

# Klima von Vorarlberg Band I

Eine anwendungsorientierte Klimatographie

**Kapitel 1** Lufttemperatur / Bodentemperatur / Wassertemperatur

**Kapitel 2** Luftfeuchte

**Kapitel 3** Bewölkung / Nebel



In Zusammenarbeit mit der Zentralanstalt  
für Meteorologie und Geodynamik

## **Impressum**

Herausgeber:

Amt der Vorarlberger Landesregierung

Projektleitung Umweltinstitut:

Dr. Richard Werner

Projektleitung ZAMG und wissenschaftliche Redaktion:

Dr. Ingeborg Auer

Autoren und wissenschaftliche Mitarbeiter:

ZAMG:

Dr. Ingeborg Auer

Dr. Reinhard Böhm

Univ.-Doz. Dr. Hartwig Dobesch

Dr. Elisabeth Koch

Dr. Wolfgang Lipa

Dr. Hans Mohnl

Mag. Roland Potzmann

Dr. Gerd Ragette

Dr. Otto Svabik

mit Unterstützung durch Friedrich Hufnagel

Weitere:

Ing. Herbert Heim, Umweltinstitut

Dr. Richard Werner, Umweltinstitut

Mag. Günther Groß, Thüringerberg

Graphik und Layout:

Elisabeth Scharm, ZAMG

Gabriele Seifriedsberger, ZAMG

Dr. Petra Zudrell, Büro für Zukunftsfragen

Atelier Schuster/Haselwanter, Lustenau

Druck: Wenin, Dornbirn

Bregenz, im April 2001

ISBN 3-901487-28-X

Printed in Austria

# Vorwort

Wetter und Klima beschäftigen uns jeden Tag – darüber hinaus werden klimatologische und meteorologische Daten für verschiedenste berufliche Zwecke benötigt. In enger Zusammenarbeit zwischen dem Umweltinstitut des Landes Vorarlberg und der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien wurde daher eine anwendungsorientierte Klimatographie, das sogenannte "Klima von Vorarlberg" erarbeitet.

Diese auf 3 Bände angelegte Klimatographie faßt die meteorologischen und klimatologischen Daten Vorarlbergs aus dem Zeitraum 1961 bis 1990 zusammen und ergänzt sie mit einer Vielzahl von detaillierten Klimakennzahlen und ausführlichen Informationen über regionale und lokale Klimaphänomene. Neben einer umfassenden textlichen Beschreibung werden die Daten in tabellarischen und graphischen Darstellungen sowie in repräsentativen Klimakarten dargeboten.

Das vorliegende Werk ist eine Fachpublikation modernsten Standards und wendet sich an Klima- und Wetterexperten, Umweltfachleute und Hobby-meteorologen, an Energieexperten und Hoch- und Tiefbautechniker, aber auch an die Baustoffindustrie und andere Wirtschaftsbereiche.

Landeshauptmann  
Dr. Herbert Sausgruber

Landesrat  
Ing. Erich Schwärzler



# Inhalt

<b>Einleitung</b>		
1	Zu den Größenordnungen der klimatischen Phänomene	7
2	Zum Relief von Vorarlberg	9
3	Zur Hydrologie	13
4	Zur Orographie	14
5	Zur Geomorphologie und Topographie	17
6	Zum Bearbeitungsumfang	18
7	Zusammenschau	22
8	Ergänzende und weiterführende Literatur	24
<b>Kapitel 1: Lufttemperatur / Bodentemperatur / Wassertemperatur</b>		
1.1	Einleitung	29
1.2	Datenmaterial	30
1.3	Die langfristige Temperaturentwicklung in Vorarlberg	32
1.4	Temperaturstatistiken der Stationen des Vorarlberger Klimameßnetzes der Standardperiode 1961-1990	39
1.5	Abhängigkeit der Lufttemperatur von der Seehöhe	52
1.6	Lokales Sonderklima: Bregenz und die Bodensee-Uferzone	76
1.7	Der Tagesgang der Lufttemperatur	78
1.8	Heizgradtagszahlen	87
1.9	Länge der Vegetationsperiode	97
1.10	Karten der Lufttemperatur	99
1.11	Bodentemperatur	104
1.12	Wassertemperatur	109
1.13	Ergänzende und weiterführende Literatur	113
<b>Kapitel 2: Luftfeuchte</b>		
2.1	Einleitung	117
2.2	Datenmaterial	118
2.3	Relative Luftfeuchte	120
2.4	Dampfdruck	134
2.5	Die Äquivalenttemperatur als Schwüleindikator	149
2.6	Die Enthalpie	151
2.7	Karten des Feuchteklimas von Vorarlberg	156
2.8	Ergänzende und weiterführende Literatur	165
<b>Kapitel 3: Bewölkung / Nebel</b>		
3.1	Einleitung	169
3.2	Datenmaterial	169
3.3	Langfristige Schwankungen der Bewölkung in Vorarlberg	172
3.4	Bewölkungsmittel	177
3.5	Bewölkungsarten	181
3.6	Häufigkeiten des Bedeckungsgrades	191
3.7	Heitere und trübe Tage	207
3.8	Nebel	216
3.9	Karten der Bewölkung	220
3.10	Ergänzende und weiterführende Literatur	222

## Anhang

Karten 1.1 - 1.18; Karten 2.1 - 2.4; Karten 3.1 - 3.7



# Einleitung

Dieses Kapitel umfaßt die Aspekte des Klimas, die physikalischen, raumplanerischen, wirtschafts-spezifischen und technischen Randbedingungen. Es sind sowohl einzelne Gruppen von ausgearbeiteten Grundlagen als auch Wirkungsbereiche dargestellt oder angerissen worden, um dem Leser ein Spektrum der Klimafaktoren mit ihren Einflußbereichen und Auswirkungen zu präsentieren. Eine vollständige Beschreibung ist der einschlägigen Fachliteratur vorbehalten.

Die Beschreibung des Klimas von Vorarlberg erfolgt in den vorliegenden Bänden für die Jahre 1961 bis 1990; dies entspricht der von der WMO (World Meteorological Organization) definierten Standardperiode für klimatologische Bearbeitungen. In speziellen Fällen wurden aufgrund der Erweiterung der Messdatenerfassung die neuesten Messwerte einbezogen, welche bis ins Jahr 1997 reichen. Um auch die langfristigen Schwankungen der einzelnen Klimaparameter aufzeigen zu können, wurden Klima-Langzeitreihen aufbereitet, soweit sie aus den Datenreihen und -kollektiven der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, des Hydrographischen Dienstes und verwandter Institutionen (Schweizerische Meteorologische Anstalt, Deutscher Wetterdienst, private Beobachtungen) zur Verfügung standen.

Die letzte Klimatographie des Landes stammt von FICKER (1909). Das Thema Klima wurde in der Publikation von ILG (1961) aufgenommen und in einem Kapitel durch KOSSINA und FLIRI in großen Zügen aufgefasst und skizziert. In der vorliegenden Bearbeitung erfolgte eine deutlich umfangreichere und in manchen Themen detailreichere Behandlung in zehn Kapiteln. Neben der statistischen Aufarbeitung der punktuellen Information werden auch flächenhafte Aussagen über viele Faktoren gemacht. Diese stellen eine große Neuheit dar. Die statistischen Aussagen beziehen sich auf Mittelwerte, Extremwerte, Perzentile und die Kennzahlen zur Häufigkeit (Wahrscheinlichkeit von Ereignissen im Hinblick auf Schwellwerte).

Die Landesfläche wurde mit einem neuartigen Verfahren (Geographisches Informationssystem, ARCVIEW) in kartographischer Art bearbeitet. Dabei gingen die Berechnungen in manchen Themen bis zu einer Rasterlänge von 250 m hinunter. Die 260000 Hektar wurden im Sinne des bodennahen Klimas untersucht. Meßdaten der Grenzschicht und der Atmosphäre (z.B. Bewölkung) gingen jedoch ebenfalls in die Arbeit ein.

Neben den Einzelementen wurden auch Kombinationen von zwei oder mehr Faktoren (Aspekt der Gleichzeitigkeit) analysiert. Damit konnte ein deutlicher Schritt in Richtung "reelle" Darstellung des Klimas gemacht werden. Nähere Details kann der Leser vorrangig dem Kapitel 10 entnehmen.

## 1 Zu den Größenordnungen der klimatischen Phänomene

Die Gliederung geht nach den Stufen der horizontalen Erstreckung der meteorologischen Phänomene, wie sie in der Fachliteratur oft vorgenommen wird, vor.

Aufgrund der horizontalen Erstreckung von Vorarlberg (Nord - Süd 80 km und West - Ost 50 km) können die ersten klimatischen und atmosphärischen Phänomene im Bereich vom Meso-Scale  $\beta$  (Erstreckung 25 km bis 250 km) erwartet werden. Dazu zählen orographische Effekte - darunter versteht man den Einfluß von Land- und Bergmassen - des weiteren Land-See-Windeffekte (wie sie an Meeresküsten oder in abgeschwächter Form am Ufer größerer Binnenseen auftreten können), Wolkenhaufen, in der modernen Terminologie auch Cloud-cluster genannt (d.h. es handelt sich um Gruppen von Wolken, die mit regelmäßiger Wiederkehr an spezifischen Orten des Untersuchungsgebiets bei bestimmten Strömungsrichtungen und Vertikalschichtungen auftreten). In diese Dimension fällt auch eine Kaltfront (Breite rund 300 km), wie sie jedes Tief mit sich bringt.

Der meso-skalige Bereich  $\gamma$ , der sich über Entfernungen von 2,5 km bis 25 km erstreckt, umfaßt atmosphärische Phänomene, die als Gewitterzellen bezeichnet werden (d.h. einzelne Gewitter mit zellularem Charakter, welche etwa zwei bis vier Zellen umfassen können). Des weiteren zählen dazu interne Schwerewellen (darunter versteht man Wellen in der untersten Troposphäre) und Urbaneffekte (wie sie z.B. für die Stadt Dornbirn und für die Stadt Feldkirch bereits gemessen wurden). Für das Landesgebiet bedeutet dies, daß an Gewittertagen in der Regel 2 bis 4 Zellengruppen zeitgleich in verschiedenen Arealen vorhanden sein werden.

In den Micro-Scale  $\alpha$  mit Ausmaßen zwischen 250 m und 2500 m fällt das atmosphärische Phänomen der Konvektion (darunter versteht man eine vertikale Luftbewegung mit Aufsteigen erwärmter Luft bei gleichzeitigem Absinken kälterer Luft in der Umgebung). Die Entwicklung von Cumuluswolken (= Haufenwolken) ist der ungeordneten Klein-Konvektion zuzuordnen, wogegen Gewitterwolken und Cloud-cluster definitionsgemäß der geordneten Groß-Konvektion zuzuordnen sind. Den speziellen Auslöser für Konvektion stellt die Sonneneinstrahlung mit der unterschiedlichen Erwärmung der Erdoberfläche und der bodennahen Luftschicht dar. An Sommermittagen wird für eine große Haufenwolke mit rund 500 m Radius um den Aufwindkern bei gleichmäßiger Verteilung über Vorarlberg eine Stückzahl von rund 1660 zu erwarten sein. Diese schattenspendenden Wolken werden samt den Zwischenräumen das gesamte Land bedecken.

Als letztes atmosphärisches Phänomen, das im Rahmen der Klimatographie noch andeutungsweise erfasst wird, fällt der Micro-Scale  $\beta$  an, mit Ausmaßen zwischen 25 m und 250 m. Diese Phänomene werden thermisch genannt und bedeuten im allgemeinen das Vorhandensein von kleinen Warmluftzellen oder auch Kaltluftströmen während strahlungsfreier Nächte. Dabei werden Dimensionen, die im Bereich der topographischen Elemente (z.B. Hänge) liegen, mit einbezogen. Diese Ausmaße haben kleine Waldstücke und mittlere Lichtungen, Weiher und kleine Seen (z.B. Sünsersee), außerdem große Maisfelder.

Grundlage für die Erstellung der Klimakarten von Vorarlberg war das Digitale Höhenmodell (DHM) mit einer Rasterweite von 50 m x 50 m. Aufgrund der vorhandenen Dichte an Meßstationen wurde es im Laufe der Bearbeitung klar, daß fachlich vertretbare Aussagen nur bis zu einer Maschenweite von 250 m getroffen werden können. Der Micro-Scale  $\beta$  wurde ausgeklammert, weil eine derart detaillierte Erfassung der klimatischen Bedingungen Vorarlbergs in den letzten 30 Jahren weder aufgrund des Routinemeßnetzes noch durch Sonderstationen gegeben ist. Dieser Mangel sollte in der Zukunft behoben werden.

Zur kleinräumigen Turbulenz (im Micro-Scale  $\gamma$ ) mit Längenausdehnungen von 2,5 m und 25 m wurde keine Untersuchung durchgeführt, da dafür entsprechende Instrumentarien nicht vorlagen.

Aufgrund der vertikalen Erstreckung von Vorarlberg zwischen einer Seehöhe von 400 m (etwa Niveau des Bodensees) bis 3300 m (Niveau des Piz Buin im Südosten des Landes) mußte ein Höhenunterschied von 2900 m in den vertikalen Analysen Berücksichtigung finden. Bei einer Mächtigkeit der Troposphäre von rund 10000 m liegt etwa bereits ein Drittel dieser Schicht unter den höchsten Alpengipfeln des Landes. Somit liegt der südliche, durch Bergregionen geprägte Teil Vorarlbergs recht häufig außerhalb der Mischungsschicht, mit einer gegenüber dem Flachland stark verminderten (das Verhältnis liegt bei etwa 1:4) atmosphärischen Trübung, aber erhöhten Globalstrahlungsraten. Insbesondere sei der starke Anstieg der UV-Strahlung vom Flachland in die Hochgebirgsregion genannt. Gebirge stellen Hindernisse für die ungestörte Luftströmung dar und verursachen eine Deformation der Stromlinien; die in der Luft vorhandene Wasserdampfmenge ist gegenüber dem Flachland markant erniedrigt und es wären noch eine Vielzahl von klimatologischen Charakteristiken des Hochgebirge aufzuzählen. Alle diese Effekte mußten bei den jeweiligen Bearbeitungsschritten in der Klimatographie berücksichtigt werden.

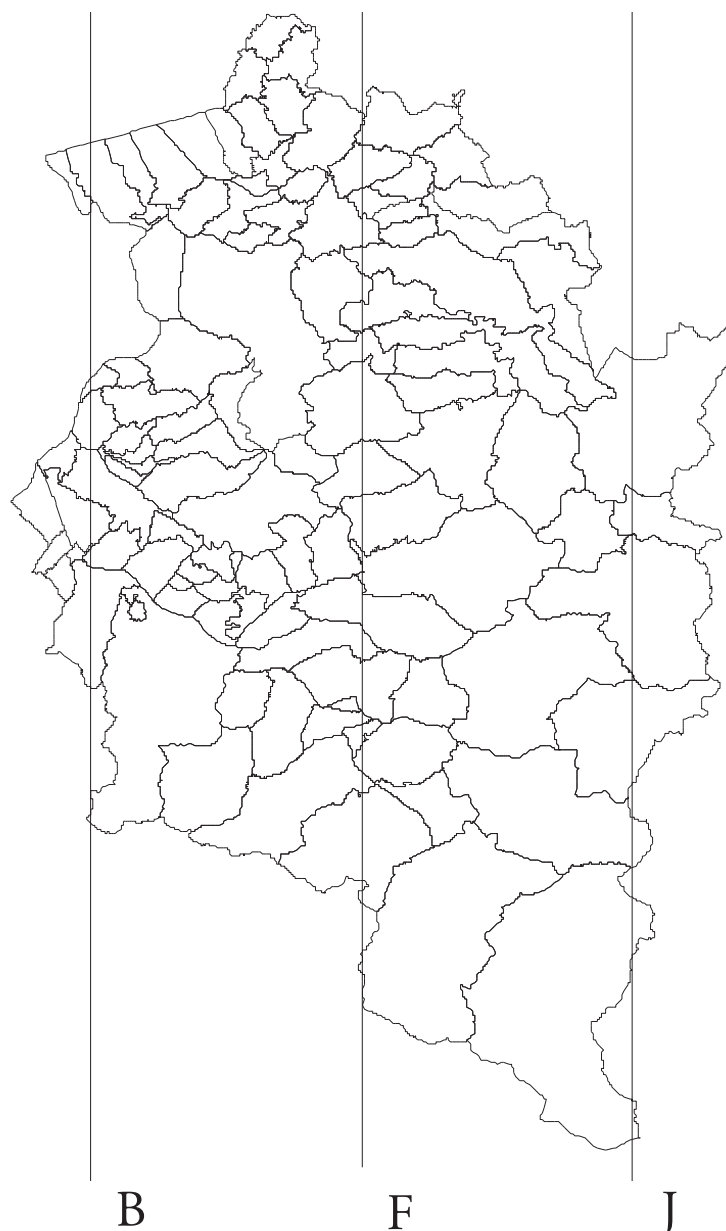


Atmosphärische Sondierungen (aerologische Aufstiege) aus Vorarlberg existieren nicht, sodaß aus den Meßdaten der meteorologischen Stationen und über Modellansätze (Regressionsbeziehungen) die vertikale Struktur des Klimas von Vorarlberg erfaßt wurde. Eine detaillierte Untersuchung über die Auswirkung der Alpen im gesamten Sinne auf das Klima von Vorarlberg sowie der Randlage Vorarlbergs zu den Ostalpen wurde nicht durchgeführt. Die bekannten Prozesse wurden aber weitgehend in die Überlegungen zur Erstellung von vertikalen Profilen einbezogen.

## 2 Zum Relief von Vorarlberg

Es wurde das Relief mit Süd-Nord-Schnitten untersucht. Dazu wurde das Land Vorarlberg in mehrere Süd-Nord-Profile zerlegt. Drei werden exemplarisch in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.

Abbildung 2.1: Lage der drei Süd-Nordprofile über dem Netz der Gemeinden



Es ergibt sich eine starke fluktuierende Topographie, welche durch die Täler und Berge Vorarlbergs geprägt ist. Wenn man davon ausgeht, daß der Wind von Norden nach Süden das Land überstreicht, so wird er durch die Bergspitzen nach oben abgehoben werden. Diese Hebung nach höheren Schichten bedeutet im allgemeinen die Abkühlung von Luftmassen und daraus resultierend eine entsprechende Wolkenbildung und je nach Wettersituation auch eine Niederschlagssteigerung oder -aktivierung. Anders verhält es sich beim warmen Südwind, der von den hohen Berggipfeln herabfließt und dabei auch auf trocknen kann. Diese Verhältnisse wurden schematisch dargestellt, um die Reibungsschicht zu verdeutlichen.

Abbildung 2.2: Profil B am Westrand des Landes Zacken bei Y = 213000 entspricht dem Nafkopf (N), Sh = 2571m, im Südwesten des Landes

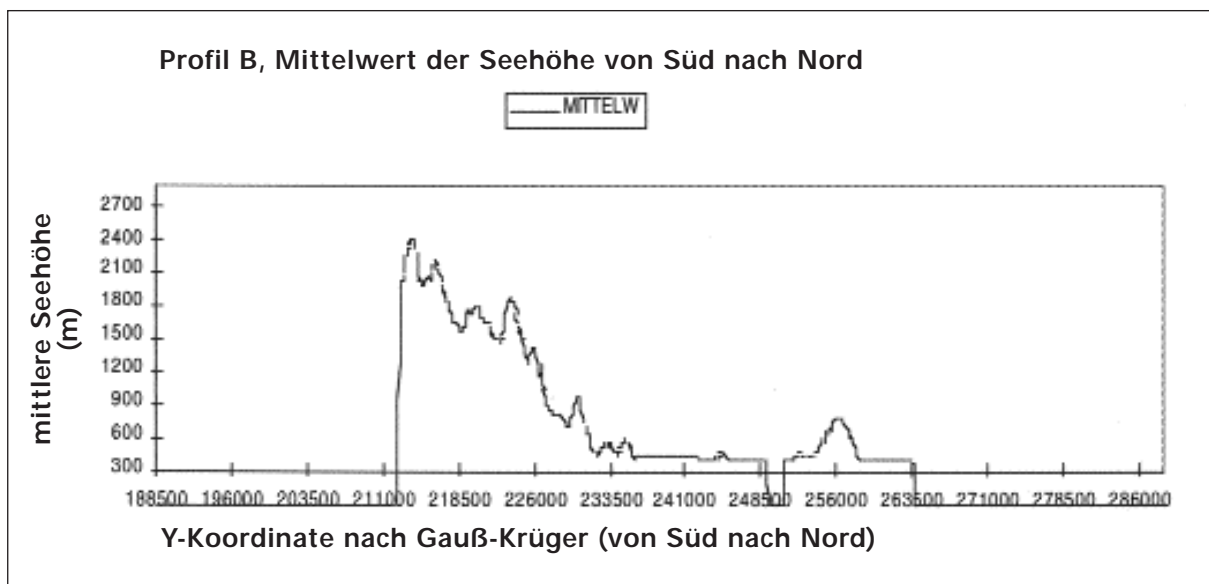


Abbildung 2.3: Profil F im mittleren Bereich von Vorarlberg mit Montafon (M) und Großes Walsertal (W)

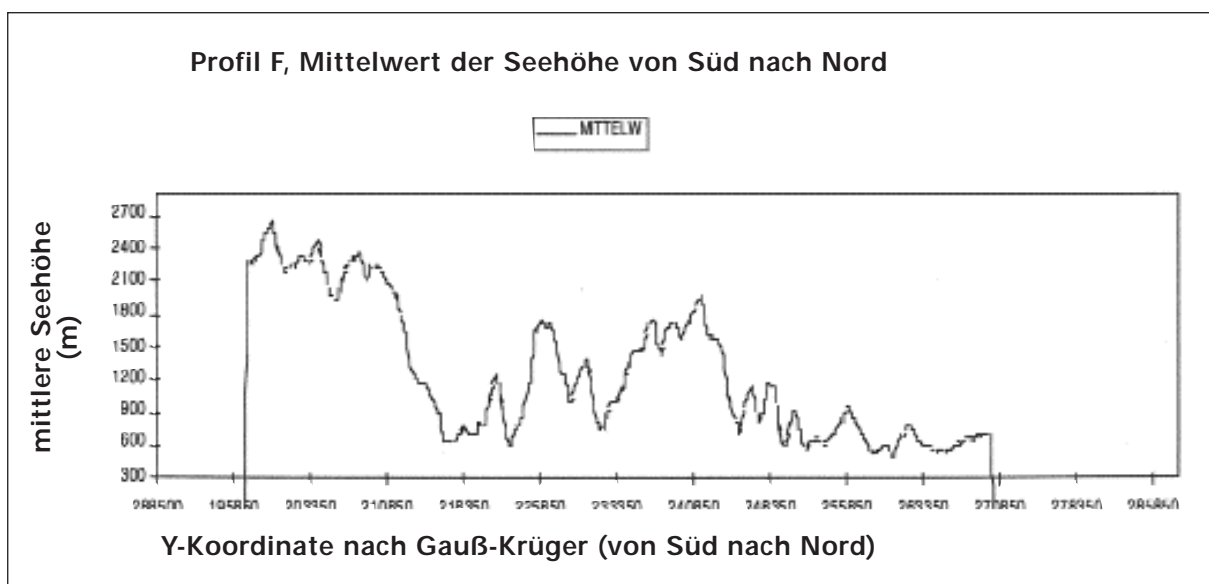
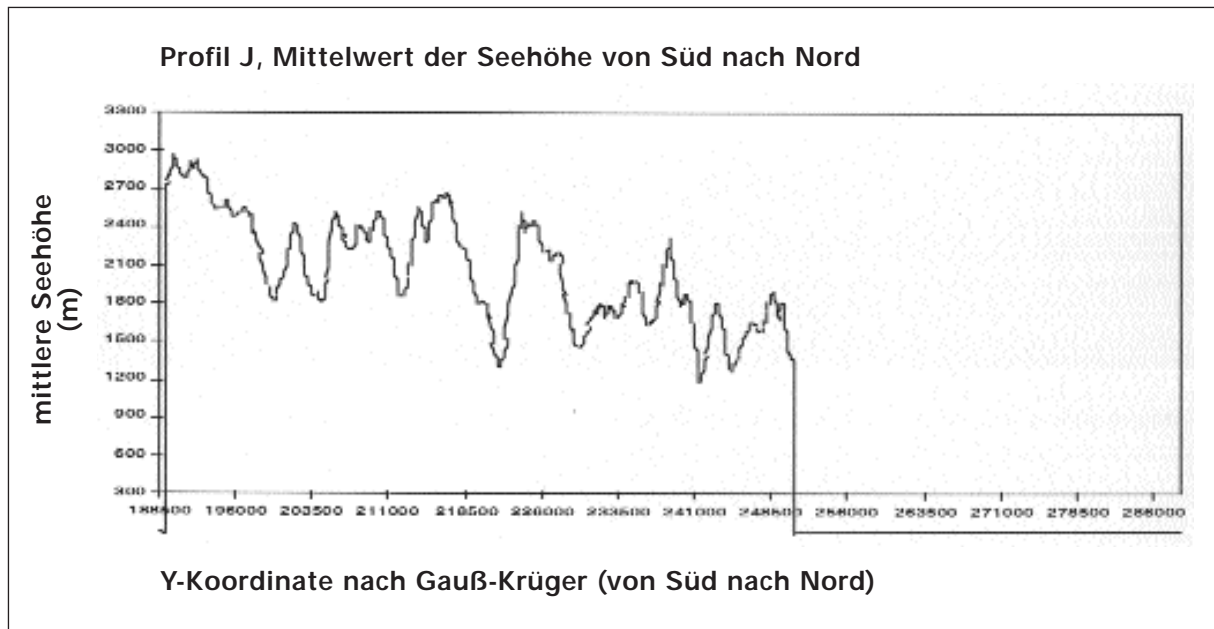


Abbildung 2.4: Profil J am Ostrand des Landes mit den Hochtälern im Lechquellengebirge



Die Seehöhenhäufigkeit wurde für die Klimatographie erhoben. Es liegen folgende Fakten zur Häufigkeit der Seehöhe in Vorarlberg vor: Bis in 500 m Seehöhe liegen 16 Prozent der Landesfläche und über 2000 m rund 12 Prozent. Für die drei Höhenzonen - Tabelle 2.1 - findet man einen Anteil von rund 25 Prozent.

Tabelle 2.1: relative Häufigkeit der Seehöhe in Höhenstufen für Vorarlberg

Höhenstufe	Anteil (%)
bis 500	16
500 bis 1000	25
1000 bis 1500	24
1500 bis 2000	23
über 2000	12

Die genannte Seehöhenhäufigkeit hat auch in die Strukturdaten von Vorarlberg (STRUKTURDATEN VORARLBERG, 1996) Eingang gefunden. Des weiteren war es notwendig, die Häufung der Neigung von Geländeflächen zu erheben. Diese wurden mit dem GIS im Umweltinstitut erfaßt. Dabei konnte die größte Häufigkeit im Bereich zwischen 20° und 30° festgestellt werden. In extremen Fällen sind gemäß dem digitalen Höhenmodell noch Neigungen von 80° und darüber zu erwarten. Selbstverständlich zählt das Rheintal zur ebenen Zone mit einer Neigung unter 3°.

Tabelle 2.2: Hangneigung für Gesamt-Vorarlberg

Neigung	Fläche	Anteil	Sum%
<= 3°	290,0	11	11
<=10°	267,0	10	22
<=20°	577,0	22	44
<=30°	670,0	26	70
<=40°	544,0	21	91
<=50°	184,0	7	99
<=60°	33,0	1	100
<=70°	3,0	0	100
<=80°	0,1	0	100
	km <sup>2</sup>	%	%

Außerdem wurde die Ausrichtung der einzelnen Flächenelemente, d.h. die Orientierung (auch Exposition genannt) durchgeführt. Die Frequenz wurde nach acht Himmelsrichtungen (Nord, Nord-Ost, Ost usw.) klassifiziert. Dabei ergab sich entsprechend der Tabelle 2.3 ein sehr stark gegliedertes Bild. Zählt man die Häufigkeit von acht Himmelsrichtungen aus, ergeben sich folgende Frequenzen:

Tabelle 2.3: Hangorientierung für Gesamt-Vorarlberg

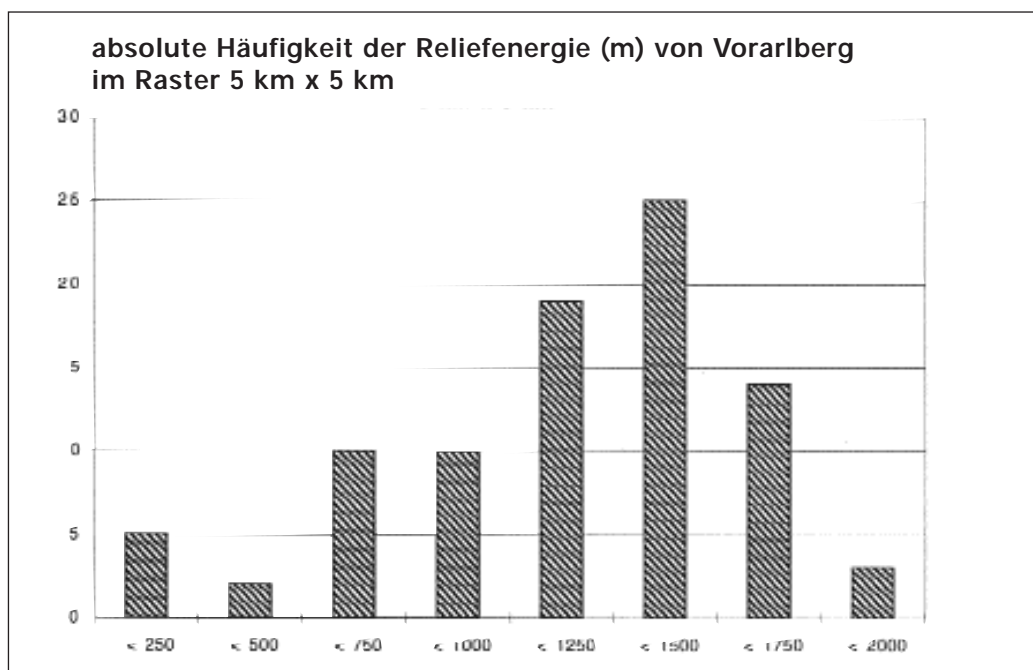
Orientierung	Fläche	Anteil
Eben <=3 Grad	290	11
Nord	358	14
Nordost	275	11
Ost	217	8
Südost	243	9
Süd	321	13
Südwest	255	10
West	262	10
Nordwest	347	14
	km <sup>2</sup>	%

Wie WERNER und HEIM (1997) feststellten, dominieren Nord- und Nordwesthänge. Weniger oft sind Osthänge und Südosthänge vorhanden. Aufgrund dieser Rahmenbedingungen wird auch das Strahlungsklima in einer spezifischen Art und Weise modifiziert.

Die Beschreibung der Orographie kann auch mit statistischen Kennzahlen durchgeführt werden. Dabei handelt es sich um einen einfachen Parameter: die Reliefenergie (nach KREBS 1922). Sie wurde für Flächen 5000 m x 5000 m erhoben (WERNER 1999). Die Teilung des Landes bezüg-

lich der Lage der Rasterfelder erfolgte gemäß den Plänen im Maßstab 1:20000 der Abteilung Raumplanung im Amt der Landesregierung mit einer Teilung in vier Unterfelder. Dabei wurde ein einfacher Rechenschritt vollzogen: Shx ... maximale Seehöhe des Geländes in dem jeweiligen Rasterfeld, Shn ... minimale Seehöhe des Geländes in dem jeweiligen Rasterfeld, REN2 ... Reliefenergie (=Shx-Shn) für das jeweilige Unterfeld in Metern. Die der Seehöhe wurde mit einer Genauigkeit von halben Dekameter aus der Landkartengrundlage erhoben.

Abbildung 2.5.: Häufigkeitsverteilung der Reliefenergie (REN2) für Vorarlberg



Die Verteilung der Reliefenergie ist rechts schief. Es gibt nur fünf Rasterfelder mit einer REN von weniger als 250 m - also flache Zonen. Die häufigste REN2 liegt zwischen 1250 m und 1500 m. In der obersten Klasse von 1750 m bis 2000 m finden sich drei Felder. Mit dieser zweiten Abschätzung wird das Land Vorarlberg für etwa 85 Prozent der Landesfläche im meso-skaligen Bereich eingestuft. Der Median der REN beträgt 1220 m. Verwendet man die halbe Rasterlänge als Erstreckung des möglichen Hanges im Unterfeld, ergibt sich eine Neigung von 26°. Damit ist ein erster, guter Vergleich mit den Neigungsverhältnissen gegeben.

### 3 Zur Hydrologie

Die hydrologischen Verhältnisse von Vorarlberg sind nicht mehr in ihrem natürlichen Zustand. Während sich in den Niederschlagsverhältnissen (Beeinflussung durch Orographie sowie durch die Randlage und die Lage zum zentralen Alpenraum) entsprechende Minderungs- und Erhöhungsfaktoren ergeben, kann bei der Abflusssituation festgehalten werden, daß die Abflüsse weitgehend durch die menschlichen Einflußnahmen (Kraftwerksbau zur Stromgewinnung) geregelt sind. Es ist nicht verwunderlich, daß an mehreren Strecken in Tälern von Vorarlberg bei Wanderwegen entlang der Flußufer Tafeln auftreten, welche lauten: "Vorsicht Schwallbildung" oder mit einem ähnlichen Text darauf hinweisen, daß ein Kraftwerk im Oberlauf die Pegelstände

des Abflusses im Unterlauf beeinflußt. Dazu wird auf die Tätigkeit des Kraftwerksbaus vor, während und nach dem 2. Weltkrieg sowie in den Jahren 1961 bis 1990 verwiesen. Eine Einweisung zu diesem Thema kann den Strukturdaten von Vorarlberg entnommen werden.

Durch die geänderte Landnutzung seit dem Mittelalter (z.B. Rodung der Wälder in den Tälern Rheintal, Walgau usw.) und die Nutzung der Hochlagen (Alpen-Weide-Wirtschaft 16. - 17. Jahrhundert) sind große Flächenanteile des Landes gegenüber ihrer ursprünglichen klimatischen Funktion (Reibungshöhe, Albedo, Verdunstungsrate) verändert.

Die Einzugsgebiete in Vorarlberg sind im wesentlichen zwei großen Flußräumen zuzuschreiben. Es handelt sich dabei um Einzugsgebiete des Rheins und um Einzugsgebiete der Donau. Nur die Gemeinden Mittelberg und Lech werden dem Einzugsgebiet der Donau zugeschrieben, die Flächen aller anderen Gemeinden jenem des Rheins. Nur noch kleinere Teile von am Nordostrand gelegenen Gemeinden von Vorarlberg sind der Donau zuzuzählen. Es ist anzumerken, daß durch die Beileitung aus dem Raum von Tirol Niederschlagsmengen des Abflußregimes des Inns zum Rhein übergeführt werden. Diese Niederschlagsmengen betragen zwischen 3 und 7 % der gesamten jährlichen Niederschlagsmenge des Einzugsgebietes des Rheins in Vorarlberg.

#### **4 Zur Orographie**

Der Alpenkörper stellt im kontinentalen Schema von Mitteleuropa ein für die atmosphärischen Strömungen deutliches Hindernis dar. Dieses Hindernis ist vor allem für die Strömungen aus nördlichen oder südlichen Richtungen ein Störfaktor. In neuester Zeit wurden derartige Strömungshindernisse durch meteorologische und klimatologische Forschungen untersucht. Besonders bedeutsame Untersuchungen konnten im Rahmen von ALPEX vorgenommen werden und wichtige Erkenntnisse wurden gewonnen. Im Herbst 1999 wurde in der großangelegten Studie von Mesoscale Alpine Programme (MAP) eine Gruppe von Feldexperimenten ausgeführt.

Der Alpenkörper kann bezüglich der Strömungen als "bananenförmiger" Stein in der untersten Troposphäre verstanden werden. Er verhindert durch seine Lage das direkte Vordringen von kalten Luftmassen von Norden in Richtung Süden und das direkte Vordringen von warmen oder heißen Luftmassen von Süden nach Norden. Dies bedeutet im Allgemeinen, daß eine Ablenkung sowie eine Modifikation der Luftmasse durch Hebungs- und Senkungsvorgänge erfolgt. Als bekanntestes Phänomen für Senkungsvorgänge ist in Vorarlberg der Föhn zu nennen, der als trockener, stürmischer Fallwind meist in den Frühlings- und Herbstmonaten bei Höhenwinden zwischen Südost- und Südwest in den Alpen auftritt.

Da Vorarlberg nördlich des Alpenhauptkammes liegt, ist davon auszugehen, daß die westlichen Winde sich tangential an den Alpenkörper anlegen. Derartige Erkenntnisse lassen sich aus den numerischen Modellen ableiten. Die charakteristischen Höhenströmungen wurden einerseits aufgrund der Radiosondendaten von Stuttgart, andererseits aus Modellanalysen des im Wetterdienst eingesetzten ECMWF-Modell für ein Niveau von 850 hPa errechnet. Es wird auf das entsprechende Kapitel 8 (Wind) verwiesen.

Die Gliederung des Alpenkörpers in seinem mittleren Teil (Position von Vorarlberg) ist sekundär geprägt durch tief eingeschnittene Täler (das Rheintal, das Illtal) sowie die aufragenden Gebirge in südwestliche Richtung - die Glarner Alpen. In südlicher Richtung wirken die rätschen Alpen und in südöstlicher Richtung die Ötztaler Alpen als Strömungshindernis. Westlich oder auch südwestlich spielt der Säntisstock eine bedeutende Rolle (z.B. beim Sonnenuntergang). In nordwestlicher Richtung ist davon auszugehen, daß der Schwarzwald (mit dem Feldberg) eine entsprechende Strömungsmodifikation bewirkt. Die modifizierenden Klimaverhältnisse durch den Bodensee

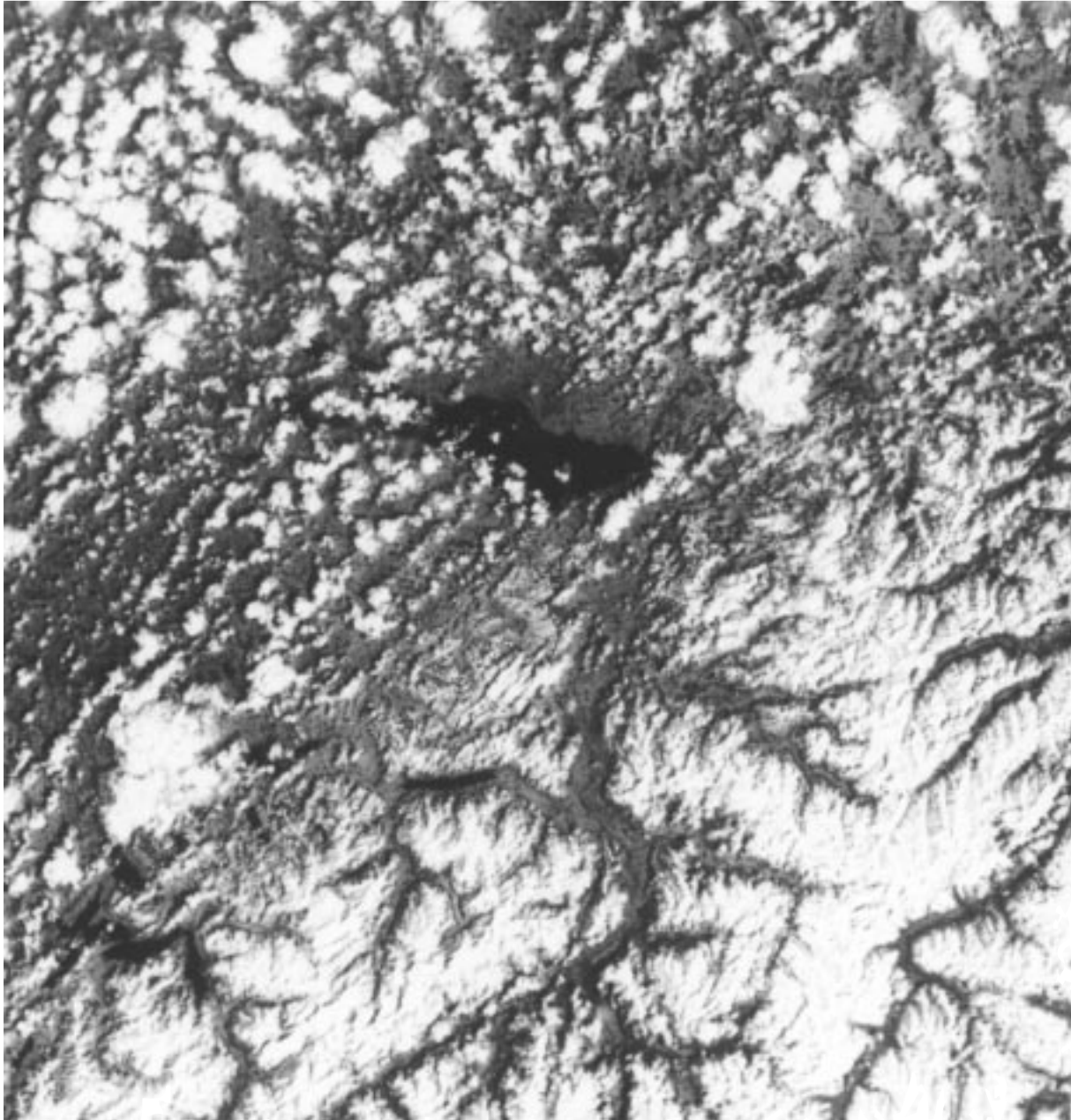
(geänderte Albedowerte und damit Beeinflussung der Strahlungsbilanz) können anhand von einfachen Fotos von Landsat 5 (siehe zwei Beispiele) aufgezeigt werden.

Abbildung 4.1:  
Bodensee mit Wolkendecke im Westteil, Bandartige Struktur am 16.11.1988, 9.33 Uhr





Abbildung 4.2 : Bodensee ohne Haufenwolken, jedoch Landregionen mit Wolkengruppen bedeckt am 14.5.1987, 9.33 Uhr



Der Bodensee ist bei Cumulusbewölkungssituationen im allgemeinen wolkenfrei, da er eine kühlere Oberfläche als die verschieden geneigten Flächen des gebirgigen Umlandes aufweist, und die Konvektion daher über Land in Gang gesetzt wird. Auch die flachen Regionen des Landes Vorarlberg (das Rheintal, Teile des Walgaus sowie die leicht welligen Strukturen des Bregenzerwaldes (vorderer und mittlerer Bregenzerwald) stellen eine Landschaftform dar, durch welche die Klimastrukturen entsprechend verändert werden können. Mit den nördlichen Kalkalpen geht der Alpenkörper in eine sehr rauhe Struktur über, wobei die Rauigkeit spezifisch durch raschen Wechsel von Höhen geprägt ist. Eine detaillierte Analyse dieser topographischen Situation im Sinne von orographischen Mustern könnte die Kenntnisse zu diesem Thema verbessern.



## 5 Zur Geomorphologie und Topographie

Aus dem vielfältigen Formenschatz werden nur die gängigsten herausgegriffen: Ebenen, Hänge, Rücken, Täler, Gipfel, Hügel, Senken und Terrassen, wie sie in Vorarlberg in großer Zahl vorkommen. Diese geomorphologische Formen wurden in den letzten 100000 Jahren durch den gletscherspezifischen Abtrag und die fluß-spezifische Umgestaltung bewirkt. Weitere Formen sind durch Muren, Lawinen und Wind hervorgerufen worden.

Bezüglich des topographischen Formenschatzes existieren in Vorarlberg aus geographischer Sicht keinerlei detaillierte Darstellungen. Es ist zu erwähnen, daß Vorarlberg, geprägt durch die beiden Abtragsformen (des Gletschers und der Flüsse) - wie fast alle Teile der Alpen - eine riesige Anzahl von großen, mäßig-großen, mittleren, mäßig-kleinen und kleinen Formen an Geländeelementen hat. Als Topographieelemente sind in erster Linie die Rücken und Täler, die Hänge und die Ebenen, die Depressionen und die Plateaus sowie die Gipfelzonen zu nennen. Eine weitere Unterteilung, die aus klimatischer Sicht notwendigerweise mit einem horizontalen und einem vertikalen Längenmaßstab verknüpft werden sollte, könnte in einem künftigen Projekt mit dem GIS erfolgen.

Die topographischen Verhältnisse von Vorarlberg spielen bei der Einteilung des Landes in Klimazonen oder Klimafacetten eine Rolle, wie dies auch BÜDEL (1981) für verschiedene Formungsmechanismen angeführt hat. Daher wird aus diesem Grunde ein kurzer Überblick über die topographischen Verhältnisse gegeben. Für die Teile der Alpen ist es üblich eine erste Orientierung anhand der Gebirge zu geben. Das Land Vorarlberg kann in insgesamt sieben Gebirge eingeteilt werden. Diese Einteilung wurde der Schrift LAND VORARLBERG - EINE DOKUMENTATION (1988) entnommen. Als größtes Gebirgsteil ist der Bregenzerwald mit den Gipfeln Pfänder, Winterstaude und Freschen einzustufen. Als kleinster Gebirgsstock in Vorarlberg mit einem geringen Anteil am eigentlichen Gebirge sind die Allgäuer Alpen mit dem Gipfel Widdersteins erfaßt. Genauere Unterlagen können auf Seite 8 der genannten Literaturstelle entnommen werden.

Bei einer Einteilung in Talschaften und Gewässer ist für das Land Vorarlberg hervorzuheben, daß die insgesamt 22 mittleren bis großen Gewässer ein Netz von Bächen und Flüssen darstellen. Als Hauptfluß ist der Rhein zu nennen. Als sehr kleiner Bach ist die Rells, die ein linker Seitenfluß der Ill ist, zu erwähnen. Dieses Tal ist 5 km lang. Insgesamt kommen zu diesen Gewässern noch 12 Seen, wobei der größte See der Bodensee ist. Von diesen 12 Seen sind nur vier natürlich. Dies sind der Bodensee, der Formarinsee, der Zürsersee und der Körbersee.

Die Gliederung des Landes erfolgt auch in verschiedene Täler. Als größte Talschaft ist der Bregenzerwald - das Tal der Bregenzer Ache - zu erwähnen, die mit sehr langen Seitentälern z.B. der Subersach ein mächtiges Abflußgeschehen, aber auch ein dominierendes Geschehen für topoklimatische Effekte (z.B. Kaltluftseen) darstellt. Das Alpenrheintal wird von Vorarlberg nur zu einem gewissen Anteil bedeckt. Bezüglich der Talwinde ist vom Bodensee bis Sargans (wo sich eine Bifurkation von zwei Tälern abzeichnet) ein entsprechendes Strömungs- und Zirkulationsregime gegeben. Als drittes großes Tal ist das Tal der Ill mit den Talschaften Walgau und Montafon zu erwähnen, das zwischen Feldkirch und Partenen eine Länge von rund 50 km aufweist.

Bezüglich der Talbreiten und Tallängen gibt es in Vorarlberg keine Angaben, auch keine über die Mäanderanzahl im Sinne des Formenschatzes, so daß auf weitere Detaillierungen verzichtet werden muß.

Des weiteren kann Vorarlberg aufgrund der Siedlungsstruktur in Siedlungsräume eingeteilt werden. Ganz Vorarlberg wird entsprechend der Abbildung auf Seite 33 der genannten Publikation in elf Siedlungsräume gegliedert. Den größten Siedlungsraum stellt wieder der Bregenzerwald dar, der von der Quelle der Bregenzerache bis etwa Alberschwende reicht. Als kleinster Siedlungsraum ist das Laternsertal zu erkennen, das mit einer Fläche von 44 km<sup>2</sup> rund 1,7% der Landesfläche entspricht.

Markante Einzelgipfel in den einzelnen Gebirgen sind im Walserkamm der Hochgerach, in den Allgäuer Alpen der Widderstein, im Lechquellengebirge die Rote Wand, im Verwall das Hochjoch, im Rätikon die Schesaplana, in der Silvretta der Piz Buin.

## 6 Zum Bearbeitungsumfang

Die Klimatographie Vorarlbergs umfaßt eine Reihe von Klimafaktoren oder Klimaelementen, welche im einzelnen oder auch in Kombination bearbeitet wurden. Die Einzelbearbeitung von Klimaelementen stand in der Bearbeitungsperiode 1997/98 im Vordergrund. Zusammenhängende Bearbeitungen ergaben sich in den Kapiteln Verdunstung, Feuchte (Schwüle) sowie im Kapitel Kombinierte Größen (Kapitel 10). Außerdem wurden Kombinationen dort angesetzt, wo sie der Natur des Klimas entsprechen, wie dies beim Wind der Fall ist. Die erste Stufe der Bearbeitung mit insgesamt neun Kapiteln (mit Klimaelementen) ist umfangreich ausgefallen. Für einzelne Kapitel wurden flächendeckende Kartendarstellungen angefertigt, wobei mit Hilfe von vertikalen Profilen bzw. der Zonierung von Vertikalprofilen (z.B. sind in der Niederschlagskarte drei Niederschlagsregionen ausgewiesen, welche unterschiedliche Vertikalprofile haben) eine Darstellung erfolgte, welche den orographischen Verhältnissen des Landes weitgehend entspricht.

Es ist davon auszugehen, daß durch detaillierte Analysen und unter Beiziehung von atmosphärischen Modellen sowie unter Berücksichtigung der Landnutzungssituation (Wiesenbestand, Waldbestand, Ackerfläche, Siedlungsfläche usw.) ein modifiziertes Bild der klimatischen Verhältnisse entstehen kann. Dieser Ausblick auf künftige Bearbeitungsstrukturen wird sich aus den Detailfragen ergeben, welche für die verschiedenen Abteilungen im Rahmen der Landesregierung bestehen. Die Anzahl der verschiedenen GIS-Karten umfaßt insgesamt 68 Stück, welche sich zum Teil im GIS-Pool des Landes Vorarlberg und zum Teil im Umweltinstitut befinden.

Die Berechnungen für die spezifischen Themenkreise wurden anhand von jährlichen, monatlichen und täglichen Mittelwerten ausgeführt. Dabei wurde auf die tagesperiodischen Prozesse (z.B. Temperaturtagesgang) und die jahresperiodischen Prozesse (z.B. Niederschlagsjahresgang) vorrangig Bedacht genommen. Im Regelfall sind für jeden Standort statistische Kennzahlen errechnet worden. Diese beziehen sich einerseits auf die mittleren Verhältnisse (Mittelwert), andererseits auf die Schwankungen (Maximum, Minimum, Standardabweichung, Perzentile) über den Bezugszeitraum. Diese Kennzahlen wurden in Tabellen zusammengestellt und für eine maximal mögliche Anzahl von Orten in Vorarlberg aufgelistet.

Tabelle 6.1: Übersichtstabelle zu Datenkollektiven und Bearbeitungsgrad

Kapitel	1	2	3	4	5
Element	Lufttemperatur	Luftfeuchte	Bewölkung Nebel	Niederschlag Gewitter	Schnee Gletscher
Orte	15 bis 32	12 bis 21	13 bis 19	55 bis 106	14 bis 49
Kennzahlen	20	6	3 bis 13	7 bis 44	36
Karten	18	4	7	12	6
Lange-Reihen	3	0	2	3	10
Kommentar	Heiztage	Enthalpie	Andauer	Wahrscheinlichkeit	Wahrscheinlichkeit

Kapitel	6	7	8	9	10
Element	Verdunstung	Luftdruck	Wind	Sonnenscheindauer, kurzw. Einstrahlung	Kombinationen 2 bis 3-fach
Orte	10	7	4 bis 18	8 bis 17	3 bis 12
Kennzahlen	2 bis 10	6	22	15	8 bis 22
Karten	1	0	2	2+16	0
Lange Reihen	0	2	0	4	0
Kommentar	auch Vegetation	Lange Datenreihe	2-dimension. Häufigkeit	monatsspez. Solarkataster	3-dimension. Häufigkeit

Legende: Orte ... Meßorte, Kennzahlen ... stat. Kennzahlen (Mittelwert, Extreme, Perzentile)

Die einzelnen Elemente wurden mit verschiedenen Schwerpunkten zusätzlich analysiert. Darauf weist die Kommentar-Zeile mit verschiedenen Themen hin. Bei der Temperatur wurde ein Schwerpunkt auf die Heiztage und Heizgradtage gelegt, um die Aspekte der Energieversorgung zu erfassen. Für die Techniker im Lande wurde im Kapitel Feuchte auch die Enthalpie aufgearbeitet, welche bei Kühlprozessen eine wichtige Rolle spielt. Im Kapitel Bewölkung wurde der Andauer von Tagen spezieller Klassen nachgegangen, um das Risiko bei Solaranlagen besser zu erfassen. Im Kapitel Niederschlag wurden Starkregenwahrscheinlichkeiten von vier Stationen erarbeitet. Mit dem Kapitel Schnee (5) konnte das Thema Wahrscheinlichkeit von Neuschneehöhen und ihre n-jährliche Wiederkehr im Detail untersucht werden. Die Verdunstungsberechnung erfolgt unter Einbeziehung der Verdunstung durch Pflanzen und Bäume. Beim Luftdruck findet der Leser zwei lange Zeitreihen bis 1875, die in anderen Bundesländern nicht vorhanden sind. Windrichtung und Windgeschwindigkeit wurden im Kapitel 8 als zweidimensionale Häufigkeit ausgewertet. Monatliche Kennzahlen zur Sonneneinstrahlung mit Einbeziehung von Bergschatten und Bewölkung für ein feines Gitter wurde im Solarkataster erarbeitet. Als Beispiel für 3-dimensionale Häufigkeiten sind Niederschlag in Abhängigkeit von regionaler Windrichtung und Windgeschwindigkeit aus dem Kapitel 10 zu nennen.

Aus den mittleren Verhältnissen wurden für die Klimakarten häufig Regressionsbeziehungen mit der Seehöhe abgeleitet. Diese Regressionen waren öfters für das ganze Land einheitlich; in einigen Fällen wurde das Landesgebiet in zwei bzw. drei Subregionen aufgeteilt. Die Abhängigkeit von der Seehöhe wurde bei einigen Klimatelementen durch mehrschichtige Regressionsmodelle wiedergegeben. Aufgrund dieser Regressionen konnten die insgesamt 68 Klimakarten erstellt werden. Sie stellen ein Novum dar, da das technische Hilfsmittel GIS (Geographisches Informationssystem) zu früheren Zeiten nicht verfügbar war. Mit Hilfe der mathematischen Beziehungen wurden die physikalischen Verhältnisse (Klimakennzahlen) auf Flächenelemente umgelegt. Die Flächenelemente haben die Ausmaße 250 m x 250 m und stellen eine praktikable Lösung zwischen der Genauigkeit der langjährigen Durchschnittswerte und den Limits der Einflüsse des lokalen Klimas (Bodentyp, Landnutzungsform, Relief etc.) dar.

Außerdem wurde in einer ersten Erweiterung des Kapitels Sonnenschein und Einstrahlung ein Solarkataster in einem Anhang zusammengestellt. Diese detaillierte Analyse zum Strahlungsinput und zum Sonnenschein bei verschiedenen Bewölkungskategorien war ein wesentlicher Pfeiler für mögliche weitere Analysen, da die Energie (Sonneneinstrahlung) für die physikalischen Prozesse in der Atmosphäre von besonderer Wichtigkeit ist.

Bei der Kultivierung des Landes für den Ackerbau und die Weidewirtschaft, bei der Raumnutzung durch die Zivilisation stehen auch die Rahmenbedingungen für Bauten und technische Einrichtungen im Vordergrund. Für eine bessere Orientierung wurde nachfolgende Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 6.2:  
Zusammenhänge zwischen Klima und Technik

Anwendungsbeispiele: Materialprüfung

Klimaabhängige Stoffe und Betriebsvorgänge	Wirksame meteorologische Elemente und Faktoren	Auswirkungen und Zusammenhänge
Metalle Steine Holz Anstriche Kunststoffe Geräte	Strahlung Lufttemperatur Luftfeuchtigkeit Luftbeimengungen Niederschlag Wind Tau	Verwitterung Korrosion Klimaschutz Imprägnierung Prüfklimate

Anwendungsbeispiele: Energiewirtschaft

Klimaabhängige Stoffe und Betriebsvorgänge	Wirksame meteorologische Elemente und Faktoren	Auswirkungen und Zusammenhänge
Kraftwerke auf fossiler Basis Kernkraftwerke Wasserkraftwerke Windkraftwerke Sonnenkraftwerke	Temperatur und Windschichtung der unteren Atmosphäre Austausch Niederschlag Verdunstung Windgeschwindigkeit Sonnenscheindauer Strahlungsintensität	Ausbreitung von Gasen, Stäuben und radioaktiven Stoffen thermische Belastung der Atmosphäre und Gewässer Klimaänderung Gebietsniederschläge Wind- und Sonnenenergie Standortwahl

Anwendungsbeispiele: Elektrotechnik

Klimaabhängige Stoffe und Betriebsvorgänge	Wirksame meteorologische Elemente und Faktoren	Auswirkungen und Zusammenhänge
Übertragungssysteme (Freileitungen, Masten, Kabel) elektrische Maschinen und Geräte Fernmeldetechnik	Windgeschwindigkeit Vereisung Schnee Gewitter Niederschlag Nebel Tau Luftverunreinigung Temperatur- und Feuchteschichtung	Winddruck Eis- und Schneebelastung für Standfestigkeit Energieverlust durch Korona und Isolatorüberschläge Schwitzwasserbildung Ausbreitung elektromagnetischer Wellen Prüfklimate

Anwendungsbeispiele: Bauwesen

Klimaabhängige Stoffe und Betriebsvorgänge	Wirksame meteorologische Elemente und Faktoren	Auswirkungen und Zusammenhänge
Tiefbau Hochbau Brückenbau Bauen im Winter	Bodentemperatur und -feuchte Wind, Eis, Schnee Böenverteilung und -struktur Lufttemperatur Niederschlagswindrosen Eis-, Frost-, Nieder- schlagstage Schneedecke	Frostsichere Gründungstiefe Isolierungsarbeiten Böenstruktur und Eigenschwingung Wärmeschutz Schlagregen Schlechtwettergeld

Anwendungsbeispiele: Heizungs- und Klimatisierungstechnik

Klimaabhängige Stoffe und Betriebsvorgänge	Wirksame meteorologische Elemente und Faktoren	Auswirkungen und Zusammenhänge
Bau und Betrieb von Heizungs- und Klimaanlagen Raumklima	Lufttemperatur Luftfeuchtigkeit Wärmeinhalt der Luft: (Enthalpie) Sonnenscheindauer Strahlungsintensität Wind	Heiz- und Klimaanlagen Wärmehaushalt von Räumen und Gebäuden Heizstoffkontrolle Behaglichkeitsfragen Besonnungsdauer Strahlungsintensität auf Wänden

Anwendungsbeispiele: Verkehrswesen

Klimaabhängige Stoffe und Betriebsvorgänge	Wirksame meteorologische Elemente und Faktoren	Auswirkungen und Zusammenhänge
Straßenverkehr Schienenverkehr Wasserverkehr Flugverkehr	Wind Bodentemperatur und -feuchte Nebel Erdbodenzustand Schneedecke Niederschlag	Schutzmaßnahmen gegen Seitenwind Frostschadensverhütung Straßenglätte Schneeräumung Wassergang Eisführung von Flüssen

### Anwendungsbeispiele: Stadt- und Siedlungsplanung

Klimaabhängige Stoffe und Betriebsvorgänge	Wirksame meteorologische Elemente und Faktoren	Auswirkungen und Zusammenhänge
Raumordnung Nutzungsplanung Straßenführung Grünanlage Wahl von Siedlungsgelände	Wind Temperatur Feuchtigkeit Niederschlag Bewölkung Sonnenscheindauer Luftbeimengungen	Luftverschmutzung und Klimabonitierung Nutzung örtlicher Luftzirkulation für Straßenführung Klimaänderung durch Bebauung

### Anwendungsbeispiele: Industrie

Klimaabhängige Stoffe und Betriebsvorgänge	Wirksame meteorologische Elemente und Faktoren	Auswirkungen und Zusammenhänge
Chemische Industrie Metallindustrie Holzindustrie Papierindustrie Textilindustrie	Sämtliche Klimaelemente	Standortwahl für optimales Fertigungs- und Lagerklima Beeinflussung durch Abgase und Stäube

Es ist ersichtlich, daß eine Vielzahl von nicht-linearen Wirkungen und eine große Anzahl multifaktorieller Einflußbereiche vorhanden sind.

## 7 Zusammenschau

Die Aussagen zum Klima in Bodennähe sind weitgehend erarbeitet und durch wichtige Ergänzungen aus der Troposphäre vervollständigt worden. Defizite bleiben aufgrund fehlender Datenbestände (z.B. Sondierungen in den Talregionen) oder aufgrund beschränkter Bearbeitungszeit (z.B. Bioklima) bestehen. Die Bearbeitung der Klimatographie erfolgte auf Basis des aktuellen Stands der klimatologischen Kenntnisse mit einer Orientierung zur Anwendbarkeit in physikalisch-technischen Themenkreisen.

Außerdem enthält die Klimatographie in einzelnen Kapiteln (Temperatur, Niederschlag und Schnee) Zeitreihenanalysen über 100 Jahre, welche bisher für Vorarlberg nicht oder nur vereinzelt bekannt waren. Dabei wurden nur homogenisierte Datensätze zur Darstellung gebracht. Da bei manchen Elementen (z.B. Windgeschwindigkeit) keine langjährigen Messungen oder Beobachtungen vorlagen bzw. diese nicht homogenisierbar waren, konnten nicht alle Klimaelemente als 100jährige Zeitreihen dargestellt werden.

Bezüglich anderer Zeiträume (über mehr als 100 Jahre rückwärts) existieren für Vorarlberg nur sporadische Analysen, im besonderen wird auf die im Jahre 1998 erschienene Naturchronik von Franz Fliri verwiesen.

Bedenkt man, daß die Arbeit "Wetter und Klima" von Kossina & Fliri aus den 60er Jahren stammt, ist durch eine Klimatographie mit den ausführlichen Statistiken und flächendeckenden Informationen eine massive Erweiterung der Erkenntnisse der Klimasituation im Lande Vorarlberg gegeben.

Es ist abschätzbar, daß die kleinräumigen Rechenmodelle (z.B. Kaltluftabfluß) für lokale Informationen, welche auf spezifische Wetterverhältnisse zielen, erst in den nächsten fünf Jahren erfolgreich eingesetzt und ausgeführt werden können. In Hinblick auf andere Phänomene (z.B. Schneeablagerungen, Temperaturvariationen zwischen Nord- und Südseite eines mittleren Gebirges) sind in den Fachjournalen entsprechende Näherungsgleichungen vorhanden, welche durch einen weiteren Bearbeitungsschritt der Klimadaten auf das Land Vorarlberg anzuwenden wären, wenn eine entsprechende Interessenslage gegeben ist.

Die Bearbeitung der Klimatographie erfolgte durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Abteilung Klimatologie. Sie wurde durch die kräftige Unterstützung folgender Institutionen erfolgreich abgeschlossen: Hydrographischer Dienst Österreichs, Vorarlberger Illwerke, Landeswasserbauamt, Schweizerische Meteorologische Anstalt, Deutscher Wetterdienst, Vorarlberger Kraftwerke, ZAMG - Regionalstelle für Tirol und Vorarlberg. Die leitenden und ausführenden Mitarbeiter der genannten Institutionen unterstützten das Umweltinstitut des Landes Vorarlberg in kooperativer Art und Weise.

Die Kapitel 1 bis 10 der Klimatographie von Vorarlberg stellen somit für das Land ein Pendant zu den umfangreichen geologischen Erhebungen und geologischen Karten dar, welche durch jahrzehntelange Arbeit erhoben wurden und noch in Erhebung sind. Die im Rahmen dieses Projekts erhobenen Grundlagendaten für das Land Vorarlberg liegen in einer ausreichend guten Detaillierung vor, so daß sie auch innerhalb der einzelnen, verschiedenen Verwaltungsdienste angewendet werden können.

## 8 Ergänzende und weiterführende Literatur

- Auer I., R. Böhm, H. Mohnl, 1989: Klima von Wien - eine anwendungsorientierte Klimatographie. Beiträge zur Stadtforschung, Stadtentwicklung und Stadtgestaltung, Band 20, Wien
- Auer I., R. Böhm, E. Fürst, E. Koch, W. Lipa, H. Mohnl, R. Potzmann, E. Rudel, O. Svabik, 1996: Klimatographie und Klimaatlas von Burgenland, Publ. der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien
- Auer I., R. Böhm, E. Fürst, E. Koch, W. Lipa, H. Mohnl, R. Potzmann, C. Retizky, E. Rudel, O. Svabik, 1998: Klimatographie und Klimaatlas von Oberösterreich, Beiträge zur Landeskunde von Oberösterreich, II. naturwissenschaftliche Reihe, Bd. 2 und Bd. 3, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien und OÖ Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde, Linz.
- Bayrischer Klimaforschungsverbund (Bay FORKLIM), 1996: Klimaatlas von Bayern, Verlag Lindner, München
- Blüthgen J. und W. Weischet, 1980: Allgemeine Klimageographie, Lehrbuch d. allg. Geographie, Band 2, de Greyter, Berlin, New York.
- Bobek H., W. Kurz, F. Zwittkovits, 1971: Klimatypen, Österreich-Atlas, Hrsg. Österreichische Akademie der Wissenschaften, 5. Lieferung, Freytag-Berndt und Ataria, Wien
- Büdel J., 1981: Klima-Geomorphologie, Geb. Borntraeger, Berlin, Stuttgart
- Deutscher Wetterdienst, 1953: Klimaatlas von Baden-Württemberg, 75 Karten, 9 Diagramme, Bad Kissingen
- Deutscher Wetterdienst (Hrsg), 1973: Technoklimatologie, Promet 4/73, S. 3
- Eriksen W. 1975: Probleme der Stadt- und Geländeklimatologie, Erträge der Forschung, Band 35, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt
- Ficker H., 1909: Klimatographie von Österreich, Band IV: Tirol und Vorarlberg, Gerold, Wien
- Fliri F., 1998: Naturchronik von Tirol: Tirol-Oberpinzgau-Vorarlberg-Trentino, Beiträge zur Klimatographie von Tirol, Wagner, Innsbruck
- Gensler G.A., 1978: Das Klima von Graubünden, Ein Beitrag zur Regionalklimatologie der Schweiz, Arbeitsbericht der Schweizerische Meteorologische Anstalt, Heft 77, Zürich
- Krebs N., 1922: Die Reliefenergie der Ostalpen, Peterm. Geogr. Mitt., Tafel 3
- Kossina E. und F. Fliri, 1961: Wetter und Klima, in: Ilg K.: Landes- und Volkskunde, Geschichte, Wirtschaft und Kunst Vorarlbergs, S. 95 - 133, Universitätsverlag Wagner
- Land Vorarlberg - eine Dokumentation, 1988: Eugen Ruß Verlag
- Landeshydrologie und - geologie, 1992: Hydrologischer Atlas der Schweiz, Geographisches Institut der Universität Bern, Bern.
- Schweizerische Meteorologische Anstalt: Klimaatlas der Schweiz, mehrere Teillieferungen, Verlag des Bundesamtes für Landestopographie, Wabern - Bern
- Sonnenenergie und Klimaatlas des Kantons St. Gallen, 1984: Red. METEOTEST, Hrsg.: Baudepartement des Kanton St. Gallen, Heft 1 bis Heft 5
- Strukturdaten von Vorarlberg, 1996: Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abteilung Raumplanung und Baurecht, Vorarlberger Verlagsanstalt, Dornbirn
- Trinationale Arbeitsgemeinschaft Regio-Klima-Projekt REKLIP, 1995: Klimaatlas Oberrhein Mitte-Süd, wiss. Leitung: F. Fiedler, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, IFG, Inst. für Angewandte Geowissenschaften, Offenbach, Editions Coprur, Strasbourg
- Werner. R. und H. Heim, 1997: Zur Hangneigung und Hangorientierung in Vorarlberg; Kurzbericht 05/97, Abt. Luft, Umweltinstitut des Landes Vorarlberg, unveröffentlicht.
- Werner R., 1999: Zur Reliefenergie in Vorarlberg, Arbeitsbericht 02/99, Abt. Luft, Umweltinstitut des Landes Vorarlberg, unveröffentlicht.



