Gebirgsmassive und atmosphärische Störungen: das internationale meteorologische Forschungsprogramm Alpex

Autor(en): **Richner, Hans**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **100 (1982)**

Heft 16

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74797

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Gebirgsmassive und atmosphärische Störungen

Das internationale meteorologische Forschungsprogramm Alpex

Von Hans Richner, Zürich

Vom 1. März bis zum 30. April 1982 findet die sogenannte «Spezielle Beobachtungsperiode des internationalen meteorologischen Forschungsprogrammes Alpex» statt. Achtzehn Länder - darunter alle Alpenländer - versuchen, in einer grossen konzertierten Messkampagne eine Antwort auf die Frage «Wie beeinflussen grosse Gebirgskomplexe die atmosphärische Strömung?» zu finden.

Beteiligung der Schweiz

Die Schweiz spielt bei diesem Projekt in mehrfacher Hinsicht eine Rolle:

- Seit 1976 die eigentlichen Planungsarbeiten auf internationaler Ebene begonnen hatten, waren schweizerische Wissenschafter dabei und haben das Konzept des Projektes mitgeprägt.
- Das internationale Operationszentrum befindet sich in *Genf*, von wo aus auch die *drei grossen Forschungsflugzeuge* ihre Messflüge durchführen. Der operationelle Betrieb des Zentrums liegt in der Verantwortung der *Schweizerischen Meteorologischen Anstalt*.
- Insgesamt 13 schweizerische Institutionen haben sich in der Vereinigung Alpex-CH zusammengefunden und gemeinsam eine Reihe von Projekten konzipiert. Diese Projekte sollen kurz dargestellt werden.

Es ist naheliegend, dass die Schweiz - neben Österreich das gebirgigste aller Alpenländer - an diesem Projekt mitarbeiten will und muss. Forschung in alpiner Meteorologie hat in der Schweiz eine lange Tradition, wobei die *Föhnforschung* zwar ein wichtiges, nicht aber das einzige Forschungsgebiet darstellt. Im Rahmen dieser Aktivitäten wurden vor allem an der *Schweizerischen Meteorologischen Anstalt* (SMA) und am *Laboratorium für Atmosphärenphysik der ETH Zürich* (LAPETH) besondere Instrumentarien entwickelt, die sich auch für den Einsatz im Rahmen des internationalen Projektes eignen. Als Beispiele seien hier das *automatische Stationsnetz* der SMA erwähnt, das alle zehn Minuten eine ganze Reihe meteorologischer Messwerte von knapp 60 über die Schweiz verteilten Stationen liefert, oder die vorwiegend im *Reusstal* eingesetzten Instrumente des Lapeth, die erlauben, *Wellenbewegungen in der Atmosphäre sichtbar zu machen* und zu untersuchen. Die am *Geographischen Institut der Universität Bern* entwickelten *Satellitenbildanalysen* oder der vom Eidg. Institut für Reaktorforschung instrumentierte *Motorsegler* stellen weitere Beispiele von Forschungsarbeiten dar, die sich ausgezeichnet in ein internationales alpines Forschungsprojekt eingliedern lassen.

Das einzigartige Relief entlang der *Linie Tessin-Gotthard-Reusstal* ist ein weiterer Grund, ja fast eine Verpflichtung für eine aktive Mitarbeit der Schweiz: dieser sog. *Gotthard-Querschnitt* ist nämlich im ganzen Alpenraum das einzige Profil, das nur einen Kamm aufweist, der zudem fast rechtwinklig zu den Talachsen verläuft. Messungen entlang diesem Querschnitt lassen sich somit leichter in Theorien einbauen (die ja immer von möglichst einfachen Verhältnissen ausgehen müssen) als Messungen in komplexeren Teilen der Alpen. Aus diesem Grunde ist der Gotthard-Querschnitt einer von drei Alpenquerschnitten, die besonders dicht instrumentiert sein werden und die von den meteorologischen Messflugzeugen intensiv beflogen werden sollen (die beiden anderen verlaufen über den *Brenner* bzw. über die *Dinarischen Alpen*).

Organisation der Datensammlung

Für Alpex werden die Messdaten der speziellen Beobachtungssysteme zunächst in nationalen Datenzentren gesammelt und anschliessend an die beiden *meteorologischen Weltdatenzentren* in *Ashville* (USA) und *Moskau* weitergegeben. Die von den Wetterdiensten routinemässig erfassten Meteodaten werden, wie üblich, über ein eigenes, weltweites Fernschreibernetz ausgetauscht. Während des Alpenexperimentes werden aus diesem Leitungsnetz die Daten aus dem Alpex-Versuchsgebiet vom sog. Internationalen Alpex-Datenzentrum in *Reading* (England) ausgekoppelt und in einer Datenbank zusammengestellt. Auch diese Messwerte werden später an die Weltdatenzentren weitergeleitet. Es ist geplant, dass die endgültigen und vollständigen Datensätze bis Mai 1983 bereitstehen werden.

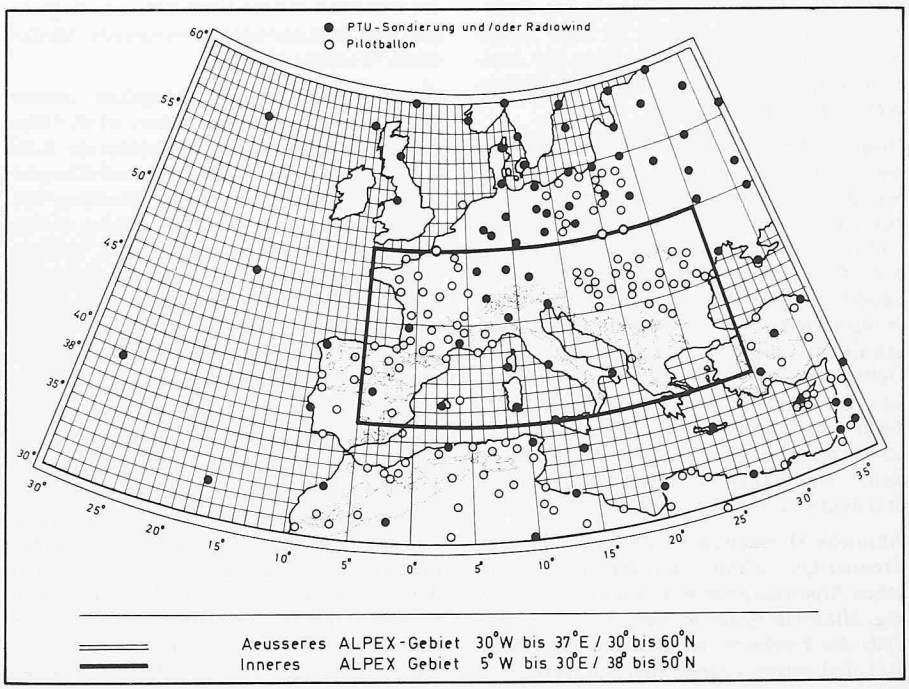
Die schweizerischen Projekte

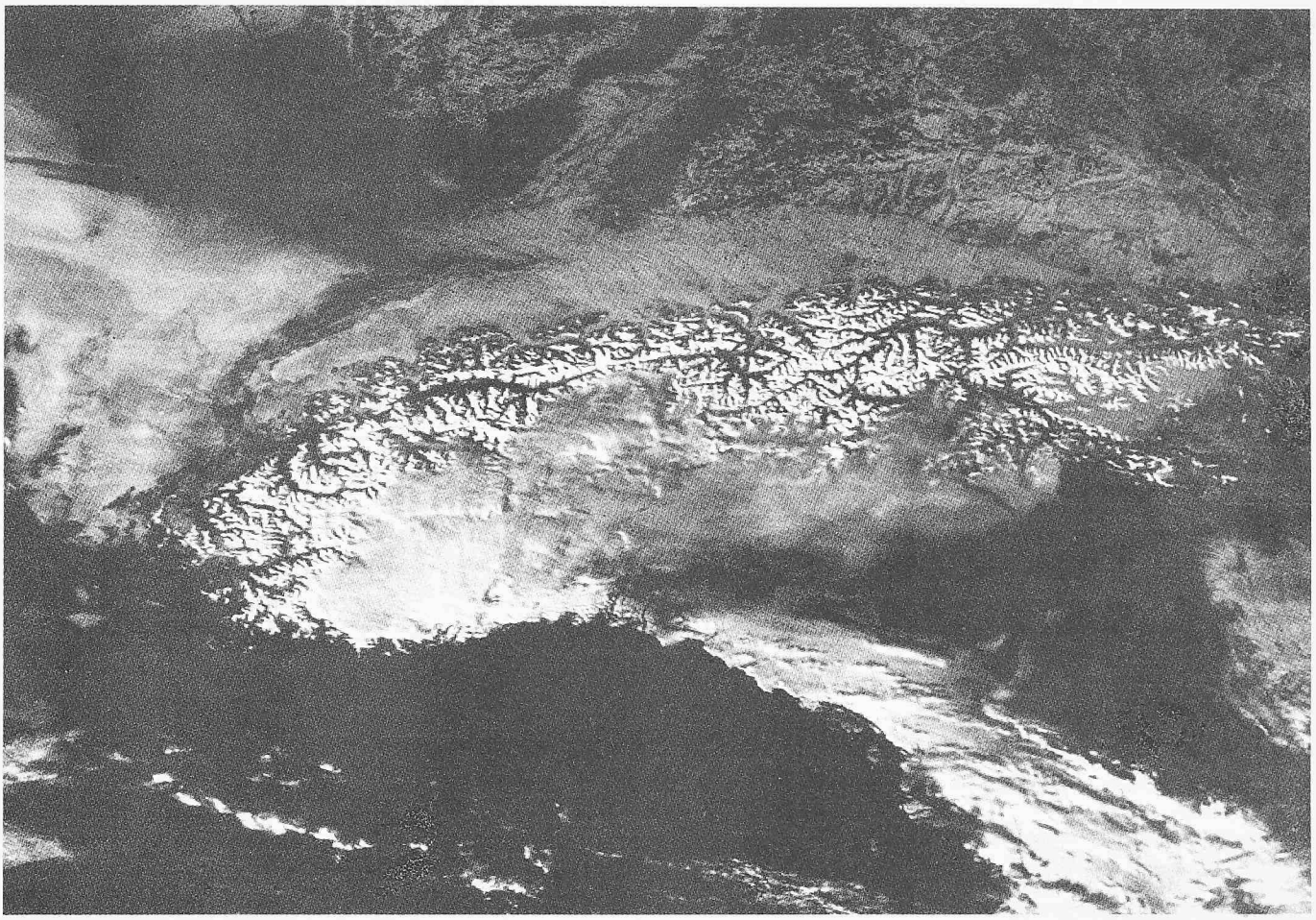
Die in der Schweiz geplanten Experimente lassen sich grob in *Feldexperimente* und reine *Auswerteprojekte* unterteilen. In die erste Gruppe fallen somit Experimente, für die besondere Messsysteme aufgebaut und eingesetzt werden, während in der zweiten Gruppe die Projekte zu finden sind, welche die allgemein verfügbaren nationalen und internationalen Daten auswerten.

Aidex. Die Grossraumflugzeuge *DC-10 der Swissair* zeichnen während des Fluges in regelmässigen Zeitabständen eine grosse Zahl verschiedenster Messwerte auf. Neben Positionsdaten und technischen Daten werden auch meteorologische Messwerte registriert. Für Alpex zeichnet die Swissair bei Alpenüberflügen diese Daten in 1-Sekunden-Intervallen (statt der üblichen 400-SekundenIntervalle) auf und stellt sie für wissenschaftliche Untersuchungen zur Verfügung. An der SMA werden damit Untersuchungen der Feinstruktur der Temperatur- und Windfelder über den Alpen vorgenommen, wobei diese vor allem dann von grossem Interesse sind, wenn der Flugweg durch eine Frontfläche führt. Aus der Feinstruktur einer Frontfläche ist es möglich, Rückschlüsse auf die dynamischen Austausch- und Mischungsvorgänge in einer Front und damit auch auf ihre wahrscheinliche Verschiebungsrichtung und -geschwindigkeit zu ziehen.

Atarex. Segelflieger der Segelfluggruppen Nidwalden und Lägern sowie der akademischen Fluggruppe Zürich und *Ballonfahrer* der Ballongruppen Zürich und Basel unter-

Alpex-Experimentalgebiete mit Höhenwetterstationen der Weltwetterwacht (WWW). Im inneren Alpex-Gebiet befinden sich während der Monate März und April 22 zusätzliche Höhenwetterstationen in Betrieb. Die Stationen messen in der Regel den Temperatur-, Feuchte-, Druck- und Windverlauf bis auf eine Höhe von etwa 30 000 Meter





Satellitenbild der verschneiten Alpen. Täler und Vorland des Gebirges sind mit Nebel und Wolkenfeldern bedeckt

stützen die wissenschaftliche Forschung. Als Dienstleistung nehmen sie ein kompaktes Instrumentenpaket mit, das Druck, Temperatur, Feuchte und Steig- bzw. Sinkgeschwindigkeit registriert; Positionsangaben sowie Informationen über Bewölkung, Turbulenzen usw. werden parallel zu den Daten auf Magnetband aufgezeichnet. Diese Messungen sind vor allem für Süd- und Nordföhnuntersuchungen geplant. Man hofft auch, dass Alpenüberquerungen mit Ballonen möglich sein werden, da eine solche Fahrt wertvolle Information über die horizontale Homogenität der meteorologischen Werte liefern könnte.

Dragex. Die Grösse des Widerstandes, den die Alpen einer Strömung entgegensetzen, beeinflusst wesentlich, wie die Strömung durch das Alpenmassiv abgelenkt wird. Mit Hilfe von 18 Druckmessstationen entlang dem Gotthard-Querschnitt versuchen das Lapeth und die SMA gemeinsam, den Strömungswiderstand (genaugenommen die Schubspannung zwischen Atmosphäre und Gebirge) als Funktion der Anströmrichtung und -geschwindigkeit sowie der Dichte bzw. Temperatur der Luft zu bestimmen. Das schweizerische Messnetz wird im Süden durch vier italienische, im Norden durch drei deutsche Messstationen ergänzt.

Ähnliche Messketten wurden auch über den Brenner-Querschnitt und über die Dinarischen Alpen aufgestellt. Für sämtliche dieser sog. *Mikrobarographen-Stationen* hat das Lapeth die Funktion als zentrale Datensammel- und -auswertestelle übernommen.

Edmex. Nicht rein meteorologisch sind die Untersuchungen, welche das *Institut für Geodäsie und Photogrammetrie* der ETH Zürich für Alpex planen: *Elektromagnetische Distanzmessungen* (mit Laser oder Mikrowellen) werden je nach Schichtung der durchstrahlten Atmosphäre verfälscht, da die Strahlausbreitung nicht unbedingt geradlinig ist. Das Institut führt im Reusstal Distanzmessungen durch und untersucht, wie die Distanzmessfehler mit den von Flugzeugen und Ballonsonden gewonnenen Meteodaten zusammenhängen.

Evapex. In einem Versuchsgebiet, dessen Wasserabfluss genau gemessen wird, führt die *Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich* zusammen mit der *Cornell-Universität* (USA) und dem *Artilleriewetterdienst* Untersuchungen über die *Verdunstung* durch. Ziel dieses Projektes, das Abfluss-, Verdunstungs- und Strahlungsmessungen sowie Radiosondierungen bis 5000 m umfasst, ist es, einen Zusammenhang zwischen der Verdunstungsrate in einem hügeligen Gebiet und der Wetterlage zu erarbeiten.

Lawex. Für eine *Verbesserung der Lawinenwarnung* strebt das *Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung* in Davos an, die Wind- und Temperaturverhältnisse für bestimmte alpine Regionen aus den nur spärlich vorhandenen Gipfelstationen und Radiosondierungen abzuleiten. Es wird daher während Alpex die zusätzlich vorhandenen Sondenstationen und Flugzeugmessungen ausnützen, eigene *Gipfelmessungen* vornehmen und so einen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Beobachtungen erarbeiten.

Momflex. Im Reusstal wird durch das Lapeth gemessen, wieviel *Bewegungsenergie aus der Strömung in den Boden* übergeht. Dazu werden *Schwebeballone,* die den Stromlinien folgen, mittels zweier Radargeräte verfolgt. Radiosondierungen und Messflüge mit dem vom Eidg. Institut für Reaktorforschung instrumentierten Motorsegler des *Institutes für Flugzeugbau und Leichtstatik* der ETH Zürich liefern die für die Auswertungen notwendigen zusätzlichen Temperatur-, Wind- und Turbulenzdaten.

Racex. Bei *Leibstadt* werden mittels eines Schallradars *Turbulenzen in Bodennähe* als Funktion der herrschenden Wetterlage gemessen. Dieses Projekt, das von ehemaligen Mitarbeitern der *Ecole Politechnique Fédérale Lausanne* realisiert wird, gibt Aufschluss über Austauschvorgänge zwischen bodennahen und höheren Luftschichten.

Radex. Gebirge beeinflussen die Genauigkeit der Niederschlagsmessungen mit den operationellen, meteorologischen Radargeräten auf *Albis* und *La Dôle.* Unter Ausnutzung von Satellitendaten und Niederschlagsmessungen am Ort sollen *Eichfaktoren* für diese Radars bestimmt werden, um eine quantitative radarmässige Niederschlagsmessung zu ermöglichen.

Rawex 1, Rawex 2, Rhonex. Vom *Gütsch ob Andermatt* aus, vom *Rhonegletscher* aus und von *Merenschwand* aus werden während Alpex täglich zwei (von Gütsch aus vier) *Ra-*

diosonden bis etwa 30 000 m Höhe im Verlauf der *Temperatur*, der *Feuchte*, des *Druckes* und der *Windgeschwindigkeit* gemessen. Damit wird eine jahrzehntealte Forderung der Wissenschaft erfüllt, denn bis heute wurden die Luftschichten direkt über den Alpen nie systematisch untersucht; die Meteorologen interpolierten zwischen den Sondenstationen *Mailand* und *Payerne* bzw. *Stuttgart* weitgehend nach Gefühl. Nur genaue Messungen der meteorologischen Werte erlauben aber, die mathematischen Modelle, die den Wetterablauf für Vorhersagezwecke simulieren, der Wirklichkeit besser anzupassen.

Die Ballonsondenstation auf dem Gütsch wird vom militärischen Wetterdienst betrieben. Erstmals in diesem Umfang absolvieren Wehrmänner ihren Dienst mit einem wissenschaftlichen Auftrag. Natürlich wird auch die Armee aus dem Projekt Erfahrungen sammeln, denn regelmässige Messungen mit Sonden über zwei Monate Dauer in hochalpinem Gebiet sind bisher nicht verwirklicht worden. Zudem wird auch der militärische Wetterdienst aus den wissenschaftlichen Erkenntnissen Nutzen ziehen. Die Station auf dem Rhonegletscher wird vom *Geographischen Institut der ETH Zürich* betrieben. Das Institut untersucht mit einem umfangreichen Instrumentarium das allgemeine alpine Klima, insbesondere in einem vergletscherten Gebiet. Die Station in Merenschwand wird vom Laboratorium für Atmosphärenphysik der ETH Zürich betrieben, das in diesem Gebiet weitere Forschungsprojekte durchführt. Die offizielle Radiosondenstation der Meteorologischen Anstalt in Payerne wird während der Alpex-Messphase vier anstelle von zwei Sondierungen vornehmen.

Satex, Strobex. Das *Geographische Institut der Universität Bern* wird *Satellitenbilder* direkt empfangen und daraus die durch Gebirge ausgelösten *Störungen des Windfeldes* untersuchen. Dazu werden die Verformungen von Wolkenschichten bzw. Hochnebeldecken in den Satellitenbildern analysiert und mit Radiosondendaten und Druckkarten verglichen. Am gleichen Institut werden von etwa 1500 Standorten regelmässige Beobachtungen an *Rauchkaminen* gesammelt und Windregistrierungen gemacht, mit dem Ziel, eine *Durchlüftungskarte für die Schweiz* zu erstellen.

Urfex, Foebex. Ein besonderes Windmesssystem im oberen Reusstal wird der SMA erlauben, den *Entstehungsmechanismus der Sturmwinde im Gebiet des Urnersees* zu studieren und ein *verbessertes Sturmwarnverfahren bei Föhneinbrüchen* zu entwickeln. Ähnliche Untersuchungen sind auch im *Bodenseegebiet* im Gange, wobei dort zusätzlich bodennahe Radiosondierungen durchgeführt werden.

Assex, Biometex, Dynprex. Die Untersuchung der atmosphärischen Verhältnisse auf der *Alpensüdseite*, die Charakterisierung des alpinen Wetters bezüglich seiner Auswirkungen auf biologische und physiologische Vorgänge sowie die Entwicklung feinmaschiger, mathematischer Simulationsmodelle für den Alpenraum (alles SMA-Projekte) sind reine Auswerteprojekte, die erst nach Ablauf der Alpex-Feldphase in Angriff genommen werden.

Sondex. Das allererste Alpex-Projekt hatte eine internationale Beteiligung und ist bereits abgeschlossen: Im März 1981 führten die SMA und Lapeth einen *Radiosondenvergleich* durch, in dem für zehn verschiedene Sondierungssysteme die systematischen, gegenseitigen Abweichungen bestimmt wurden. Diese Abweichungen wurden durch Mehrfachaufstiege (bis zu fünf Sonden am selben Ballon) gewonnen. Die Resultate erlauben es, Radiosondendaten von verschiedenen Ländern zu normieren.

Das Spektrum der Aktivitäten in der Schweiz ist recht breit und deckt einen grossen Teil der wissenschaftlichen Fragestellungen des internationalen Alpex-Projektes ab. Wenn sich die Schweiz an bestimmten Projekten nicht beteiligt – z. B. am Studium der Entstehung von Tiefdruckwirbeln im Alpengebiet –, so heisst das nicht, dass sie für diese Probleme kein Interesse hätte. Die verfügbaren personellen und instrumentellen Kräfte sind jedoch begrenzt, und es ist deshalb sinnvoll, sie in den angestammten Forschungsgebieten zu konzentrieren.

Schlussbemerkungen

Wie bereits erwähnt, werden alle Projekte voneinander profitieren, indem alle Daten frei verfügbar sein werden. Durch die konzertierte Aktion erhält somit jede Gruppe weit mehr Daten, als sie allein zu sammeln imstande wäre. Zusätzlich zu den von der Schweiz selber gesammelten Messwerten kommen die auf internationaler Ebene hauptsächlich mit Flugzeugen und Satelliten gesammelten Daten hinzu.

Die wissenschaftliche Auswertung der in diesem *Jahrhundert-Experiment* anfallenden Information wird Jahre in Anspruch nehmen. Es ist nicht zu erwarten, dass mit Alpex alle Probleme gelöst sein werden. Neue Erkenntnisse werden gewonnen werden und diese werden unser Verständnis für die physikalischen Vorgänge und damit auch die Wetterprognose verbessern. Man wird der naturwissenschaftlichen Wahrheit wieder einen Schritt näher kommen, wahrscheinlich werden aber auch eine ganze Reihe neuer Fragen auftauchen und die Forscher weiterhin in Atem halten.

(Nähere Angaben zu diesem Projekt: «Feldexperiment Alpex», von *Th. Gutermann*, Schweiz. Meteorologische Anstalt, Januar 1982.)

Adresse des Verfassers: Dr. *H. Richner*, Laboratorium für Atmosphärenphysik, Alpex Focal Point Schweiz, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.

Umschau

Energieverbrauch der Schweiz im Jahre 1981

Nach einer Mitteilung des *Bundesamtes für Energiewirtschaft* hat der *Energie-Endverbrauch* im Jahre 1981 im Vergleich zu 1980 *um 1,0 Prozent abgenommen*. Dieser Rückgang ist das Resultat einer spürbaren *Verbrauchsabnahme an flüssigen Brennstoffen* und einer etwas abgeschwächten Verbrauchszunahme bei den meisten übrigen Energieträgern:

Der Endverbrauch an *Erdölprodukten* hat insgesamt um 4,5 Prozent abgenommen. Sein Anteil am gesamten Endverbrauch konnte damit erneut gesenkt werden, ist aber nach wie vor zu hoch. Er betrug 68,8 Prozent gegenüber 71,4 Prozent im Jahre 1980 (1979: 73,0 Prozent, 1978: 75,0 Prozent). Der Endverbrauch von *Heizöl extraleicht* (−5,9 Prozent), *Heizöl mittel* (−12,9 Prozent), *Heizöl schwer* (−22,7 Prozent), *Normalbenzin* (−4,9 Prozent) und *Flugpetrol* (−5,6 Prozent) hat abgenommen. Zugenommen hat er nur bei *Superbenzin* (+5,6 Prozent) und *Dieselöl* (+0,5 Prozent).

Der Endverbrauch von *Elektrizität* nahm, wie das Bundesamt für Energiewirtschaft bereits früher mitgeteilt hat, etwas weniger stark zu als im Vorjahr: +2,7 Prozent (1980: +4,4 Prozent). Sein Anteil am gesamten Endverbrauch betrug 19,2 Prozent.

Eine abgeschwächte Verbrauchszunahme verzeichnete auch das *Gas* mit 9,9 Prozent (1980: +19,4 Prozent). Sein Anteil erreichte damit 5,5 Prozent.

Der Verbrauch von *Kohle wuchs um 47,5 Prozent* und der von *Brennholz um 9,1 Prozent*. Deren Anteile betrugen somit 3,0 Prozent bzw. 1,6 Prozent.

In der erfassten *Fernwärmeversorgung* wurde eine Verbrauchszunahme um 5,1 Prozent registriert. Der Anteil der Fernwärme am gesamten Endverbrauch betrug 1,2 Prozent. Um Doppelzählungen zu vermeiden, wurden die zur Erzeugung der Fernwärme verbrauchten Mengen an Müll, Gas, Heizöl und Kohle vom Endverbrauch dieser Energieträger abgezogen.

Ein Vergleich der letztjährigen Verbrauchsabnahme mit der Entwicklung des Endverbrauchs in den drei vorangegangenen Jahren (1978: +5,5 Prozent, 1979: −2,0 Prozent, 1980: +3,5 Prozent) lässt keine Trendaussagen zu. Verbrauchsmindernd dürften sich 1981 vor allem die etwas *abgeschwächte Wirtschaftsentwicklung, mildere Wetterverhältnisse* und vermehrte *Sparanstrengungen* ausgewirkt haben. Der erneute Anstieg des *zu beheizenden Raumvolumens* wurde dadurch weit mehr als kompensiert.

Hingegen vermochte der vorübergehende Anstieg der Benzinpreise in der Ferienreisezeit den *Benzinverbrauchszuwachs nicht zu bremsen*. Die Ursachen sind der einmal mehr höhere Motorfahrzeugbestand, der starke Fremdenverkehr und der erneut an-