydrologie identifiziert, die auch für die Schweiz relevant sind. Beispiele sind: (a) Verdichtung der Niederschlagsmessnetze über alle Höhenstufen in den Alpen; (b) Starkregenauswertungen mit hoher zeitlicher Auflösung; (c) bodenhydrologische Kartierungen; (d) Umweltisotope vermehrt einbeziehen; (e) Vergleich der Modelle für kleine und grosse Einzugsgebiete; oder (f) gekoppelte Niederschlags- und Abflussvorhersage durch numerische Modelle (Mesoskaliges Alpines Programm, MAP).

In der Messmethodik wurden in der Hydrologie während der letzten 10-20 Jahre grosse Fortschritte erzielt. Künftige Forschungsthemen sind: (a) die für die Hydrologie wichtige automatische Hochwassermessmethodik, welche die Unsicherheit der Hochwassermessdaten vermindern helfen soll; (b) die in voralpinen und alpinen Gewässern bedeutsame kontinuierliche Geschiebemessung. Weitere offene Fragen betreffen die Erfassung der Niedrigwasserabflüsse.

8.3 Daten und Modelle vernetzen

Die Meteorologie sowie die Klimatologie benötigen bessere gross-skalige Informationen (kontinental, global) zur saisonalen Wasserspeicherung und deren inter-annuellen Variabilität (z.B. Schnee, Boden- und Grundwasser). Solche Informationen tragen dazu bei, den Klimaantrieb durch den Wasserkreislauf besser zu verstehen.

Durch die Kombination von Messung und Modellierung in Kleinsteinzugsgebieten kann das Verständnis der komplexen hydrologischen Prozesse weiter verbessert werden. Der Modellverfikation mit Hilfe von langjährigen Messdaten ist grösste Bedeutung beizumessen.

Der Einsatz von Fernerkundung (*Remote Sensing*) - immer in Kombination mit Feldanalysen - ist eine strategisch wichtige Entwicklungsrichtung für die Anwendung von hydrologischen Modellen in Ländern, in denen nur wenige hydrologische Messungen im Gelände vorliegen oder in denen sich wichtige hydrologische Parameter wie die Landnutzung rasch ändern.

[17] Im internationalen Wettbewerb muss man auf Kernkompetenzen aufbauen. Die Hydrologie in Dänemark oder den Niederlanden hat sich beispielsweise im Export von Wissen zur Hydrologie von Küsten und/oder Deltas erfolgreich positioniert.

Die Abflussverhältnisse sind für variable Zeitschritte zu simulieren (längerfristige Wasserbilanz, kurzfristige Hochwasserganglinie). Eine vertrauenswürdige Abflusssimulation in voralpinen und alpinen Einzugsgebieten ist zudem die Voraussetzung für die Koppelung mit einem Geschiebetransportmodell.

Neben den relativ aufwendigen detaillierten hydrologischen Modellen sind von der Praxis auch weniger zeitaufwändige und trotzdem zuverlässige Hochwasser- und Geschiebe-Abschätzmethoden gefragt.

9. KONSEQUENTERE OEFFNUNG – NEUE THEMEN AUFGREIFEN

9.1 Vermehrtes Engagement in globalen Fragen

Wie in Kapitel 2 erläutert wurde, werden im 21. Jahrhundert das Wasser sowie die Nahrungsmittelsicherheit (*food security*), welche ebenfalls von Wasser abhängig ist, zu zentralen Problem- und Forschungsbereichen. Die Schweizer Hydrologie muss sich vermehrt in diese internationale Diskussion sowie in entsprechende Programme einbinden.

Die Einbindung der Hydrologie in die Plattform zu *Global Change Research* bei ProClim (SANW) wäre eine Massnahme, die kurzfristig erfolgen könnte. Die benötigte Öffnung kann aber nicht im Alleingang – allein forschungsseitig – geschafft werden. Es braucht die Unterstützung der Politik, der öffentlichen Verwaltung (z.B. Direktion für Entwicklungszusammenarbeit, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) und der Privatwirtschaft.

Dazu muss von Seiten der Hydrologie vermehrt Öffentlichkeitsarbeit gemacht werden. Es geht darum, dass Wasserbewusstsein auf allen Ebenen – auch in der Schweiz – zu stärken, damit die Hydrologie für die internationalen Herausforderungen und die Erforschung der Themen in der Schweiz gerüstet ist.

In Ländern des Südens kann die schweizerische Hydrologie eine grössere Verantwortung für *Institution* und *Capacity Building* sowie bei der Lösung von Wassernutzungskonflikten übernehmen. Spezialitäten der Schweiz sind etwa: (a) Erfahrungen mit einer modernen Hochwasserschutzpolitik; (b) Aufbau von Mess- und Monitoringsystemen als Grundlage für ein nachhaltiges Wassermanagement; (c) integraler Gewässerschutz; (d) Umgang mit Interessenskonflikten; oder (e) Aufbau von Institutionen für das Wassermanagement.

9.2 Urbane Hydrologie: ein neuer Forschungsschwerpunkt?

Urbane Hydrologie ist ein Thema, das in Zukunft in der angewandten Hydrologie neben den klassischen Themen (z.B. Gebirgshydrologie, Naturgefahren, Risikomanagement) erheblich an Bedeutung gewinnen könnte. Gründe sind:

(1) Globale Dimension: zunehmende Verstädterung, vor allem in Ländern des Südens;

(2) Investitionsbedarf zur Renovation oder zum Unterhalt von Infrastruktur, auch in der Schweiz: Gute hydrologische Grundlagen können mithelfen, die Kosten solcher Projekte zu senken.

Die Aussicht auf wirtschaftliche Mehrwert**e** legt nahe zu prüfen, ob neben der Gebirgshydrologie hier in der Schweiz ein weiterer Schwerpunkt in der Forschungsförderung zu setzen ist. Es könnte dabei auf den schon heute vorhandenen Forschungskapazitäten (z.B. bei den Anstalten und Instituten des ETH Bereiches) aufgebaut werden.

9.3 Forschungsfrüherkennung: kontinuierlich Chancen nutzen

Wie dieser Bericht zeigt, ist Forschungsfrüherkennung ein Prozess, der nie abgeschlossen ist. Beispiele für neue, interessante Allianzen, die Hydrologen eingehen (können), sind:

(1) **Konfliktforschung:** Die Schweizerische Friedensstiftung (SFS, mit Sitz in Bern) ist international sowohl im Monitoring als auch bei der Lösung von Konflikten beteiligt. Bereits heute besteht eine interessante Zusammenarbeit zwischen dem Zentrum für Umwelt und Entwicklung (CDE) der Universität Bern, an dem sich Hydrologen beteiligen, und der SFS.

(2) **Oekonomische Risiken**: Aus Schwankungen des Wasserstandes und anderen hydrologischen Phänomenen ergeben sich oekonomische Risiken für Betriebe in der Wasserwirtschaft, die mit einem betriebswirtschaftlichen Risikomanagement zu minimieren sind. Die Versicherungsbranche ist an der Abschätzung von Schadenswahrscheinlichkeiten interessiert. Für die Hydrologie ergeben sich hier interessante Perspektiven[18].

(3) ***Global Change Research***: Das Programm ProClim der SANW hat Kapazitäten in diesem Bereich aufgebaut. Auf dieser Plattform könnte die Zusammenarbeit zwischen der Meteorologie, der Klimatologie und der Hydrologie intensiviert werden.

TEIL E: PROJEKTE – DAS WOLLEN WIR UMSETZEN

Die Arbeitsgruppe SGHL/CHy hat eine Reihe von konkreten Vorschlägen zur Stärkung der Hydrologie in der Schweiz diskutiert und ist zum Schluss gekommen, dass mit der Gründung einer „Stiftung Wasser Schweiz“ die Ziele, die in Kapitel 6-9 formuliert wurden, am besten erreicht werden können. Der Vorschlag ist von der kürzlich gegründeten *Water Academy* in Frankreich inspiriert und orientiert sich an dem in Kapitel 7 geäusserten Wunsch nach einer Stärkung der Partnerschaft für ein Wassermanagement. Die Gründung einer solchen Stiftung wäre ein selbstbewusster Schritt in die Zukunft und eine angemessene Antwort auf Themen und Probleme, die in den Kapiteln 2 bis 5 identifiziert wurden, wie beispielsweise: (a) globale Wasserprobleme; (b) zunehmender Bedarf für die Stärkung eines ganzheitlichen Wasser-managements, national wie international; (c) Fragmentierung der Schweizer Hydrologie im Forschungs- und im institutionellen Bereich; (d) Notwendigkeit, der angewandten hydrologischen Forschung Impulse zu geben.

[18] z.B. auch wegen der Liberalisierung des Strommarktes.

10. STIFTUNG WASSER SCHWEIZ – EIN VORSCHLAG

10.1 Zeitpunkt: ideal zur Lancierung

Der Zeitpunkt zur Lancierung einer solchen Stiftung ist ideal: Die internationale Diskussion wird mit der Folgekonferenz von Rio de Janeiro in Johannesburg (2002) einen neuen Impuls erfahren. Die Vereinten Nationen haben zudem kürzlich beschlossen, 2003 als Internationales Jahr des Süsswassers zu deklarieren, um eine breitere Öffentlichkeit für das Thema zu sensibilisieren.

Im Rahmen des Internationalen Jahres des Süsswassers (2003) sind alle Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen aufgerufen, Aktionen zur Stärkung des Bewusstseins über die Bedeutung der Ressource Wasser durchzuführen. Auch die Schweiz kann sich mit einer mutigen Aktion, die mit der Gründung der *Water Academy* in Frankreich vergleichbar ist, an dieser internationalen Kampagne beteiligen und gleichzeitig strukturelle Probleme im Bereich Hydrologie bereinigen.

Die Gründung einer „Stiftung Wasser Schweiz“ ist eine ausgezeichnete Möglichkeiten, um die Hydrologie in der Schweiz sichtbar zu machen. Um das Potential der Wasserforschung umsetzen zu können, muss letztlich eine breitere Öffentlichkeit und Lobby für diese Anliegen gewonnen werden.

Die Etablierung einer tragfähigen Plattform braucht einen politischen Diskurs unter den Forschungs- und Bildungsinstituten, unter den Fachverbänden und unter den Verwaltungsstellen.

10.2 Stiftung: Zweck und Ziele

Wir schlagen vor, in der Schweiz eine öffentlich-rechtliche Stiftung einzurichten. Als Stiftungszweck schlagen wir vor:

Vorschlag Stiftungszweck

"Die Stiftung stärkt die Position der Hydrologie in der Schweiz. Sie trägt zur Vernetzung von Gesellschaft, Politik, Wirtschaft und Wissenschaft im Bereich des Wassers bei und unterstützt entsprechende Initiativen auf lokaler, regionaler und globaler Ebene. Damit leistet sie - im Dienste einer nachhaltigen Entwicklung - einen Beitrag zu einem integralen Wassermanagement, zur Wertschöpfung und zur Risikominderung.“

Die Ziele sind in einem ersten Schritt zu definieren. Möglichkeiten sind:

(1) Förderung der hydrologischen Kompetenzen im Bereich des integralen Wassermanagements (national wie international);

(2) Förderung der Hydrologie gemäss den in Kapitel 6 bis 9 identifizierten Leitgedanken;

(3) Öffentlichkeitsarbeit, Promotion, Lobbying

(4) Wissenstransfer zugunsten von Oeffentlichkeit, Schulen und Politik in Fragen, die das Wasser betreffen (z.B. über Materialien, über Fachkommissionen);

(5) Durchführung von Dienstleistungen wie Expertisen oder Auftragsforschung mit engem Bezug zum Stiftungszweck;

(6) Unterstützung der bestehenden Fachgesellschaften und –verbände in Fragen, die das Wassermanagement betreffen;

(7) Vernetzung und Förderung der Aus- und Weiterbildung (z.B. Aufbau eines *Masters in Applied Hydrology*);

(8) Führung einer Dokumentationsstelle;

(9) Durchführung und Unterstützung von Veranstaltungen im Sinne des Stiftungszweckes (z.B. zum Internationalen Wassertag);

(10) Pflege der Beziehungen zu den internationalen Organisationen im Bereich Wasser (z.B. WWC, UNESCO, FAO).

10.3 Konkret: Ausgestaltung, finanzielle Ressourcen

Das Forum Hydrologie, das bisher die Aufgabe hatte, den Dialog zwischen ausgewählten hydrologischen Fachgesellschaften zu fördern (siehe Kap. 4.4 und 5.3), bietet einen idealen Ausgangspunkt für den Aufbau der geplanten Stiftung. Es ist zu prüfen, welche Rolle dieses Forum im Zusammenhang mit der geplanten Stiftung spielen kann.

Die Ziele der Stiftung lassen sich nur mit entsprechenden Ressourcen erreichen. Dazu gehören: ein Geschäftsführer, das Sekretariat, 1-3 wissenschaftliche Mitarbeiter und ein Budget für Aktivitäten.

Finanzielle Mittel könnten möglicherweise aus folgenden Quellen beschafft werden: bestehende Stiftungen, Nahrungsmittelindustrie, Elektrizitätswirtschaft, Fachverbände und –gesellschaften, Bundesstellen (z.B. BWG, BUWAL, BFE, BLW, BBW, DEZA), Institutionen zur Forschungsförderung (z.B. SANW), Hochschulinstitute und Einnahmen aus dem Verkauf von Dienstleistungen.

10.4 Fahrplan: weiteres Vorgehen

Falls die Gründung im Jahr 2003 (Internationales Jahr des Süsswassers) ins Auge gefasst wird, darf keine weitere Zeit verloren gehen. Wir schlagen vor, dass die SGHL und die CHy eine gemeinsame Arbeitsgruppe einsetzen mit dem Auftrag, die Gründung der Stiftung vorzubereiten.

Die weiteren Schritte wären dann:

(1) Strategie und Ziele der Stiftung vertiefen;

(2) Redaktion eines Informationsblattes, welches das Konzept einer solchen Stiftung anschaulich darstellt; damit können weitere Kreise (Fachgesellschaften, Forschung, Amtsstellen, Öffentlichkeit) angesprochen werden;

(3) Sammeln und auswerten der Reaktionen;

(4) Diskussion mit dem Forum Hydrologie betreffend Überführung in eine Stiftung;

(5) Erstellen eines Businessplanes für die Stiftung und Aufbau von Kontakten zu potentiellen Geldgebern;

(6) Gewinnung des notwendigen Stiftungskapitals;

(7) Bildung eines Stiftungsrates und Gründung der Stiftung.

BEILAGE:

PORTRAITS VON FORSCHUNGSSTELLEN

Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG)

EAWAG was founded in 1936 as an ETH Office for Advisory Services in Wastewater Treatment and Drinking Water Supply. EAWAG kept its close links to practice ever since. It became an independent institute after World War II, strengthened the engineering sciences and expanded its activities into ecology, biology, and lake research. Later, research on solid waste, and co-operation with developing countries were added.

The period from 1970 - 1995 was characterized by strengthening natural sciences, particularly chemistry and physics, and expanding the activities into environmental research in general. In recent years we re-focussed on water and its sustainable management, and strengthened research on ground waters and stream/river systems. The goal was to develop a holistic understanding of the mechanisms, dynamics, and effects of water and water related processes at the molecular, organismic, systemic and societal levels, as well as the interactions between these levels.

Today, EAWAG is best known in the area of natural sciences for the application of physical, chemical and biological knowledge to environmental questions, in particular those in aquatic systems. New fundamental insights and methods were the result of this research. Currently, EAWAG ranks among the world's leaders in understanding and modeling turbulence on a micro-scale, environmental archives and water dating, interfacial phenomena, radical chemistry in aquatic systems, environmental organic chemistry and analytics, biogeochemistry, environmental genomics and proteomics, and river ecology.

Our engineers have a long excellent track record in drinking water supply, wastewater technology and sanitation, and are strong in developing new concepts in urban and rural water management, for both developed and developing countries.

System analysis and socio-economics are recent activities at EAWAG and are still in a build-up phase. Our development of modeling tools, integrated assessment, as well as studies on water availability have already received international recognition.

Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)

Die Eidg. Forschungsanstalt WSL (früher EAFV) bearbeitet seit ihrer Gründung im Jahre 1888 hydrologische Fragestellungen. Im Vordergrund stand dabei lange Zeit die Wirkung des Waldes auf den Wasserhaushalt. Zu diesem Zwecke wurden unter anderem die Einzugsgebiete Sperbel und Rappengraben im Emmental (um 1900), Rotenbach und Schwändlibach bei Schwarzsee (um 1950) sowie drei Einzugsgebiete im Alptal (um 1970) instrumentiert. Letztere werden noch heute von der WSL betrieben, die übrigen sind in die Verantwortung der Landeshydrologie übergegangen.

Neben Untersuchungen zur Waldwirkung auf Wasserbilanz und Hochwasserabfluss wurden und werden die Untersuchungen in diesen Einzugsgebieten auch zur Entwicklung von Methoden für die Hochwasserabschätzung in kleinen Einzugsgebieten verwendet. In vielen kleinen Einzugsgebieten gehen die Gefahren nicht nur vom Reinwasserabfluss aus. Viel

mehr spielen oft mitgeführte Feststoffe eine massgebliche Rolle. Deshalb werden die hydrologischen Arbeiten durch Untersuchungen zum Geschiebetransport und zu Murgängen in Wildbächen ergänzt. Weitere hydrologische Arbeitsgebiete der WSL bilden Schneehydrologie (auch am Eidg. Institut für Schnee und Lawinenforschung in Davos), Wasserqualität in kleinen Flysch-Einzugsgebieten, sowie verschiedene bodenhydrologische Aspekte.

Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW), ETHZ

Die VAW beschäftigt sich seit Übernahme des Instituts durch Prof. Dr. H.-E. Minor mit den folgenden Themen schwerpunktsmässig:

Hochwasserschutz
Schwemmholz
Flussmorphologie
Murgänge

Hochwasserentlastungen
Zweiphasenströmungen Wasser-Luft in Hochgeschwindigkeits-Abflüssen
Zweiphasenströmungen Wasser-Sediment wie Sedimenttransport und Kolke
Impulswellen in Stauseen
Naturgefahren im Bereich Hochwasser

Gletscher-Dynamik
Glaziologische Risiken
Gletscher Beobachtung

Institut für Atmosphäre und Klima der ETHZ (IACETH)

Das Institut für Atmosphäre und Klima der ETH Zürich (IACETH) verfolgt Forschungsvorhaben im Bereich der physikalischen und chemischen Vorgänge in der Atmosphäre und im Klimasystem. Der Wasserkreislauf spielt dabei eine zentrale Rolle. Dazugehörige Forschungsschwerpunkte betreffen die Simulation des Wasserkreislaufes (mit globalen und regionalen Wetter- und Klimamodellen), die hydrologische Modellierung in mittleren bis grossen Einzugsgebieten (mit flächendifferenzierten hydrologischen Modellen), die atmosphärischen Niederschlagsvorgänge (Niederschlagsphysik, Niederschlagsmessung, Niederschlagsklimatologie), Austauschprozesse an der Erdoberfläche (Strahlungsbilanz, Energiebilanz, Verdunstung) und die Glaziologie. Das Institut unterhält ein voralpines hydrologisches Forschungsgebiet (Rietholzbach) sowie einen Doppler-Radar (Hönggerberg).

In der Lehre ist das Institut beteiligt an den Lehrgängen der ETH-Departemente für Umweltnaturwissenschaften, Erdwissenschaften, Physik und Rechnergestützte Wissenschaften, sowie in der Geographieausbildung der Universität Zürich.

Professur für Hydrologie und Wasserwirtschaft, ETHZ

Die Forschungsgruppe der Professur für Hydrologie und Wasserwirtschaft der ETH Zürich beschäftigt sich mit der Lehr- und Forschungstätigkeit im Bereich der Oberflächenhydrologie und der wasserwirtschaftlichen Analyse und Planung. Die wichtigsten Intereressen und Ziele der Gruppe sind die Erforschung von Grundlagen und angewandten Themen in den Bereichen der Analyse und Simulation von:

- Niederschlagsprozesse
- Infiltration und Abflussbildung
- Reaktion von Einzugsgebieten
- Hydrologische Extremereignisse, Hochwasserbildung, Ablauf von Hochwasserwellen und Hochwasservorhersage
- Bodenerosion und Sedimenttransport
- Hydrologie in alpinen Gebieten
- Skalierungseigenschaften von hydrologischen Vorgängen
- Einfluss der Klimaänderung auf die Hydrologie (z.B. Wasserbilanz) und die Wasserwirtschaft
- Optimale Zuweisung und Management von Wasserresourcen.

Die Professur ist für die Lehre im Grund- und Fachstudium im Departement Bau, Umwelt und Geomatik an der ETH Zürich sowie innerhalb des Weiterbildungsprogrammes der ETHZ verantwortlich.

Institut für Hydraulik und Energie (IEH), EPFL

Laboratoire de systèmes énérgétiques (LASEN-IHE)

Die Forschung befasst sich schwergewichtig mit der nummerischen Modellierung von extremen Starkniederschlägen insbesondere von PMP (*Probable maximum precipitations*). Ausgehend von orograhisch beeinflussten, meteorologischen Modellen werden Extremniederschlagskarten für die Schweiz erstellt.

Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH-IHE)

Schwerpunkt der Forschung sind nummerische Modelle zur Simulation von Entstehung und Fortpflanzung von Hochwasserwellen in Einzugsgebieten, welche durch hydraulische Anlagen (Stauseen und Wasserkraftwerke) beeinflusst sind. Von besonderem Interesse sind dabei die Modellierung von extremen Abflussereignissen (*PMF-probable maximum flood*). Verschiedene leistungsfähige Computerprogramme wie FAITOU und ROUTING SYSTEM wurden entwickelt. In Bearbeitung ist auch ein Vorhersagemodell für komplexe Einzugsgebiete (Rhone oberhalb Genfersee), welches als Expertensystem und Entscheidungsgrundlage für Krisenstäbe während extremen Ereignissen wertvolle Dienste leisten kann.

Institu d'hydrologie et de l'aménagement du territoire (HYDRAM), EPFL

Hydrologie et comportements des systèmes hydriques

- Etude des processus et des comportements hydriques
- Modélisation hydrologique des éléments du cycle hydrologique
- Etude de l'influence du contexte climatique ou environnemental sur les systèmes hydrique
- Analyse des risques hydrologiques et de leurs effets sur l'environnement et la Société
- Analyse des défaillances d'ouvrages et de systèmes hydriques complexes

Aménagements et gestion des ressources en eau

- Modélisation globale de systèmes hydriques complexes en vue de leur gestion
- Eco-hydrologie de systèmes hydriques
- Gestion intégrale et intégrée des eaux

Physique du sol

- Etude du comportement et de la mobilité de polluants en milieux poreux
- Connaissances et amélioration des propriétés hydriques du sol
- Gestion durable des ressources en eau de subsurface

Gruppe für Hydrologie, Geographisches Institut der Universität Bern

Das Wasser ist ein prägendes Element im geographischen Raum. Aus gesellschaftlicher Sicht stellen sich dazu zwei Fragen: (1) Welche Wasserressourcen stehen heute und in Zukunft zur Verfügung und wie lassen sie sich nachhaltig nutzen; und (2) mit welchen hydrologischen Gefahren ist unter heutigen und zukünftigen Umwelt- und Klimabedingungen zu rechnen? Hier setzt die Forschungs- und Lehrtätigkeit der Berner Hydrologie ein. In der mikroskaligen Betrachtung, auf der Ebene der Kleineinzugsgebiete, stehen die Prozesse der Abflussbildung im Vordergrund. Dazu werden in Zusammenarbeit mit anderen Gruppen und Institutionen umfangreiche Untersuchungen in der Schweiz (Wildbach im Berner Oberland, forstliches Einzugsgebiet Sperbelgraben) und im Himalaja durchgeführt. Diese Feldanalysen bilden die Basis für Modellierungsarbeiten und Sensitivitätsanalysen sowie – als wichtige Komponente - für die Entwicklung von Gefahren-Beurteilungsverfahren für die Praxis. In der mesoskaligen Betrachtung werden – ausgehend vom Methodengebäude der Regionalisierung – räumliche Übersichten erarbeitet sowie Verfahren entwickelt, welche es erlauben, hydrologische Grössen an Stellen ohne Direktmessungen abzuschätzen. Wichtige Projekte sind hier der „Hydrologische Atlas der Schweiz" und Arbeiten im Bereich der Hochwasserabschätzung. In neuerer Zeit zeichnet sich mit der Gebirgshydrologie ein weiterer Arbeitsschwerpunkt ab. Gebirge als „Wasserschlösser" spielen in einer von einer Wasserkrise bedrohten Welt eine ganz besondere Rolle.

Centre d'hydrogéologie de l'université de Neuchâtel (CHYN)

Le Centre d'hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel (CHYN) est un centre de compétences national comprenant une vingtaine de collaborateurs. Le CHYN prodigue d'une part une formation complète de 3ème cycle menant au Diplôme d'Hydrogéologue, et développe d'autre part des recherches fondamentales et appliquées ainsi que diverses expertises au niveau national et international. Les orientations de recherches et d'expertises portent sur le comportement des systèmes aquifères, le plus souvent fissurés ou karstiques, et sur les processus de transferts hydrauliques, chimiques et thermiques qui s'y déroulent.

Les spécialités du CHYN sont l'Hydrogéologie Opérationnelle (prospection électromagnétique, forages et captages, traçages fluorescents et biologiques, exploitation et gestion des eaux souterraines), l'Hydrogéologie Quantitative (géostatistique, modélisation mathématique, simulation analytique et numérique, interactions chimiques, thermiques et mécaniques, processus non-linéaires), l'Hydrochimie (contaminants organiques et inorganiques, biodégradation, isotopes comme traceurs naturels, remédiation des aquifères) et la Géothermie (prospection des ressources, hydrogéologie des aquifères profonds, interactions eau-roche, modélisation géochimique, technologie Hot Dry Rock).