

**Zeitschrift:** Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure  
**Herausgeber:** Vereinigung Schweizerischer Petroleum-Geologen und -Ingenieure  
**Band:** 62 (1995)  
**Heft:** 140

**Artikel:** Dynamik der Alpen im Bereich Geosphäre-Hydrosphäre : Grundlagen für die angewandte Alpenforschung  
**Autor:** Heitzmann, Peter / Strasser, André  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-218426>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# **Dynamik der Alpen im Bereich Geosphäre - Hydrosphäre. Grundlagen für die angewandte Alpenforschung**

mit 10 Figuren und 1 Tabelle

**PETER HEITZMANN\* & ANDRÉ STRASSER\*\***

## **Vorwort**

1. Einführung
2. Fakten
  - 2.1 Innere Dynamik der Alpen
  - 2.2 Äussere Dynamik der Alpen
  - 2.3 Monitoring
  - 2.4 Ressourcen und Nutzung
  - 2.5 Naturgefahren
  - 2.6 Laufende Forschungsprogramme und Entwicklung
3. Lücken, Fragestellungen und mögliche Lösungsansätze
  - 3.1 Mangelnde Kenntnisse über naturreumliche Interaktionen und Stoffflüsse
  - 3.2 Mangelnde Kenntnisse über Interaktionen Natur - Mensch
4. Prioritäre Forschungsbereiche
  - 4.1 Bereich Klima - Wasser+Eis - Massenbewegungen in den Alpen
  - 4.2 Bereich Entwicklungsanalysen und Langzeitbeobachtungen im Naturraum (Geosphäre - Hydrosphäre - Biosphäre) in den Alpen

## **Zitierte Literatur**

## **Vorwort**

Vom 11.-16. September 1994 führte die Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften (SANW) in Disentis das erste AlpenForum über alpine Forschung und internationale Zusammenarbeit durch. Die daraus resultierenden Forschungs-Initiativen sind im Aktionsplan Alpen-Forschung (SANW 1994) zusammengestellt. Die Ergebnisse des Moduls 1 "Naturreumliche Dynamik", das die geologischen und hydrologischen Grundlagen für die weiterführende angewandte Alpen-Forschung lieferte, sind im vorliegenden Artikel zusammengefasst; er stützt sich vor allem auf die Vorträge von Vorträge von: P. Heitzmann, F. Keller & W. Häberli, T. Lardelli, R. Mosello & A. Marchetto, A. Musy, H. Raetzo und C. Schlüchter sowie auf einen Workshop im Anschluss daran.

---

\* Landeshydrologie und -geologie, CH-3003 Bern

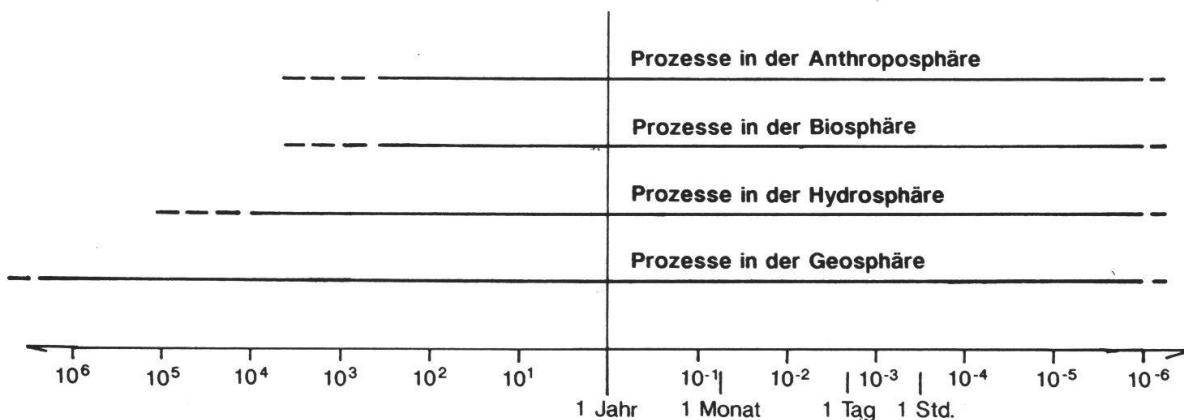
\*\* Institut de Géologie, Pérrolles, CH-1700 Fribourg

## 1. Einführung

Was die Alpen von andern Gebieten Europas unterscheidet, ist die Tatsache, dass es sich um einen relativ jungen Hochgebirgszug handelt, dessen innere Struktur eine dynamische **geologische Entwicklung** reflektiert. Aus der heutigen inneren Dynamik des Gebirges resultiert eine äussere Dynamik, die entscheidende Grundlagen für die hydrologischen, biologischen und sozio-ökonomischen Aspekte im Alpenraum liefert.

Neben den erdwissenschaftlichen Elementen sind die **hydrologischen** Parameter, sowohl die physikalischen als auch die chemischen, grundlegend für die Alpenforschung. Die morphologische Charakteristik und das damit verbundene Temperaturregime beeinflussen den Wasserkreislauf im Alpenraum empfindlich, sowohl im kontinentalen als auch im lokalen Umfeld.

Im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung der verschiedenen lebenswichtigen Kreisläufe müssen Geologie und Hydrologie Grundlagen für weiterführende Untersuchungen über Boden, Wasser, Luft, Leben, Kultur und ihre Interaktionen liefern. In diesem Sinn darf das Modul nur im Zusammenhang mit den andern Moduli des AlpenForums betrachtet werden.



**Fig. 1:** Vergleichende Zeitmassstäbe für die verschiedenen globalen Sphären.

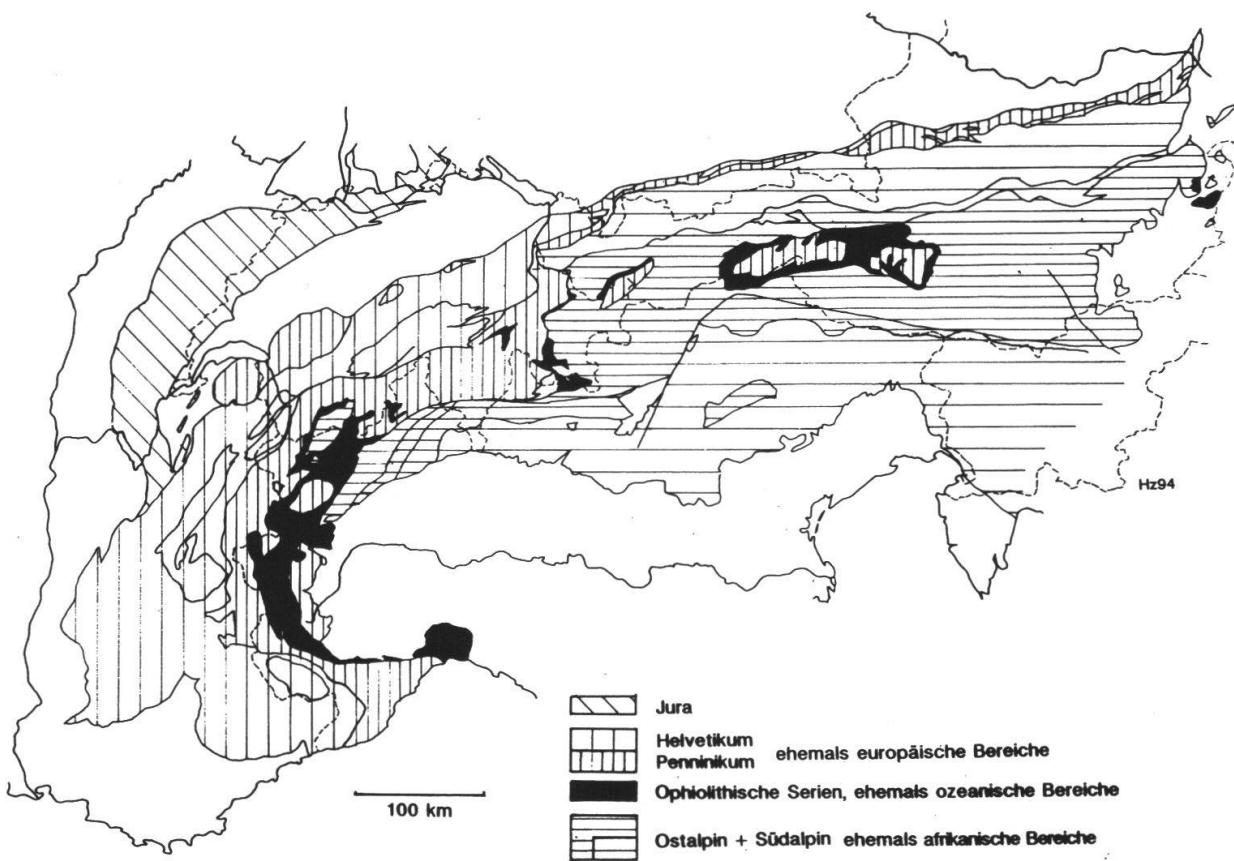
Bedingt durch die Extrembedingungen im Alpenraum entstehen häufig Konflikte zwischen den natürlichen Gegebenheiten und den vom Menschen geschaffenen zivilisatorischen Errungenschaften. Eine Bewältigung solcher Konflikte scheitert häufig an einer mangelnden Kenntnis der natürlichen Parametern und deren Interaktionen unter sich selbst und mit den zivilisatorischen Faktoren. Hier besteht auch der grösste Handlungsbedarf, mit dem Ziel, bei sich ändernden Wertvorstellungen die Alpen als Lebensraum zu erhalten und eine nachhaltige Nutzung aller Ressourcen unter sich ändernden klimatischen Bedingungen zu erreichen.

Der vorliegende Bericht stützt sich auf die am Symposium gehaltenen Vorträge innerhalb des Modul 1 (siehe Programm), die Ergebnisse der Diskussionen in einem Workshop zum Modulthema und einer Vernehmlassung bei den Beteiligten.

## 2. Fakten

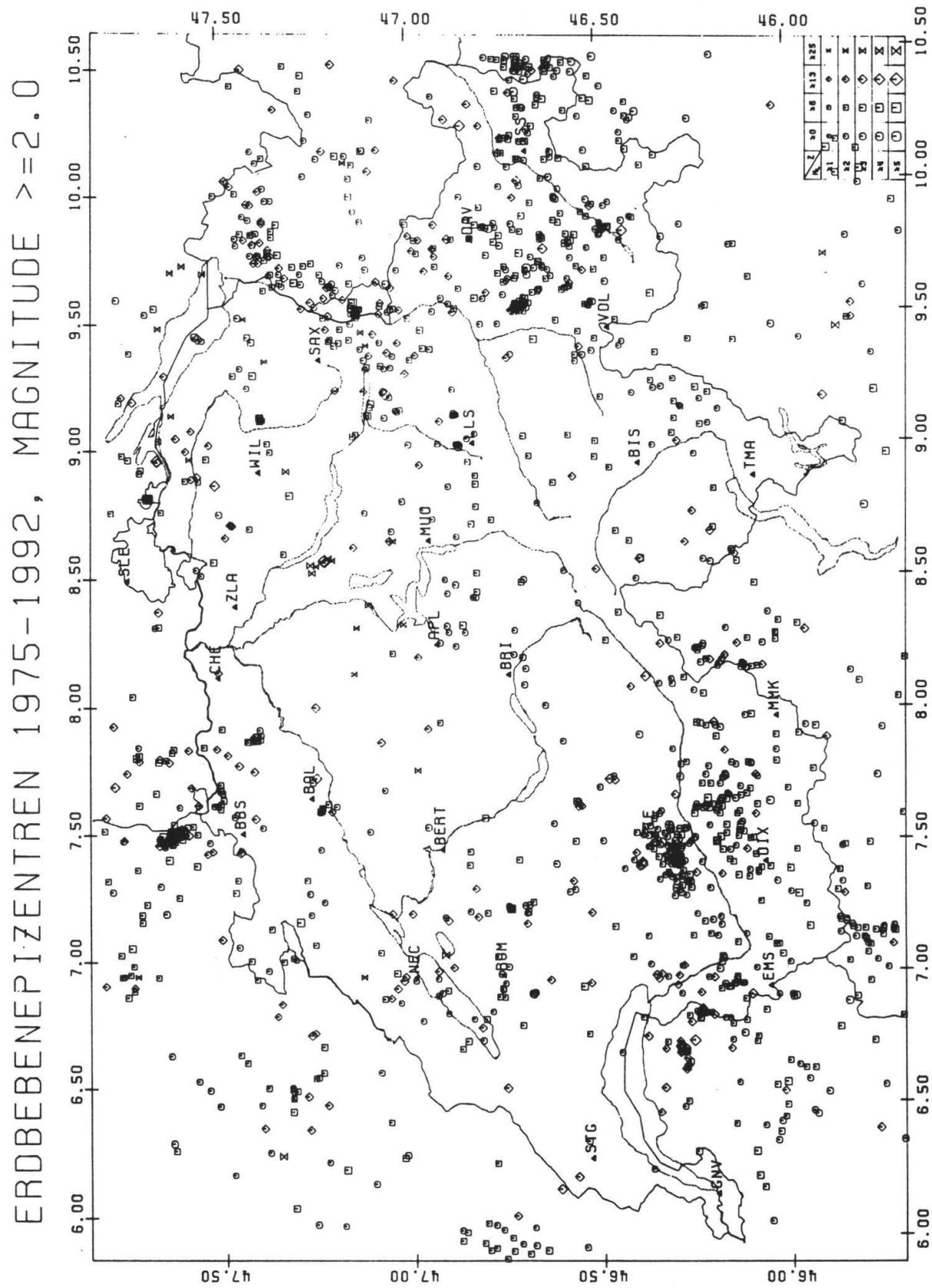
### 2.1 Innere Dynamik der Alpen

Die Alpen, entstanden durch die Kollision der europäischen und der afrikanischen Kontinentalplatten weisen eine stark differenzierte Innenstruktur auf, die vor allem durch eine Decken-Tektonik charakterisiert ist (DEEP STRUCTURE OF THE ALPS 1990, DEEP STRUCTURE OF THE SWISS ALPS, in prep.; Fig. 2). Dadurch bedingt zeigt sich ein intensiver Wechsel im lithologischen Aufbau sowie in den damit verbundenen Gesteinsstrukturen (Schichtung, Schieferung, Klüftung) und in deren gegenseitiger Beziehung, was vor allem für die äussere Dynamik der Alpen äusserst heterogene Voraussetzungen schafft.



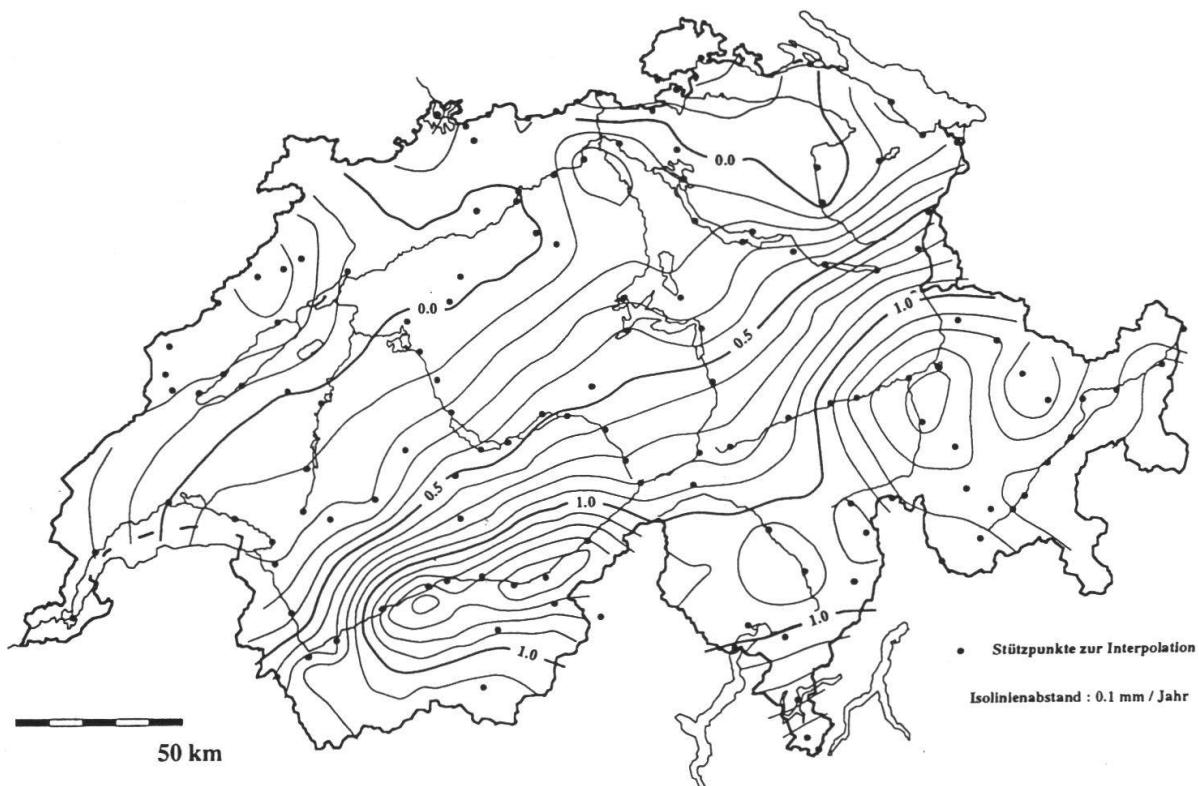
**Fig. 2:** Tektonische Kartenskizze der Alpen.

Heute ist die innere Dynamik der Alpen vor allem charakterisiert durch Erdbeben und eine generelle Hebung. Erdbeben widerspiegeln den Spannungszustand, unter dem die Alpen stehen. Sie treten gehäuft in Zonen auf (Basel, Buchser Rheintal, Mittelbünden, Engadin, Mittelwallis; Fig. 3). Aus den registrierten Signalen von kurzperiodischen Beben und Starkbeben lassen sich Verschiebungen im Untergrund (Herdlösung) ableiten sowie - bei Starkbeben - der Einfluss auf Bauwerke (Beschleunigungen) ableiten.



**Fig. 3:** Karte der Erdbebenverteilung in der Schweiz (Schweiz. Erdbebendienst 1992).

Gegenüber dem Schweizerischen Mittelland heben sich die Alpen um etwa einen Millimeter pro Jahr (GUBLER et al. 1993).

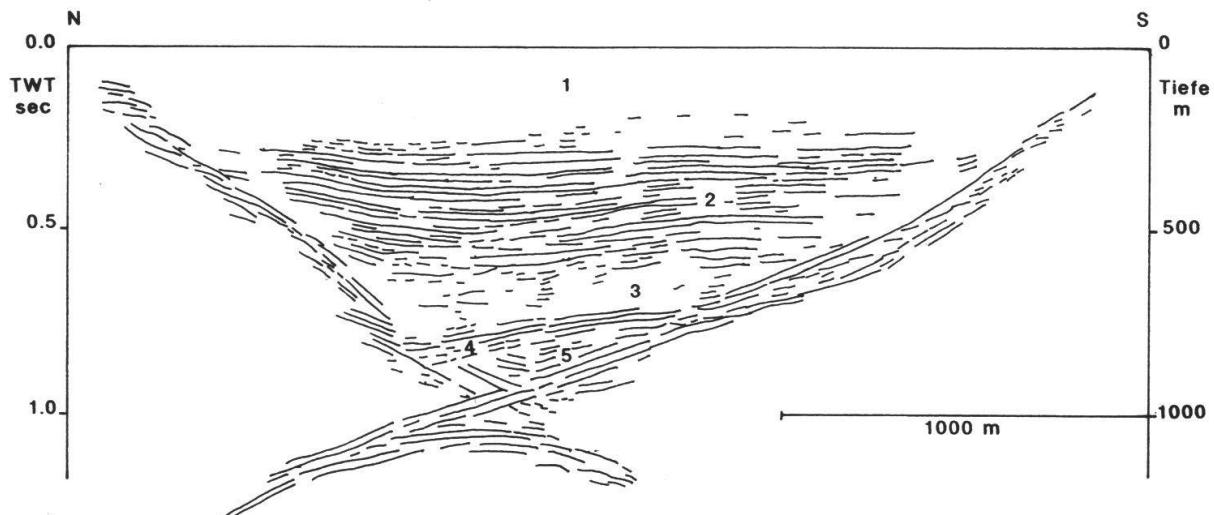


**Fig. 4:** Karte der Hebungsrraten relativ zu Aarburg (Bundesamt für Landestopographie, 1993).

Die oberflächliche Gestaltung des Alpenkörpers ist somit direkt von der inneren Dynamik abhängig.

## 2.2 Äussere Dynamik der Alpen

Die Entwicklung der Oberflächenverhältnisse (**Quartärgeschichte**) in den Alpen während der Eiszeiten (während der letzten ca. 2 Mio. Jahren) ist in grossen Zügen bekannt. Wichtig für das Verstehen der aktuellen Prozesse ist aber eine genauere Kenntnis der Oberflächenentwicklung in den Alpen während dieser Zeitperiode, vor allem in Bezug auf das Zusammenspiel von Hebung (1 mm pro Jahr = 1 km pro 1 Mio. Jahre), Klima, Verwitterung und Abtrag, Talbildung und inneralpinen Ablagerungen (vor allem während der Warmzeiten). Insbesondere die Talbildung und die Übertiefung inneralpiner Täler (Fig. 5) ist ein bis heute nur ungenügend verstandener Prozess, der aber vor allem im Hinblick auf mögliche Ressourcen in den Alpentälern und deren Nutzung unbedingt einer Klärung bedarf.



**Fig. 5:** Übertiefes Rhonetal bei Martigny.

Für die jüngste Geschichte der Alpen, nämlich die Nacheiszeit, wurden in den letzten Jahren wesentliche neue Erkenntnisse gewonnen. Eine Synthese, vor allem auch im Hinblick auf die in diesen Formationen vorhandenen Ressourcen, fehlt aber, da nicht genügend Daten vorhanden sind.

Bedingt durch ihre extreme Exposition und die damit verbundenen Temperaturschwankungen verwittern im Gebirge die Gesteine leichter. Dadurch wird dauernd neues Lockermaterial zum Abtransport zur Verfügung gestellt. Art und Intensität der **Verwitterung** sind stark gesteinsabhängig; eine genaue Bilanzierung ist bis heute nicht vorhanden.

Lockermassen können entweder rein durch die Schwerkraft (**Massenbewegungen**: Stein- und Blockschlag, Fels- und Bergsturz, Rutschungen aller Art) oder durch ein Transportmittel (Wasser, Eis, Wind) weggeführt werden; durch die Vegetationsbedeckung können diese Prozesse verzögert werden. Auch hier handelt es sich um kontinuierliche Prozesse. In den Alpen wird im Mittel mit ungefähr einem Millimeter Abtrag pro Jahr gerechnet. Ansätze zu einer allgemeinen und zu lokalen Bilanzierungen sind vorhanden, jedoch noch ungenügend (JÄCKLI 1957). Daneben fehlen auch genauere Untersuchungen über die Prozesse selbst und deren Frequenzen, insbesondere bei Massenbewegungen, wo das Bergwasser eine entscheidende Rolle spielt. Wichtig im Zusammenhang mit der Besiedlung des Alpenraumes sind vor allem die Extremereignisse, sind doch damit oft verheerende Schäden verbunden.

Der **Wasserkreislauf** wird in den Alpen durch die besonderen klimatischen und geomorphologischen Verhältnisse stark beeinflusst, dabei sind vor allem folgende Punkte zu beachten:

- In Gebirgen tritt Wasser sowohl in fester, flüssiger und gasförmiger Form auf, deshalb sind auch Prozesse wie Schmelzen, Gefrieren und Sublimation zu beachten.
- Die Charakteristika der Niederschläge (Intensität, Dauer, Frequenz) hängen stark von den orographischen, morphologischen, vegetations-spezifischen und

Höhen-Verhältnissen ab. Lokale Vorhersagen, Modellierungen und Regionalisierung sind deshalb sehr kompliziert.

- Das Abflussregime (ober- und unterirdisch) wird durch die Boden- und Untergrundsverhältnisse (Gesteine und ihre Strukturen, Klima, Vegetationsbedeckung) in besonderem Masse beeinflusst. Umgekehrt steuern gerade die hydrologischen und glaziologischen Bedingungen geogene Prozesse wie Verwitterung, Erosion und Massenbewegungen wiederum entscheidend. In diesem Zusammenhang sei auf das Zusammenspiel von verwittertem, akkumuliertem Material, Starkniederschlägen, Schneefallgrenze und Reliefenergie bei Hochwasser- und Murgang-Katastrophen hingewiesen (URSACHENANALYSE DER HOCHWASSER 1987). Für die Beurteilung der Naturgefahren sind also den hydrologischen (und geologischen) Grundlagen allerhöchste Aufmerksamkeit zu schenken.
- Die Bilanzierung des Wasserkreislaufs wird durch anthropogene Beeinflussungen stark modifiziert; dies hat wiederum Auswirkungen auf die natürlichen geologischen und hydrologischen Prozesse.

Um die hydrologischen Prozesse und ihre Interaktionen mit den klimatischen, geologischen, biologischen und zivilisatorischen Vorgängen besser verstehen zu können, sind lückenlose Messreihen nötig, und zwar innerhalb eines alpinen Umweltbeobachtungs-Programms.

Alpine **Seen** bilden ein ausgezeichnetes Naturlabor, um einerseits die Luft-Wasser-Interaktionen (Eintrag von Staub, Säuren, Schwermetallen und organischen Substanzen sowie deren Wirkung auf die Lebewelt) zu untersuchen. Andererseits können in den Sedimenten dieser Seen die Ablagerungsbedingungen (und darauf aufbauend die Umweltbedingungen) in der Nacheiszeit entziffert werden. Für gewisse Umweltparameter liefern diese Gewässer relativ unbeeinflusste Vergleichswerte, die für die Abschätzung des zivilisatorischen Eintrages in andern Gebieten herangezogen werden können.

Das **Eis** der Gletscher und des **Permafrostes** in kalten Hochgebirgen reagiert ausgesprochen sensibel auf Änderungen des **Klimas**. Der weltweite Temperaturanstieg seit dem letzten Jahrhundert (IPCC 1990, 1992) hat sich deshalb in den periglazialen und glazialen Höhenstufen besonders markant ausgewirkt. Der bisher beobachtete und möglicherweise in Zukunft noch verstärkt zu erwartende Eisabbau gehört zu den klarsten Signalen für die Reaktion der gesamten Umwelt auf Veränderungen des globalen Klimas. Regional und lokal beeinflusst er das Landschaftsbild, den Wasserkreislauf, den Geschiebeumsatz, die Disposition für Naturgefahren, die Qualität des Permafrostes im Baugrund und die Schneeverhältnisse.

Wichtige Evidenzen für die Veränderung der alpinen Gletscher- und Permafrost-Vorkommen sind:

- Massenbilanzen und Längenänderung von Gebirgsgletschern,
- $\delta^{18}\text{O}$ -Werte und wiedergefrorene Eislagen in Firn/Eisbohrkernen,
- Bohrlochtemperaturen in kalten Firngebieten und im Permafrost,
- Frosthebungs- und Tausetzungs-Bewegungen im Permafrost.

Gletscherschwund und Permafrost-Degradation in den Alpen weisen auf eine schnelle und tendenziell sich beschleunigende Veränderung hin. Eine Fortsetzung

dieser Entwicklung dürfte über den historisch-nacheiszeitlichen Erfahrungsbereich der vorindustriellen Schwankungsbreite hinausführen und zu ausgeprägten, langfristigen Ungleichgewichten führen.

**Böden** in alpinen Gebieten stellen aufgrund ihrer Entstehung und ihrer Ausbildung eine Besonderheit dar; dies weniger in Talfüllungen als vielmehr an Flanken und im Hochgebirge. Wegen der extremen klimatischen Verhältnisse laufen die Entstehungsprozesse nur sehr langsam ab; andererseits besteht dauernd die Gefahr, dass die Böden wieder weggetragen werden. Ihre Ausbildung hängt stark vom Untergrund (ev. geogener Schwermetalleintrag) und den hydrologischen Verhältnissen (Wasser, Schnee, Eis) ab, aber auch von der Vegetationsbedeckung (Wiesen, Wald). Da sie vielfach nur geringmächtig ausgebildet sind, ist die Möglichkeit ihrer Veränderung durch Fremdeintrag (aus Wasser oder Luft) in besonderem Masse gegeben. Zum Studium der biogeochemischen Kreisläufe müssen die alpinen Böden unbedingt mitberücksichtigt werden.

### *2.3 Monitoring*

Im Rahmen von nationalen und internationalen Umweltbeobachtungsnetzen soll dem Alpenraum wegen seinen Extrembedingungen besondere Beachtung eingeräumt werden. Im Rahmen eines ganzheitlichen Monitorings (mit Langzeitmessungen) müssen geologische und hydrologische Daten als Grundlagen erhoben werden, einerseits um die Prozesse selber besser kennen zu lernen, andererseits auch um Interaktionen mit anderen Bereichen (Flora inkl. Wald, Fauna, Zivilisation) in den Griff zu bekommen, und um für solche interdisziplinäre Untersuchungen Grundlagen zur Verfügung zu haben.

Speziell ist einer quantitativen Erfassung der physikalischen und chemischen Parameter (für Bilanzierungen und Stoffflussberechnungen) und einer Vergleichbarkeit der Daten grösstes Augenmerk zu schenken. Auch sollten die Daten in einem Format vorliegen, das eine rasche Übernahme für weiterführende Untersuchungen erlaubt. Dafür eignen sich gegebenenfalls Geo-Informationssysteme (GIS).

Grundlage jeder raumbezogenen Datenerhebung ist eine genügende Vermessungsgrundlage. Mit der Errichtung der neuen Landesvermessung LV95 des Bundesamtes für Landestopographie, die auf einem Messnetz 1. Ordnung für GPS-Vermessung abstützt, ist hier eine moderne Grundlage gelegt worden (SCHNEIDER 1993/94; Fig. 6).

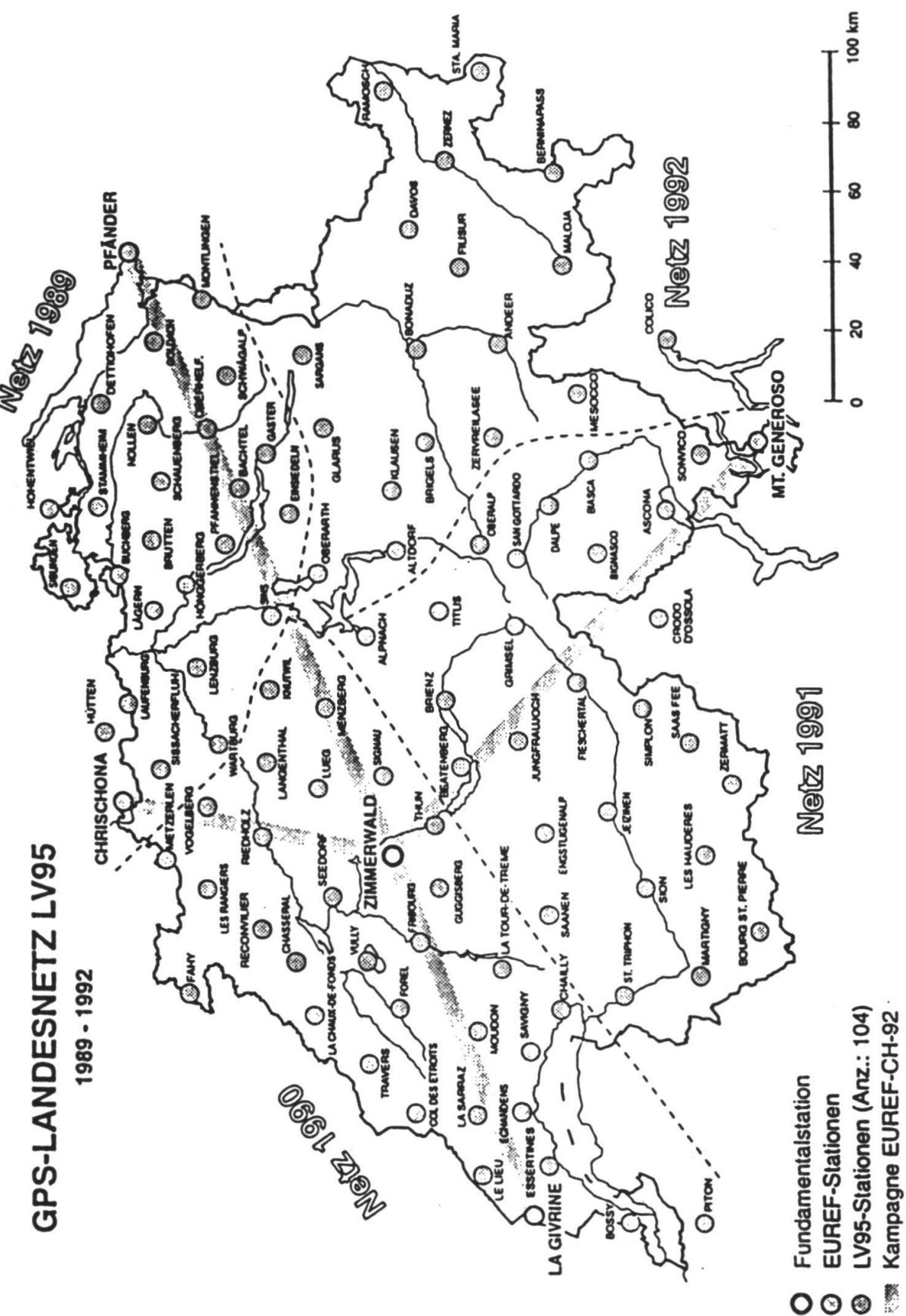
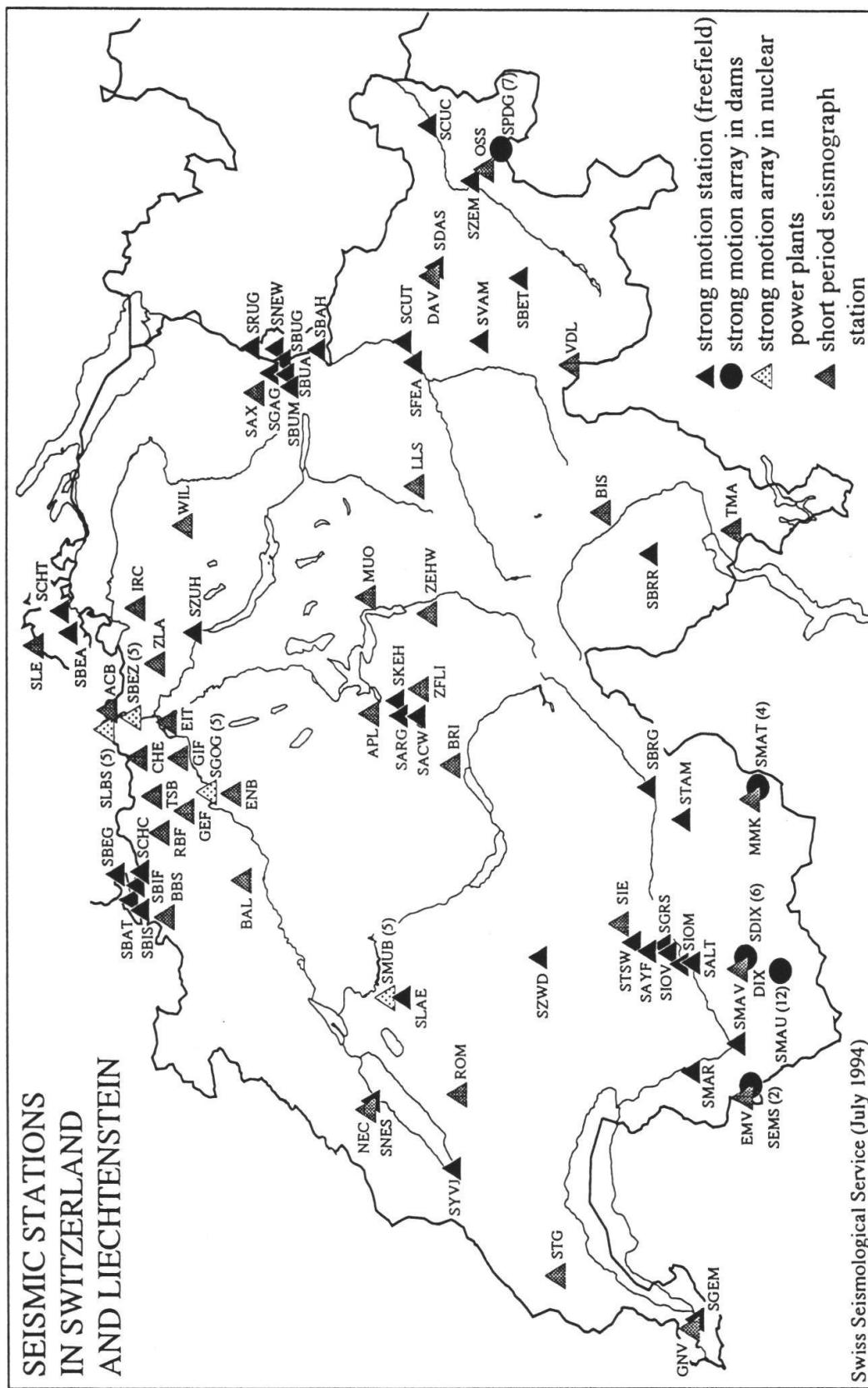


Fig. 6: GPS-Landesnetz LV95 (Bundesamt für Landestopographie 1993).

Für die Registrierung der **Erdbeben** stehen dem Schweizerischen Erdbebendienst heute zwei Netze zur Verfügung (Fig. 7): Eines zur Messung der kurzperiodischen Beben, das andere für die Erfassung der Starkbeben (GRIESSEMER et al. 1993, POU-GATSCHE & DARBRE 1993, POU-GATSCHE et al. 1993).



**Fig. 7:** Erdbebenmessnetze (Schweiz. Erdbebendienst 1994).

Bis heute beschränkt sich die **geologische** Datenerhebung auf die Herstellung von analogen Karten, insbesondere des geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 (Fig. 8). Ein Übergang zur Datenerfassung in einem GIS, wobei auch quantitative Parameter berücksichtigt werden können, ist bei der Landeshydrologie und -geologie geplant.

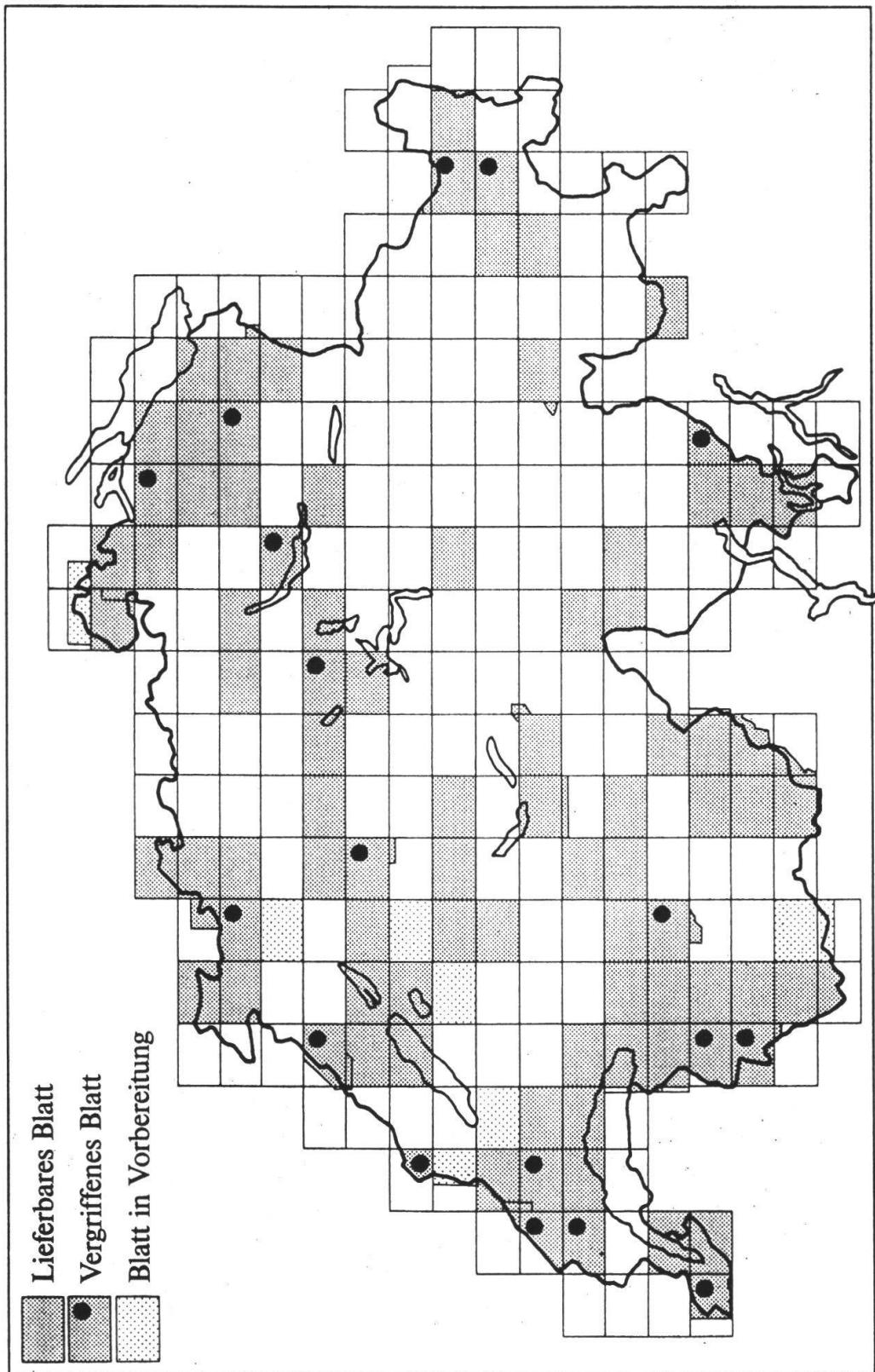


Fig. 8: Publizierte Blätter des geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 (Landeshydrologie und -geologie 1993).

Für die Erfassung des **Wasserkreislaufs** betreibt die Landeshydrologie und -geologie, z.T. in Zusammenarbeit mit anderen Institutionen des Bundes und der Kantone, Messnetze zur Erfassung des Abflusses, der Schwebstoffe, der chemischen Zusammensetzung und der Grundwasserstände (Fig. 9). In Planung sind Anlagen zur Messung der chemischen und Isotopen-Zusammensetzung der Grundwässer. Auskunft über die Grundwasserverhältnisse gibt auch die Hydrogeologische Karte der Schweiz, 1:100'000.

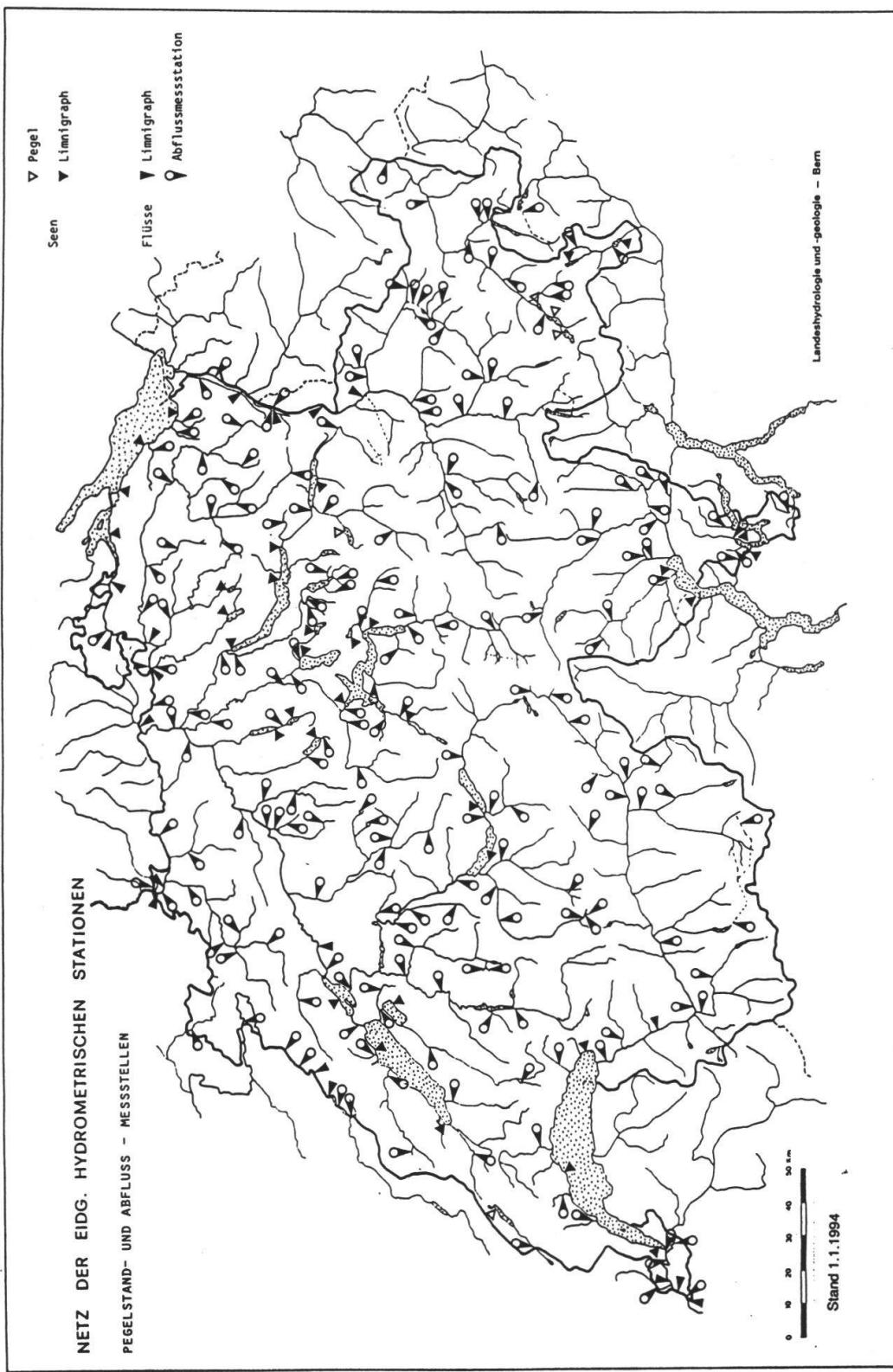
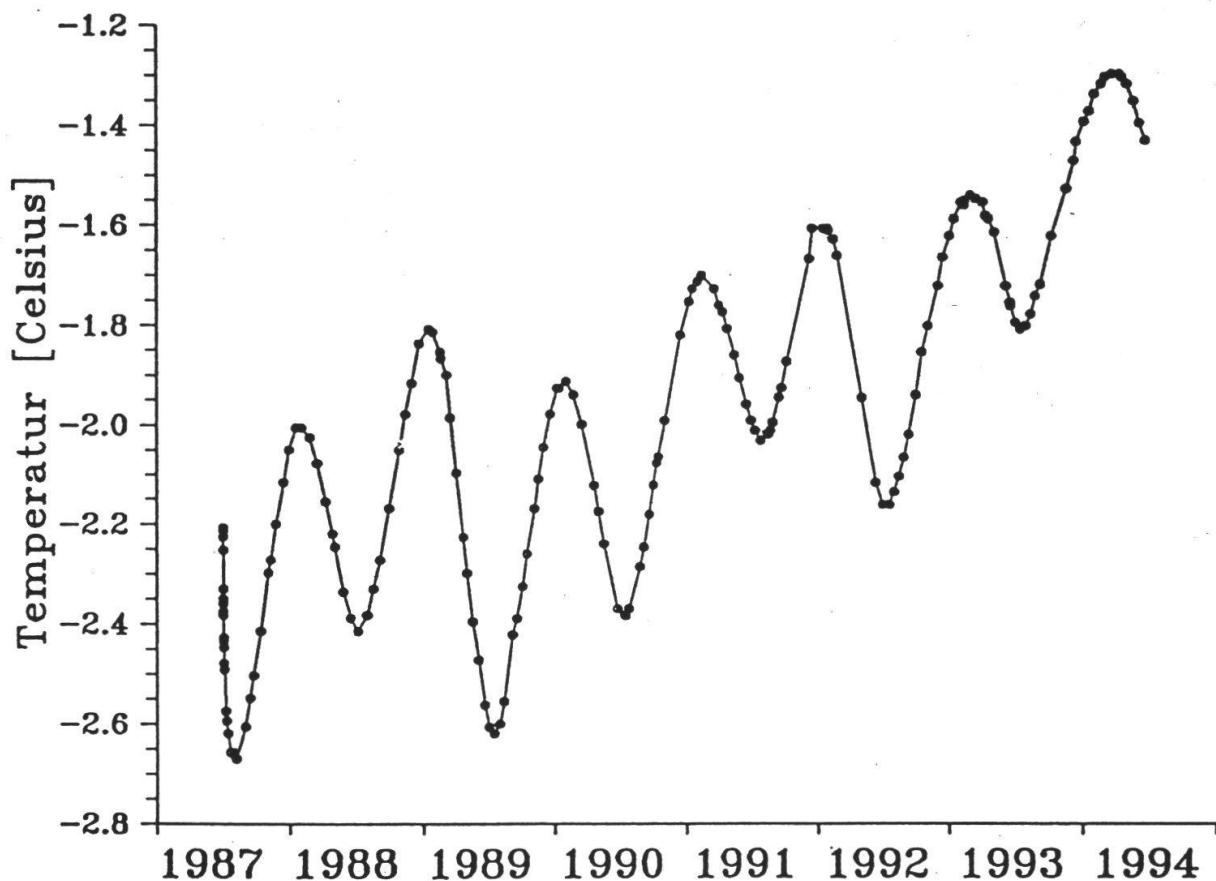


Fig. 9: Netz der hydrometrischen Stationen (Landeshydrologie und -geologie 1993).

Seit 1880 werden in der Schweiz jährliche **Gletscherbeobachtungen** durchgeführt. Die Resultate sind in den Jahrbüchern der Gletscherkommission der SANW zusammengefasst. Auszüge davon werden ebenfalls in der Zeitschrift des Schweizer Alpen-Clubs ("Die Alpen") regelmässig publiziert. Im Gegensatz dazu existiert für die Langzeitbeobachtung des **Permafrostes** erst ein Standort mit drei Bohrungen (Fig. 10). Dies ist in Anbetracht der Empfindlichkeit des Permafrostes auf Klimaänderungen völlig ungenügend.



anzusetzen, bevor eine weitere Nutzung in Betracht gezogen werden kann, dies insbesondere auch wegen der Gefahr der Verschmutzung.

**Mineralische Bodenschätze** sind in der Schweiz nur in geringem Masse ausgebeutet worden. Unter den aktuellen ökonomischen Verhältnissen lohnt sich, trotz einiger Erkundungen mit modernen Methoden durch ausländische Unternehmungen, eine Wiederaufnahme des Abbaus mit Sicherheit nicht.

Im Bereich der **Steine und Erden** werden sehr dezentral in relativ kleinen Betrieben die lokal oder regional benötigten Rohstoffe gewonnen, selten ist auch ein grösserer Transport damit verbunden. Diese Art von Rohstoffgewinnung fügt sich gut in ein Konzept der nachhaltigen Nutzung in den Alpen ein. Allerdings werden solche Betriebe in zunehmendem Masse durch ausseralpine Grossbetriebe bedroht, da für diese die Gestehungskosten wegen der billigen Transporte kleiner sind.

Auch die durch die geologischen und hydrologischen Verhältnisse geprägte **Landschaft** stellt heute eine Ressource im weiteren Sinne dar. Im Tourismus ist darauf zu achten, dass die für den Besucher attraktive Landschaft nicht durch einen überbordenden Massentourismus zerstört wird.

Viele geologisch wertvolle Objekte (**Geotope**), seien es nun einzigartige Naturdenkmäler oder für Ausbildung oder Wissenschaft wertvolle Aufschlüsse, sind heute, ähnlich wie gewisse Biotope, von der Zerstörung bedroht. Im Rahmen eines ganzheitlichen Natur- und Landschaftsschutzes ist unbedingt auch dem Geotopschutz die ihm gebührende Beachtung zu schenken. Solche Objekte können ebenfalls die Attraktivität eines Gebietes erhöhen.

## 2.5 Naturgefahren

Für die menschlichen Aktivitäten in den Alpen (z.B. Besiedlung, Land- und Waldwirtschaft, Verkehr, Tourismus) können natürliche Prozesse wie Erdbeben, Massenbewegungen, Hochwasser, Murgänge, Lawinen oder Stürme zur Bedrohung und Gefahr werden, besonders wenn es sich um Extremereignisse handelt (HEIM 1932, URSACHENANALYSE DER HOCHWASSER 1987). Schutz des Menschen und seiner Güter vor Naturgefahrenen im Gebirge hat deshalb eine lange Tradition, wobei die Interaktionen Untergrund - Wasserhaushalt - Vegetationsbedeckung (Bergwiesen, Wald) schon immer berücksichtigt worden sind. Im Zusammenhang mit unserer vernetzten Zivilisation, dem Bevölkerungswachstum und der Besiedlung bisher gemiedener Räume ergibt sich aber heute eine viel stärkere Bedrohung, verbunden mit einer Zunahme von Extremereignissen. Ob diese Zunahme direkt auf Klimaänderungen zurückzuführen ist, kann heute noch nicht abschliessend beantwortet werden.

Wichtig im Zusammenhang mit diesen Prozessen sind eine gute Kenntnis ihrer Mechanismen (Analyse) und eine kohärente Umsetzung in die Raumplanung auf regionaler, kantonaler und nationaler sowie wenn möglich internationaler Stufe. Langzeit-Überwachung gefährdeter Gebiete sowie die Inangriffnahme von Schutzmassnahmen technischer und organisatorischer Art (Erhaltung der Vegetationsbedeckung, bauliche Vorkehrungen) sind dabei unabdingbar.

## 2.6 Laufende Forschungsprogramme und Entwicklungen

Es werden sowohl im Bereich der Forschung als auch des Monitorings verschiedene Anstrengungen unternommen, die bestehenden Lücken zu füllen:

Nationales Forschungsprogramm Klimaänderungen und Naturkatastrophen (NFP31): Über die 9 Themengruppen orientiert Tafel 1

Schwerpunktprogramm Umwelt (SPP-U): Vor allem in den Modulen 1 "Umweldynamik" und 2 "Biogeochemische Prozesse und Kreisläufe" finden sich Projekte, die direkt mit der naturräumlichen Dynamik im Alpenraum in Beziehung stehen.

Konzept Ökosonde der Schweizerischen Kommission für Umweltbeobachtung (SKUB):

Die in diesem Konzept vorgeschlagene integrierte Umweltbeobachtung kann auch im Alpenraum angewendet werden, allerdings muss das Konzept noch ausgetestet werden.

Walderhebungsprogramm / Flankierende Massnahmen (WAP/Flam):

Entwicklung von Methoden zur Erfassung und Bewertung von Gefahren- und Schadenpotentialen, Ausarbeitung von Vorschlägen für ein Risikomanagement bei Naturgefahren.

Lenkungs- und Koordinationsorgan für Umweltbeobachtung (LEKUB):

Um die bestehenden sektoriellen Bundesmessnetze besser zu koordinieren und um Lücken aufzuzeigen hat das Eidg. Departement des Innern eine Arbeitsgruppe eingesetzt, die bis Juni 1995 Vorschläge in dieser Richtung ausarbeiten soll.

European Environment Agency, Copenhagen (EEA):

Die EU hat für die Umweltbeobachtung (auch des Alpenraums) die EEA eingesetzt. Die Schweiz strebt einen Beitritt an.

International Geosphere-Biosphere Program (IGBP):

Verschiedene Programme des IGBP sind auch für den Alpenraum relevant. Das BAHC Core Project (Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle) hat eine Initiative für internationale Forschung im Bereich der "Climat-Hydrology-Ecosystems Interrelations in Mountainous Regions" begonnen.

International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR):

In diesem Programm werden Strategien zur Erforschung, Verminderung und Umgehung von Naturgefahren entwickelt.

## 3. Lücken, Fragestellungen und mögliche Lösungsansätze

Die Ergebnisse der Tagung bezüglich Modul 1 zeigen zwei Bereiche auf, in denen Lösungsansätze gesucht werden müssen:

1. Mangelnde Kenntnisse über naturräumliche Interaktionen und Stoffflüsse,
2. Mangelnde Kenntnisse über Interaktionen Natur - Mensch.

### *3.1 Mangelnde Kenntnisse über naturräumliche Interaktionen und Stoffflüsse*

Bezüglich Bilanzierung der exogenen Prozesse und der Interaktionen Erde - Wasser (+Eis) sowie ihrer zeitlichen und klimatischen Entwicklung (Eiszeiten, Nach-eiszeit, Zukunft) können vor allem folgende Punkte genannt werden:

- **Talbildung.** Die Mechanismen und der zeitliche Ablauf der Talbildung ist noch weitgehend unklar, bedarf aber vor allem im Hinblick auf die Ressourcen-Ab-schätzung einer Klärung.
- **Expositionalter.** Im Zusammenhang mit der nacheiszeitlichen morphologischen und klimatischen Entwicklung sollte die Bestimmung kosmogener Radio-Isoto-pe als zusätzliche Datierungsmethode in Betracht gezogen werden, um in einer multidisziplinären Analyse zu schlüssigen Ergebnissen zu gelangen.
- **Untersuchungen über die Bilanzierung von Abfluss - Versickerung - Evapora-tion.** Solche Abklärungen können nur durchgeführt werden im Zusammenhang mit der Meteorologie, welche die Grundlagendaten liefert, sowie der Vegetati-onskunde, da Pflanzen (inkl. Wald) bei diesen Prozessen im Gebirge einen we-sentlichen Einfluss auf den Wasserhaushalt ausüben (Oberflächenabfluss, Re-tention, Evapotranspiration).
- **Bergwasser.** Grundwasser und Bergwasser spielen in den alpinen Regionen für die verschiedensten Bereiche eine wichtige Rolle (Ressourcen, Nutzung, Natur-katastrophen, Geotechnik).
- **Massenbewegungen.** Sowohl rein sektorelle Prozesse im Bereich der Geomechanik, dem Verhalten von Wasser und Eis und der Gebirgs- und Klufthydraulik, als auch deren Interaktionen sowie übergreifende Aspekte wie der Einfluss des Klimas (und seiner Veränderung) sowie der Vegetation (inkl. Wald) sind viel-fach unbekannt.

Sowohl die geo- und hydrowissenschaftliche Fakten, als auch auf den geologischen und hydrologischen Grundlagen aufbauende multidisziplinäre Forschung im Grundlagen- und im angewandten Bereich sind auf lange Zeitreihen von geologi-schen und hydrologischen Parametern und Bilanzierungen angewiesen. Solche Langzeitmessungen sind vielfach nicht vorhanden.

Bei Langzeitbeobachtungen und -messungen sind der Methodenentwicklung sowie der Datenbewirtschaftung grösste Aufmerksamkeit zu schenken. Die Entwicklung neuer Methoden bis zur Einsatzreife im Monitoring und neuer Konzepte und Strukturen für die Datenarchivierung und -wiederfindung sind Bestandteil eines ganzheitlichen Monitorings.

Vermehrt sollte den Interaktionen zwischen Geosphäre - Hydrosphäre - Biosphäre Aufmerksamkeit geschenkt werden, insbesondere bei der Bearbeitung biogeoche-mischer Kreisläufe (z.B. bei Böden).

### 3.2 Mangelnde Kenntnisse über Interaktionen Natur - Mensch

Auch wenn gewisse natürliche Kreisläufe schon gut bekannt sind, fehlt es häufig an der Kenntnis der anthropogenen Einflüsse. Dies gilt zum Beispiel für die durch Rodungen und Wassernutzungen verursachten Eingriffe in das alpine Ökosystem und insbesondere für Klimaänderungen, die den Wasserkreislauf modifizieren und das Naturgefahrenpotential erhöhen.

Die Umsetzung der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse für die Gesellschaft ist oft mangelhaft, fehlt doch generell das Wissen, wie eine Umsetzung in einer multidisziplinären Zusammenarbeit erfolgen kann.

Als Beispiele zukünftiger Anstrengungen seien genannt:

- Die Umsetzungskette Risikoanalysen, Gefahrenbestimmungen, Prognosen, Massnahmen, Alarmsysteme.
- Umsetzung der naturräumlichen Fakten in die Gesetzgebung (Raumplanung, umweltrelevante Gesetze).
- Umsetzung und Akzeptanz bei der Bevölkerung.

## 4. Prioritäre Forschungsbereiche

Im Rahmen einer interdisziplinären Alpenforschung wie sie am AlpenForum '94 diskutiert worden ist, sollen in erster Linie zwei Bereiche genannt werden, bei denen ein grosser Nachholbedarf besteht. Die vorliegenden Vorschläge sollen aber nicht in Konkurrenz stehen zu den geologischen und hydrologischen Grundlagenprojekten, die andere Aspekte bearbeiten. Vielmehr soll von Synergieeffekten profitiert werden.

### 4.1 Bereich **Klima - Wasser+Eis - Massenbewegungen** in den Alpen

Die Erarbeitung der naturwissenschaftlichen Grundlagen (inkl. menschliche Einflüsse) in diesem Bereich muss sich unter anderem auf die Natur als Labor stützen können. Insbesondere bei Extremereignissen ist deshalb der Analyse ein hoher Stellenwert einzuräumen. Wichtig ist eine rasche Umsetzung in **Risikoanalysen** mit den darauf folgenden notwendigen Schritten.

### 4.2 Bereich **Entwicklungsanalysen und Langzeitbeobachtungen im Naturraum (Geosphäre - Hydrosphäre - Biosphäre)** in den Alpen

Koordinierte Entwicklungsanalysen der jüngsten Erdgeschichte (Klima - Relief - Vegetation) sowie aktuelle Langzeitbeobachtungen ergeben die Grundlagen für kurz-, mittel- und langfristige Prognosen. In diesem Zusammenhang ist auch eine **Analyse** der anthropogenen Einflüsse unumgänglich.

Wichtig für beide Bereiche ist eine Analyse der bestehenden Koordinationsstellen mit ihren Kompetenzen sowie ihrer Vernetzung, sowohl im Bereich der Forschung als auch in demjenigen der Umsetzung (Monitoring und politische Instanzen). In-

nerhalb der vorgeschlagenen Forschungsprogramme sollen auch Projekte durchgeführt werden, die sich mit diesen Problemkreisen befassen.

### *Verdankungen*

Unser Dank geht in erster Linie an die Vortragenden und die Teilnehmer am Workshop; sie haben wesentlich zu den hier vorgestellten Ergebnissen beigetragen. Danken möchten wir auch dem Generalsekretariat der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW) für ihre unermüdliche Hilfe bei der Vorbereitung, der Durchführung und der Nachbearbeitung des AlpenForums '94.

### *Zitierte Literatur*

- DEEP STRUCTURE OF THE ALPS. Roure F., Heitzmann P. & Polino R. Eds (1990): Mém. Soc. géol. France 156; Mém. Soc. géol. suisse 1; Vol. Spec. Soc. ital. 1.
- DEEP STRUCTURE OF THE SWISS ALPS. Results of NFP/PNR 20. (1995): Birkhäuser, Basel, in prep.
- GRIESER, J.-C., HEITZMANN P. & SMIT P. (1993): Das nationale Starkbeben-Freifeldnetz. Wasser, Energie, Luft 85.
- GUBLER, E., SCHNEIDER D., MATTLI B. (1993): Landesnivvellements. In: Beitrag der Geodäsie zur geologischen Tiefenstruktur und Alpendynamik. Geodät.-geophys. Arbeiten Schweiz 47.
- HEIM, A. (1932): Bergsturz und Menschenleben. Viertelj.schr. Natf. Ges. Zürich.
- IPCC (1990): Climate Change; the IPCC Scientific Assessment. Cambridge Univ. Press.
- IPCC (1992): Climate Change 1992; the supplementary report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge Univ. Press.
- JÄCKLI, H. (1957): Gegenwartsgeologie des bündnerischen Rheingebietes. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. 36.
- POUGATSCH, H. & DARBLE, G. (1993): L'équipement de barrages dans le cadre du réseau national d'accélérographes. Wasser, Energie, Luft 85.
- POUGATSCH H., MAYER-ROSA, D. & KLUGE, D. (1993): Développement du réseau sismique national d'accélérographes. Wasser, Energie, Luft 85.
- SANW, Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften (1994): Aktionsplan Alpen-Forschung. Erste Ergebnisse des AlpenForums '94, 11.-16. September 1994 in Disentis (CH).
- SCHNEIDER, D. (1993/94): Neues Konzept der Schweizerischen Landesvermessung: Erste Erfahrungen bei der Realisierung eines GPS-gestützten Landesnetzes. Berichte aus der L+T 2, Bundesamt für Landestopographie, Wabern.
- URSACHENANALYSE DER HOCHWASSER 1987 - Ergebnisse der Untersuchungen. Mitt. Bundesamt Wasserwirtschaft 4, Mitt. Landeshydrologie und -geologie 14, 1991.

**Tafel 1** Themengruppen des NFP31. ►

## PNR 31 - DIVISION EN GROUPES THEMATIQUES

<b>■ Groupe 1</b>	<b>"Histoire du Climat"</b>
<i>Thèmes :</i>	<i>Données climatiques historiques. Reconstructions de l'histoire climatique tardi-glaciaire. Sédiments lacustres, Carottes glaciaires.</i>
<b>■ Groupe 2</b>	<b>"Dynamique du Climat"</b>
<i>Thèmes :</i>	<i>Climat alpin présent et futur, Données climatiques actuelles. Comportements climatiques régionaux. Bilan du rayonnement.</i>
<b>■ Groupe 3</b>	<b>"Hydrologie"</b>
<i>Thèmes :</i>	<i>Précipitations, Ecoulements, Rétention, Réservoirs. Dimensionnement d'ouvrages. Aquitères, Karsts.</i>
<b>■ Groupe 4</b>	<b>"Temps - Précipitations"</b>
<i>Thèmes :</i>	<i>Précipitations, Valeurs limites. Orages, Radar, Dommages.</i>
<b>■ Groupe 5</b>	<b>"Glace - Neige - Crues"</b>
<i>Thèmes :</i>	<i>Modes de transport, Torrents, Crues, Coulées boueuses. Glaciers, Neige, Avalanches. Géomorphologie, Pergélisol.</i>
<b>■ Groupe 6</b>	<b>"Instabilités de terrain - Tremblements de terre"</b>
<i>Thèmes :</i>	<i>Glissements de terrain, Eboulements, Chutes de blocs. Instabilités sur Flysch, Instabilités sur pergélisol. Ebranlements des matériaux (Tremblements de terre).</i>
<b>■ Groupe 7</b>	<b>"Ecosystèmes"</b>
<i>Thèmes :</i>	<i>Sols, Végétation, Biomasse, CO<sub>2</sub>. Dendrochronologie (Genèse des cernes annuels). Cyanobactéries, Rhizosphère.</i>
<b>■ Groupe 8</b>	<b>"Catastrophes naturelles - Végétation"</b>
<i>Thèmes :</i>	<i>Incendies, Tempêtes. Modifications de la végétation, Néophytes. Prévention, Dommages.</i>
<b>■ Groupe 9</b>	<b>"Catastrophes naturelles - Société"</b>
<i>Thèmes :</i>	<i>Aspects socio-culturels, économiques, politiques, administratifs. Planification, Aménagement du Territoire, Dommages. Stratégies, Comportements, Perception des risques. Tourisme, Agriculture, Cantons, Communes.</i>