



# ICRA

Institut für computergestützte Raumanalytik

Dumfarth, Gaisecker & Schwap OEG  
Alpenstraße 8 • A-5020 Salzburg  
Tel./Fax (0662) 624496  
e-mail: ICRA@aon.at

---

*Special Solutions for Spatial Problems*

## **Forschungsprojekt „Meteorologie im Nationalpark Kalkalpen“**

Endbericht zum Teilprojekt:

### **„Modellierung der räumlichen Verteilung der Lufttemperatur im Nationalpark Kalkalpen“**

E. Dumfarth (Konzeption, Durchführung, Bericht)  
T. Gaisecker (Konzeption, Durchführung)

Salzburg, Februar 1998

## Inhaltsverzeichnis

|  | Seite     |
|--|-----------|
| <b>1 Einleitung: Skizze der Problemstellung</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2 Die Datenbasis für die Interpolationen</b>  | <b>5</b>  |
| 2.1 Die langjährigen Jahres- und Monatsmittel der Lufttemperatur in der Nationalparkregion Oö. Kalkalpen | 8         |
| 2.2 Die vertikale Dimension: die Höhenabhängigkeit der Temperatur  | 13        |
| <b>3 Flächendeckende Interpolationen der mittleren Jahres- und Monatstemperaturen</b>                    | <b>18</b> |
| <b>4 Das ArcView Project „Temperatur“</b>  | <b>22</b> |
| <b>5 Literaturverzeichnis</b>  | <b>25</b> |

## Verzeichnis der Tabellen

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <u>Tab. 2.1:</u> | „Nearest Neighbor“-Statistik für das Meßnetz der Lufttemperatur in der Nationalparkregion Oö. Kalkalpen   | 7  |
| <u>Tab. 2.2:</u> | langjährige Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (Grad Celsius) an den Stationen des Meßnetzes in der Nationalparkregion (Periode 1961 bis 1990) | 9  |
| <u>Tab. 2.3:</u> | Die mittels linearer Regressionsanalyse berechneten Höhengradienten   | 17 |

## Verzeichnis der Abbildungen

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <u>Abb. 2.1:</u> | Das Geländemodell der Nationalparkregion Oö. Kalkalpen   | 5  |
| <u>Abb. 2.2:</u> | Das Stationsnetz in der Nationalparkregion Oö. Kalkalpen   | 6  |
| <u>Abb. 2.3:</u> | langjährige Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (Grad Celsius) an den Stationen des Meßnetzes in der Nationalparkregion  | 10 |
| <u>Abb. 2.4:</u> | langjährige Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (Grad Celsius) an den Stationen des Meßnetzes in der Nationalparkregion  | 12 |
| <u>Abb. 2.5:</u> | Korrelationsdiagramme (mit Regressionsgerade) der langjährigen Monats- bzw. des Jahresmittel der Lufttemperatur an den Stationen des Meßnetzes in der Nationalparkregion           | 16 |
| <u>Abb. 3.1:</u> | Die wegen der hohen Korrelation zwischen Seehöhe und Temperatur bestehende Ähnlichkeit der beiden aus den Stationswerten interpolierten Oberflächen „Seehöhe“ und „Lufttemperatur“ | 19 |

## 1 Einleitung: Skizze der Problemstellung

Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur zählen zu jenen Klimaelementen, die besonders häufig zur klimatischen Charakterisierung eines bestimmten Gebietes herangezogen werden. Die Kenntnis über ihre räumliche Verteilung kann neben dieser allgemeinen Charakterisierung auch beispielsweise für zahlreiche Anwendungen in den Bereichen von Ökologie und Botanik herangezogen werden. Insbesondere gilt dies in Hinblick auf die geplante und teilweise bereits durchgeführte Naturrauminventar des Nationalparks Oö. Kalkalpen.

Temperaturmittelwerte werden auf Basis langjähriger Messungen an bestimmten Positionen berechnet. Somit sind Informationen für einen bestimmten Wert, dem Temperaturmittel eines bestimmten Monats, nur für eine begrenzte Anzahl von „Punkten“ (Meßstationen) zugänglich. Räumlich differenzierte Aussagen sind auf dieser Grundlage nur sehr grob und stark generalisierend möglich. Sollen Aussagen über den gesamten Bereich eines bestimmten Gebietes getroffen werden, muß die nur punktuell vorliegende Information auf die Fläche dieses Gebietes umgelegt werden. Solche Umlegungen (Interpolationen) sind grundsätzlich nichts Neues. Bis vor wenigen Jahren erfolgten sie auf Basis der empirisch erhobenen Meßdaten, unter Zuhilfenahme eines Höhenlinienplanes und Berufung auf das klimatologisch-meteorologische Prozeßverständnis des Bearbeiters. Dabei wird das an sich kontinuierliche Phänomen der Temperaturverteilung sozusagen „künstlich“ auf mehr oder minder viele Klassen reduziert.

Mittels Geographischer Informationssysteme stehen aber nunmehr jene Werkzeuge zur Verfügung, die dem Anspruch des Phänomens (Monatsbeziehungsweise Jahresmittel der Lufttemperatur) als kontinuierliche Verteilung von Werten über die Landschaft, im gegenständlichen Projekt jener des Nationalparks Oö. Kalkalpen, in höherem Maße gerecht werden. Darüber hinaus können die derart erstellten (fast)kontinuierlichen Oberflächen mit anderen räumlichen Datenschichten verschnitten oder in Hinblick auf andere Phänomene, beispielsweise die Dauer der Vegetationsperiode in verschiedenen Höhenzonen, analysiert werden.

Eine besondere Herausforderung in Hinblick auf eine flächendeckende Interpolation des Jahres- und der Monatsmittel der Lufttemperatur im Nationalpark Oö. Kalkalpen stellt das sehr dünne und weitmaschige Meßnetz für Lufttemperaturwerte dar. In der Nationalparkregion besteht es aus nur 20 Stationen. Darüber hinaus sind im Vergleich zu den höheren Lagen die



Talstationen stark überrepräsentiert. Eine herkömmliche „horizontale“ Interpolation ist angesichts dieser geringen Stützpunktdichte und der ungünstigen vertikalen Verteilung der Stationen sinnvoll nicht durchführbar. Um dennoch plausible Ergebnisse erzielen zu können, muß daher neben den empirisch dokumentierten Meßwerten der Lufttemperatur auf zusätzliche Information zurückgegriffen werden. Diese Information steht in Form des digitalen Geländemodells mit einer Informationsdichte von einem Meßwert (Seehöhe) alle 50 Meter (in x- und y-Richtung) zur Verfügung.

Auch bei Einsatz eines Geographischen Informationssystems erfolgt auf Basis der empirischen Meßwerte und unter Einbeziehung spezifischer statistischer Methoden eine Umlegung (Interpolation) auf die Fläche. Durch eine Verknüpfung von Regressionsanalyse und horizontaler Interpolation der vorhandenen Meßdaten mit anderen Faktoren (Nachbarschaftsbeziehungen, Topographie beziehungsweise Seehöhe) wird eine realitätsnahe Modellierung der Lufttemperatur für jeden Bereich des Nationalparks angestrebt. Damit wird nicht von vornherein der Anspruch erhoben, daß derart erstellte Interpolationen im Gesamten oder im Detail von höherer Qualität sind als jene, die von kundigen Sachbearbeitern sozusagen „händisch“ erstellt werden. Im Gegensatz zu diesen fließen aber in die GIS-gestützte Interpolation nur Annahmen beziehungsweise Methoden ein, die intersubjektiv nachvollziehbar sind. Dadurch können die erzielten Ergebnisse unabhängig vom Bearbeiter beliebig reproduziert werden.

## 2 Die Datenbasis für die Interpolationen

Als unverzichtbare Datengrundlagen für die Interpolation des Jahresbeziehungsweise der Monatsmittel der Lufttemperatur dienen das Geländemodell des Nationalparks Oö. Kalkalpen sowie die empirisch erhobenen Meßdaten der Lufttemperatur.

Das Geländemodell steht in einer räumlichen Auflösung von 50 Meter zur Verfügung. Es beinhaltet dabei nicht nur den Nationalpark Kalkalpen, sondern auch dessen weitere Umgebung (siehe **Abbildung 2.1**: Das Geländemodell der Nationalparkregion Oö. Kalkalpen).



Abb. 2.1: Das Geländemodell der Nationalparkregion Oö. Kalkalpen.

Seine räumlichen Auflösung beträgt 50 Meter. Die Darstellung erfolgt als „schattiertes“ Relief mit einem Lichteinfall aus horizontal 135 Grad und vertikal 45 Grad. Die gleichmäßig hellgrauen Flächen im Süden befinden sich außerhalb des Landes Oberösterreich.



Wie der **Abbildung 2.2** entnommen werden kann, liegt die große Mehrzahl der Meßstationen in zum Teil nicht unbeträchtlicher Entfernung vom Nationalpark. Innerhalb seiner Grenzen oder im unmittelbaren Umfeld sind nur 4 Stationen positioniert: Zöbelboden (950m Seehöhe), Bodinggraben (640m Seehöhe), Hagler (1550m Seehöhe) und Rettenbach (610m Seehöhe).

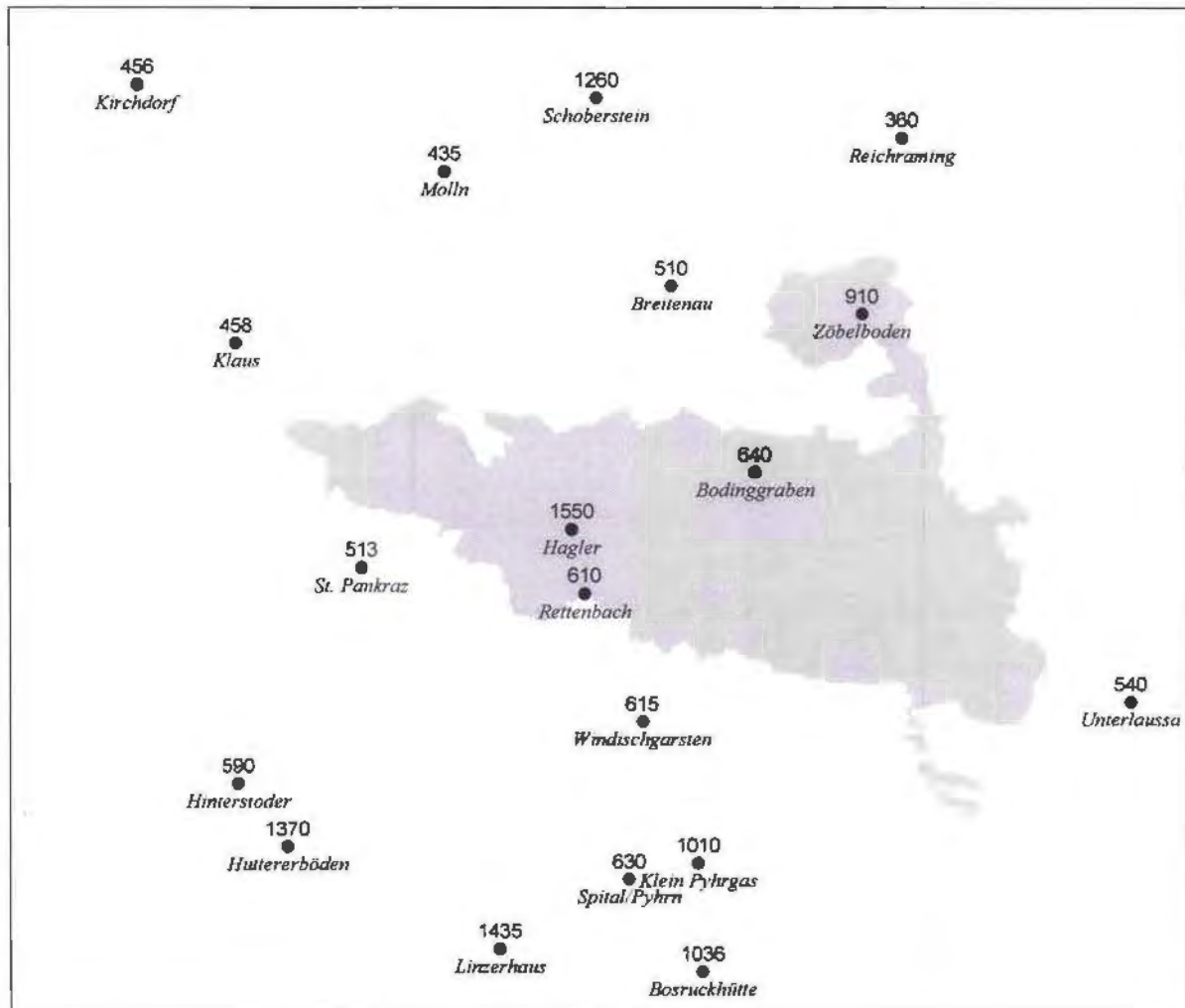


Abb. 2.2: Das Stationsnetz in der Nationalparkregion Oö. Kalkalpen.

Schwarze Punkte ● markieren die Positionen der Meßstellen. Die Zahl über den Punkten gibt die Seehöhe der jeweiligen Station an. Die grau hinterlegten Flächen entsprechen dem Gebiet des Nationalpark Oö. Kalkalpen.

Das Stationsnetz ist daher ausgesprochen weitmaschig, womit bereits eines der Probleme in Hinblick auf die räumliche Interpolation der Meßwerte angesprochen ist. Die geringe Dichte an Stationen im Bereich des Nationalparks, ihre großen Abstände zueinander – die mittlere Distanz beträgt nahezu 6 Kilometer (siehe **Tabelle 2.1**: „Nearest Neighbor“-Statistik für das Meßnetz der Lufttemperatur in

der Nationalparkregion Oö. Kalkalpen) – stellen eine herkömmliche ausschließlich „horizontale“ Interpolation mit dem Ziel einer räumlich fein differenzierenden Beschreibung des Phänomens Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur vor nahezu unüberwindliche Probleme.

Tabelle 2.1: „Nearest Neighbor“-Statistik für das Meßnetz der Lufttemperatur in der Nationalparkregion Oö. Kalkalpen

POINT DISTRIBUTION STATISTICS  
of file station.dat

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| Number of points               | 19         |
| Area of map                    | 996369700  |
| Density of points              | 0.00000    |
| Expected mean distance (Delta) | 3620.79102 |
| Observed mean distance (Dbar)  | 5787.28275 |
| Expected std error of Dbar     | 446.10421  |
| Nearest Neighbour Value (R)    | 1.59835    |
| Z statistic                    | 4.85647    |

Daran knüpft sich als zusätzliches Problem die ungünstige Konzentration der Stationen auf die im allgemeinen leichter zugänglichen Talräume. Von den 20 Stationen in der Nationalparkregion liegen nur 6 oberhalb von 1000 Meter Seehöhe. Von den verbleibenden 14 Stationen sind 4 zwischen 360 und 510 Meter Seehöhe positioniert und 9 gehäuft innerhalb des schmalen Gürtels zwischen 510 und 640 Meter Seehöhe. Somit existiert für diesen nur 130 Meter umfassenden Höhenbereich eine starke Überrepräsentierung, während die anschließende Höhenzone von 640 bis 1010 Meter Seehöhe nur mit einer einzigen Station (Zöbelboden in 910 Meter Seehöhe) vertreten ist.

Das beobachtete Phänomen Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur hat eine ausgesprochen stark entwickelte Bindung an die Höhenlage (siehe **Kapitel 2.2**). Dies verschärft zusätzlich die Problematik einer einfachen horizontalen Interpolation. Die zu schätzenden Werte können nunmehr nicht einfach auf Basis der Werte benachbarter Datenpunkte (Meßstationen) bestimmt werden, da gerade das verhältnismäßig schroffe Gelände der Nationalparkregion auch kleinräumig rasch wechselnde Seehöhen aufweisen kann. Eine bloße horizontale Interpolation könnte, angesichts des schütterten Meßnetzes und abgekoppelt von der örtlichen



Seehöhe, die dadurch bedingten Wertänderungen nicht adäquat nachvollziehen. Somit ist die horizontale Interpolation für sich alleine genommen ungeeignet das Phänomen des Jahres- und der Monatsmittel der Lufttemperatur angemessen zu beschreiben.

## **2.1 Die langjährigen Jahres- und Monatsmittel der Lufttemperatur in der Nationalparkregion Oö. Kalkalpen**

Die empirische Grundlage für eine Interpolation kontinuierlicher Temperaturoberflächen bilden die Meßdaten der Lufttemperatur. Diese wurden als langjährige Mittel aus den Werten der 30jährige Periode 1961-1990 berechnet.

Zusätzlich zu den im Umfeld des Nationalpark befindlichen Stationen werden für die a-räumliche Analyse die Meßwerte der Stationen Feuerkogel und Krippenstein beigezogen. Dies erfolgt in Hinblick auf die vertikale Komponente des Phänomens, die Bestandteil der in **Kapitel 3** dargelegten Methode zur flächendeckenden Interpolation ist. Hingegen konnten diese beiden Stationen nicht in die horizontalen Komponente der Interpolation einbezogen werden – zu groß ist ihre räumlichen Distanz zur Nationalparkregion und dessen Stationsnetz.

Die **Tabelle 2.2** enthält für die dort aufgeführten Stationen die empirisch belegten Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur sowie die Seehöhen der einzelnen Stationen. Die Werte wurden von den Meteorologen des Forschungsprojektes „Meteorologie im Nationalpark Kalkalpen“ (G. MAHRINGER, M. BOGNER und T. LEHNER) gesammelt beziehungsweise aus verschiedenen Quellen kompiliert. Eine inhaltlich/meteorologische Interpretation wurde von den genannten Personen bereits vorgenommen. An dieser Stelle wird darauf nur insoweit eingegangen, als die Ergebnisse für die Zwecke der räumlichen Interpolation unmittelbar von Belang sind.

Tabelle 2.2: langjährige Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (Grad Celsius) an den Stationen des Meßnetzes in der Nationalparkregion (Periode 1961 bis 1990)

| Station         | SH   | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X   | XI   | XII  | I-XII |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-------|
| Bodinggraben    | 640  | -5,2 | -2,3 | 1,0  | 5,4  | 10,5 | 13,0 | 14,5 | 14,2 | 11,3 | 6,8 | 0,5  | -3,1 | 5,6   |
| Bosruckhütte    | 1036 | -3,6 | -3,7 | -0,3 | 3,5  | 8,6  | 10,8 | 12,8 | 12,2 | 10,1 | 6,1 | 0,9  | -2,6 | 4,6   |
| Breitenau       | 510  | -3,7 | -1,0 | 2,4  | 7,1  | 11,9 | 14,5 | 16,0 | 15,2 | 12,4 | 7,7 | 2,2  | -2,0 | 6,9   |
| Feuerkogel      | 1618 | -3,7 | -3,8 | -2,0 | 1,1  | 5,7  | 8,6  | 10,8 | 10,9 | 8,8  | 5,8 | 0,3  | -2,5 | 3,3   |
| Hagler          | 1550 | -7,0 | -6,0 | -4,0 | -0,9 | 3,7  | 7,1  | 9,3  | 9,1  | 6,2  | 2,8 | -2,6 | -5,5 | 1,0   |
| Hinterstoder    | 590  | -3,3 | -1,3 | 2,2  | 6,8  | 12,1 | 14,9 | 16,6 | 16,0 | 12,9 | 7,7 | 2,1  | -2,4 | 7,0   |
| Huttererböden   | 1370 | -4,9 | -4,5 | -1,9 | 2,0  | 7,0  | 10,0 | 12,2 | 11,6 | 8,9  | 5,0 | -0,3 | -3,9 | 3,4   |
| Kirchdorf       | 456  | -2,1 | 0,1  | 4,0  | 8,5  | 13,3 | 16,6 | 18,3 | 17,4 | 14,0 | 8,7 | 3,1  | -0,6 | 8,4   |
| Klaus           | 458  | -2,8 | -0,7 | 2,8  | 7,5  | 12,5 | 15,2 | 17,0 | 16,5 | 13,1 | 8,5 | 2,8  | -1,4 | 7,6   |
| Klein Pyrgas    | 1010 | -1,8 | -1,3 | 1,6  | 5,2  | 10,1 | 13,1 | 15,0 | 14,6 | 11,6 | 7,9 | 2,4  | -0,9 | 6,5   |
| Krippenstein    | 2109 | -6,5 | -6,5 | -4,9 | -1,9 | 2,6  | 5,7  | 8,0  | 8,2  | 6,1  | 3,3 | -2,1 | -5,2 | 0,6   |
| Linzerhaus      | 1435 | -5,1 | -4,6 | -2,1 | 1,7  | 6,6  | 9,7  | 11,7 | 11,2 | 8,3  | 4,4 | -0,8 | -4,2 | 3,1   |
| Molln           | 435  | -2,8 | -0,5 | 3,1  | 7,8  | 12,9 | 15,5 | 17,5 | 16,7 | 13,1 | 8,3 | 2,8  | -1,4 | 7,8   |
| Reichraming     | 360  | -1,7 | 0,3  | 3,8  | 8,1  | 12,5 | 15,6 | 17,1 | 16,7 | 13,6 | 8,8 | 3,4  | -0,4 | 8,2   |
| Rettenbach      | 610  | -3,8 | -1,1 | 2,0  | 6,1  | 10,4 | 13,1 | 14,5 | 14,2 | 11,1 | 7,1 | 1,4  | -2,8 | 6,0   |
| Schoberstein    | 1260 | -3,0 | -2,5 | -0,4 | 2,9  | 8,0  | 11,0 | 13,3 | 13,1 | 10,7 | 7,1 | 1,3  | -2,0 | 5,0   |
| Spital/Pyhrn    | 630  | -2,2 | -0,6 | 2,7  | 6,9  | 11,8 | 14,6 | 16,3 | 15,7 | 12,8 | 8,5 | 2,9  | -1,1 | 7,4   |
| St. Pankraz     | 513  | -3,2 | -1,2 | 2,4  | 6,9  | 11,8 | 14,6 | 16,1 | 15,6 | 12,4 | 7,6 | 2,0  | -2,1 | 6,9   |
| Unterlaussa     | 540  | -4,1 | -1,5 | 2,2  | 6,5  | 10,9 | 14,0 | 15,8 | 15,4 | 12,2 | 7,4 | 1,7  | -2,6 | 6,5   |
| Windischgarsten | 615  | -2,6 | -0,8 | 2,7  | 7,2  | 11,7 | 14,5 | 16,3 | 15,9 | 13,1 | 8,7 | 2,8  | -1,6 | 7,3   |
| Windischgarsten | 615  | -3,0 | -0,6 | 2,7  | 7,4  | 12,0 | 14,9 | 16,5 | 16,2 | 13,1 | 8,7 | 2,5  | -1,7 | 7,4   |
| Zöbelboden      | 910  | -4,4 | -2,0 | 1,5  | 4,7  | 9,6  | 13,0 | 15,1 | 14,9 | 12,6 | 7,8 | 0,6  | -3,0 | 5,9   |

Die **Tabelle 2.2** sowie die **Abbildungen 2.3** und **2.4** zeigen einige für die räumliche Interpolation bedeutsame Charakteristika der Monats- und des Jahresmittel der Lufttemperatur. Dies bezieht sich vor allem auf den „Verlauf“ der Werte über die in verschiedener Seehöhe befindlichen Stationen sowie über die Zu- und Abnahme dieser Werte im Wechsel der Monate.

Dabei sind in den genannten Abbildungen die Stationen des Meßnetzes entsprechend ihrer Höhenlage angeordnet. Je niedriger oder höher eine Station liegt, desto weiter unten oder weiter oben ist sie entlang der Y-Achse der Graphiken positioniert. Demzufolge ist die Station Krippenstein (in 2109m Seehöhe gelegen) in den Graphiken auf der Y-Achse als erste genannt, während Reichraming (in 360m Seehöhe gelegen) als letzte Station aufgeführt wird.

Der Verlauf der Linien in der **Abbildung 2.3** formuliert in gewisser Weise in zweifacher Hinsicht eine Art „Temperaturprofil“: zum einen mit dem Fortschreiten der Monate über die Zeit, zum anderen - entlang der Y-Achse ansteigend - über die Seehöhe. Der Verlauf dieser „Profillinien“ deutet bereits an, daß in den



wärmeren Monaten des Jahres die Abnahme der Temperatur mit zunehmender Höhe ausgeprägter erfolgt als in den kalten Monaten. Die Temperaturgradienten der Sommermonate erscheinen deutlich steiler (siehe dazu **Kapitel 2.3**).

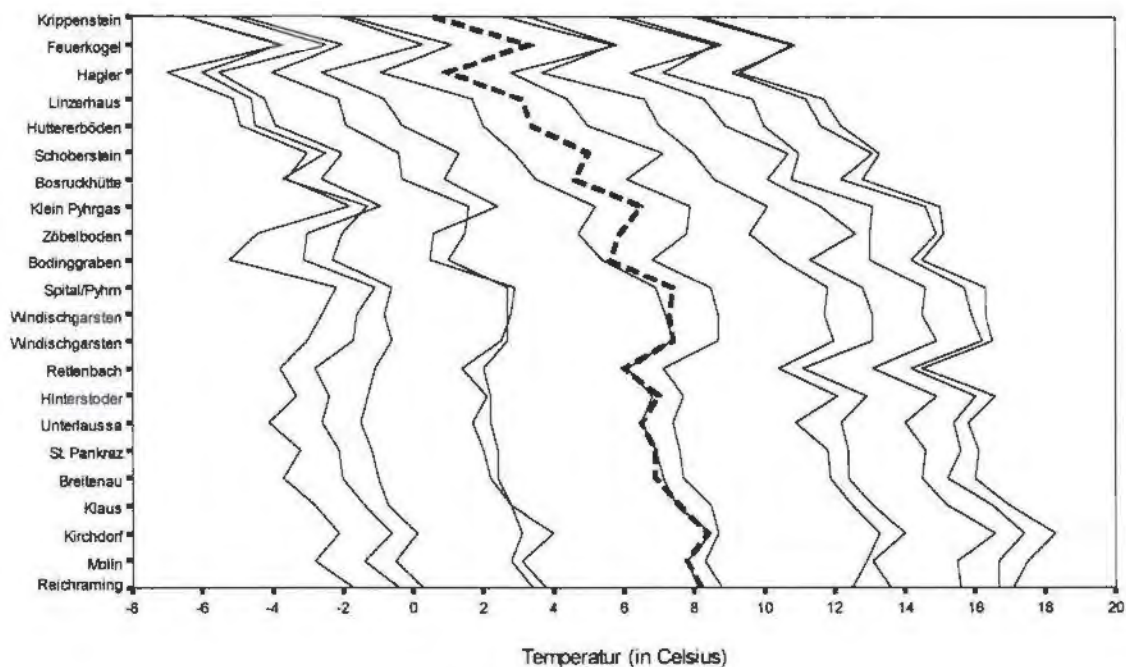
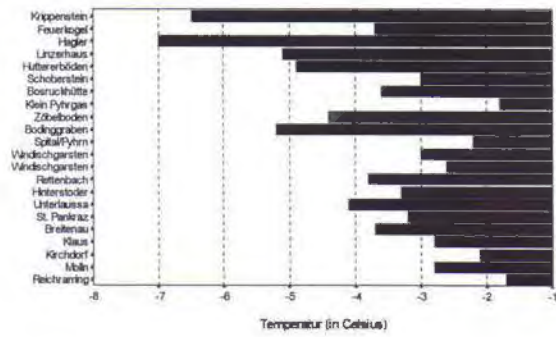


Abb. 2.3: langjährige Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (Grad Celsius) an den Stationen des Meßnetzes in der Nationalparkregion.

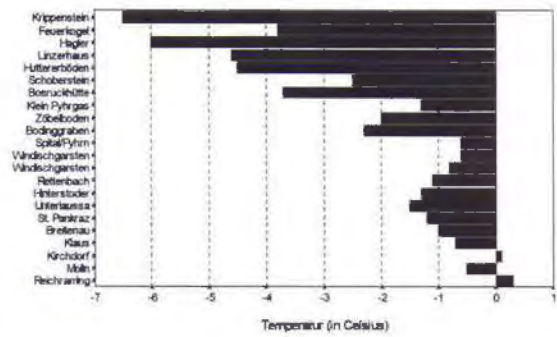
Der „Verlauf“ der Werte erfolgt über die nach ihrer Höhenlage angeordneten Stationen – beginnend mit Reichraming als der niedrigsten und endend mit Krippenstein als der höchstgelegenen Station. Die Linien bezeichnen die mittleren Monats- beziehungsweise Jahrestemperaturen. Von links nach rechts beschreiben die Linien nach den Werten der Station Reichraming den Temperaturverlauf der Monate Jänner, Dezember, Februar, November, März, April, Oktober, Mai, September, Juni, August und Juli. Die stärker durchgezogene gebrochene Linie steht für das langjährige Jahresmittel.

Sowohl aus der **Abbildung 2.3** als auch aus der detaillierten Darstellung der **Abbildung 2.4** sind in der Verteilung der Werte über die nach ihrer Höhenlage angeordneten Stationen auffällige Einbrüche im Kurvenverlauf beziehungsweise in der Höhe der Balken erkenntlich. Besonders markant kommt dies bei der Station Hagler (1550m Seehöhe) zum Ausdruck. Im Vergleich mit den Werten von Stationen „benachbarter“ Höhe, Linzerhaus (1435m Seehöhe) und Feuerkogel (1618m Seehöhe), verursacht Hagler im Verlauf der Temperaturkurve eine Art Krater, der sich in allen Monatsmitteln und dem Jahresmittel deutlich abzeichnet.

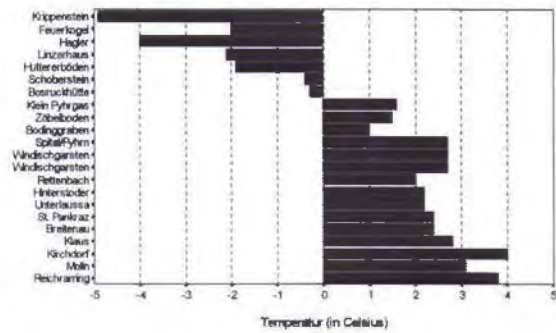




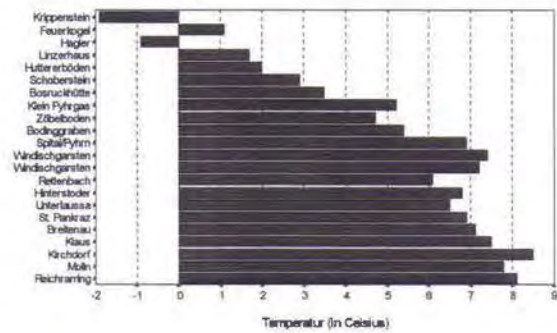
Jänner



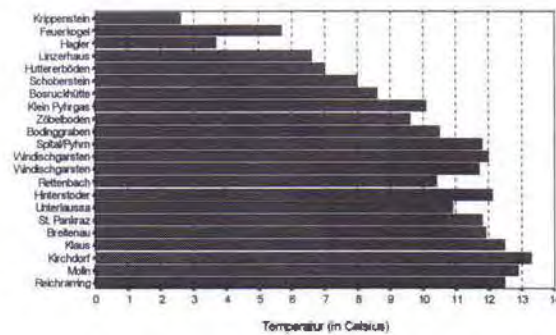
Februar



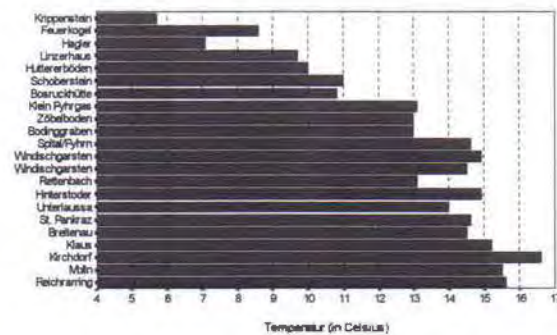
März



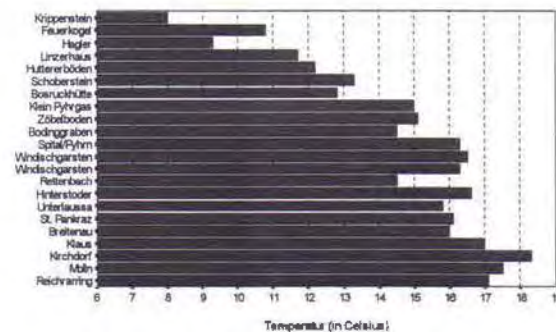
April



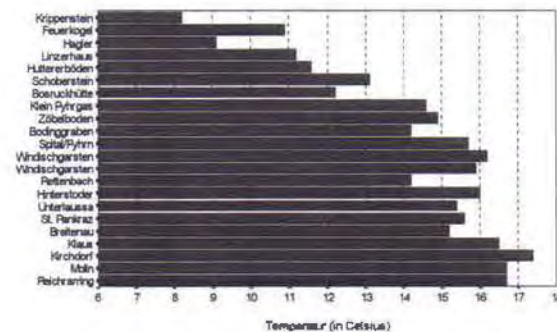
Mai



Juni



Juli



August

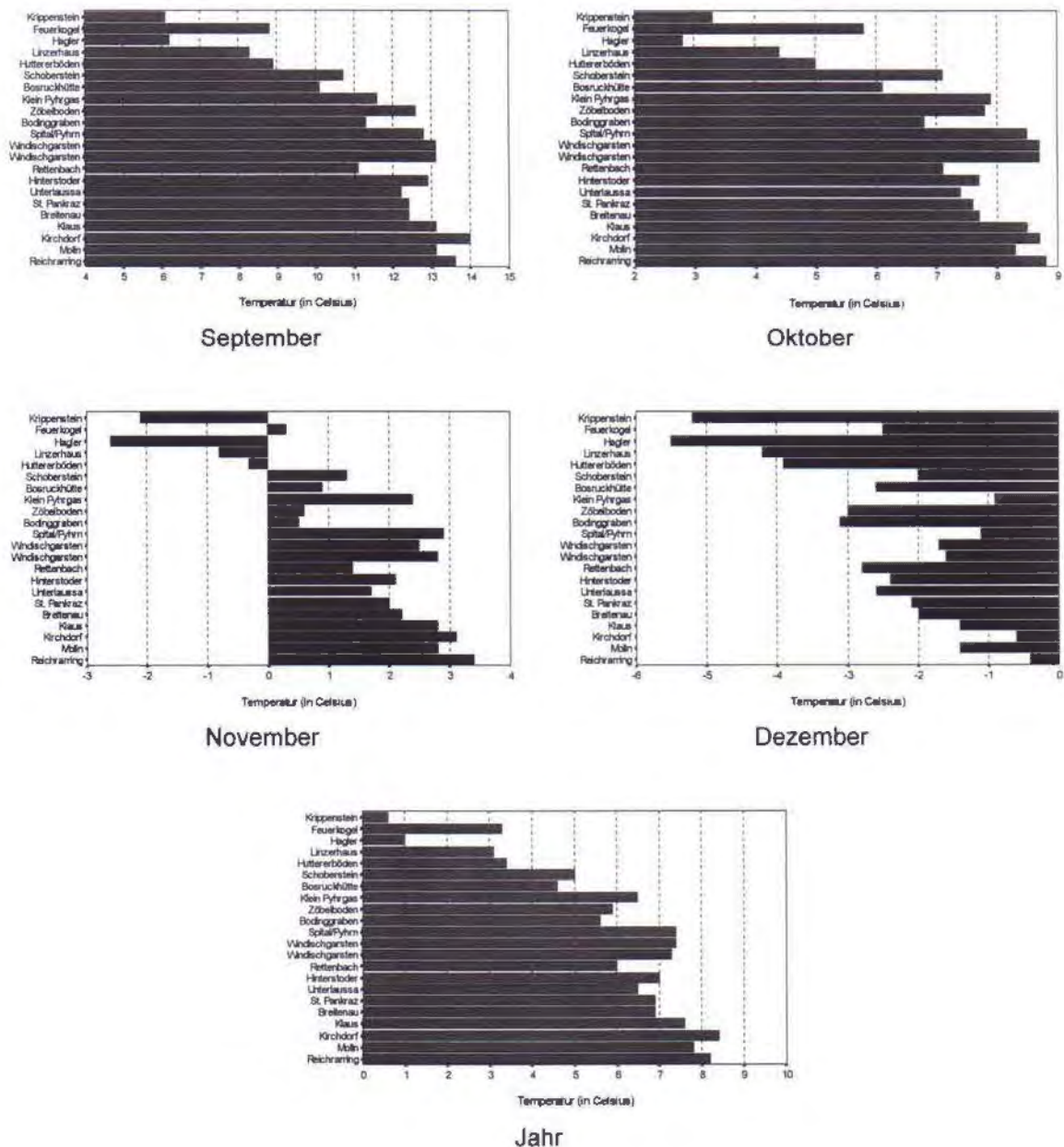


Abb. 2.4: langjährige Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (Grad Celsius) an den Stationen des Meßnetzes in der Nationalparkregion.

Die Stationen sind entsprechend ihrer Seehöhe angeordnet - beginnend mit Reichraming als der niedrigsten und endend mit Krippenstein als der höchstgelegenen Station.

Im Jänner liegt das Monatsmittel (-7,0 Grad Celsius) selbst unter jenem der um rund 560 Meter höher gelegenen Station Krippenstein (-6,5 Grad Celsius). Und noch im April, wenn alle Stationen (außer der am höchsten gelegenen Station Krippenstein) bereits positive Werte verzeichnen, hat Hagler mit -0,9 Grad Celsius ein unter dem Gefrierpunkt liegendes Monatsmittel.



Auch die Station Bodinggraben (640m Seehöhe) verzeichnet in allen Monaten mittlere Werte, die im Vergleich zu den in der Höhenlage benachbarten Stationen, Spital/Pyhrn (630m Seehöhe) und Zöbelboden (910m Seehöhe) zu niedrig sind. Dieser „Krater“ im Verlauf der Temperaturkurve in der **Abbildung 2.3** erscheint besonders in den Wintermonaten schroff entwickelt. Hingegen ist dieses Phänomen der vergleichsweise zu tiefen Monatsmittel bei der Station Rettenbach vor allem in den Sommermonaten entwickelt.

Das Zustandekommen solcher Erscheinungen dürfte wesentlich als besonderes Spezifikum der konkreten Position einzelner Meßstationen anzusprechen sein. Die im nachfolgenden **Kapitel 2.3** beschriebene äußerst starke Abhängigkeit des Jahres- und der Monatsmittel der Lufttemperatur wird somit an einigen Positionen und für einzelne Monate mehr oder minder deutlich unterlaufen. Eine nur aräumliche „vertikale“ Interpolation – etwa in Form einer Regressionsanalyse mit der Seehöhe als unabhängige und der Lufttemperatur als abhängige Variable – liefe Gefahr lokale Effekte nicht entsprechend nachvollziehen zu können.

## 2.2 Die vertikale Dimension: die Höhenabhängigkeit der Temperatur

In den vorhergehenden Kapiteln wurde bereits mehrmals auf den starken Zusammenhang zwischen Seehöhe und Temperatur hingewiesen. Optisch gute Einblicke auf das Ausmaß dieses Zusammenhanges bei den Stationen des Meßnetzes vermitteln Korrelationsdiagramme (siehe **Abbildung 2.5**: Korrelationsdiagramme der langjährigen Monats- bzw. des Jahresmittel der Lufttemperatur an den Stationen des Meßnetzes in der Nationalparkregion). Bei vollkommener Übereinstimmung würden Seehöhen und Temperaturwerte exakt an einer stetig durch das Diagramm verlaufenden Diagonale liegen. In der Realität ist aber eine solche vollkommene Übereinstimmung nicht gegeben. Daher wird bei jedem Korrelationsdiagramm Seehöhe versus Lufttemperatur die Diagonale von einer mehr oder minder gut an sie angepaßten Punktwolke flankiert.

Das Ausmaß der Übereinstimmung kann quantitativ in Form von PEARSON'S Produktmoment-Korrelationskoeffizient ausgedrückt werden. Ebenso wie beim Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN kann der Korrelationskoeffizient nach PEARSON nicht kleiner als  $-1$  und nicht größer als  $+1$  werden. Der numerische Ausdruck des Korrelationskoeffizient kann verbal wie folgt ausgelegt werden:

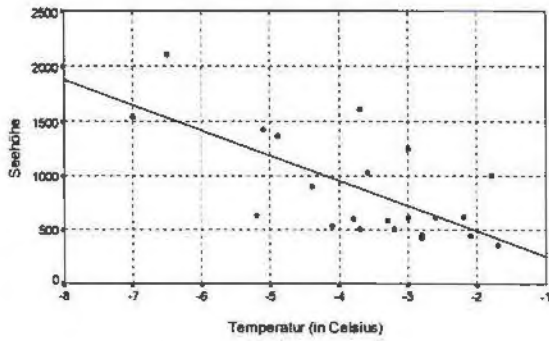


|     |   |     |   |     |                          |
|-----|---|-----|---|-----|--------------------------|
| 0   | < | $r$ | < | 0,2 | sehr geringe Korrelation |
| 0,2 | < | $r$ | < | 0,5 | geringe Korrelation      |
| 0,5 | < | $r$ | < | 0,7 | mittlere Korrelation     |
| 0,7 | < | $r$ | < | 0,9 | hohe Korrelation         |
| 0,9 | < | $r$ | < | 1   | sehr hohe Korrelation    |

Ein Wert von  $r = 0$  würde bedeuten, daß zwischen zwei Variablen kein Zusammenhang besteht. Ein Wert von  $r = +1$  hingegen impliziert eine perfekte Übereinstimmung: je größer der Wert der einen Variablen wird, desto größer wird auch der Wert der anderen Variablen. Ein Wert von  $r = -1$  hingegen hieße, daß die Werte zweier Variablen einander perfekt diametral gegenüberstehen: die Zunahme der Werte der einen Variablen hat sozusagen spiegelbildlich verkehrt die Abnahme der Werte der anderen Variablen zur Folge. Letzteres beschreibt in hohem Ausmaß das Verhältnis von Seehöhe und Temperatur. Je höher oder niedriger eine Station liegt, desto niedriger oder höher sind die dort verzeichneten Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur.

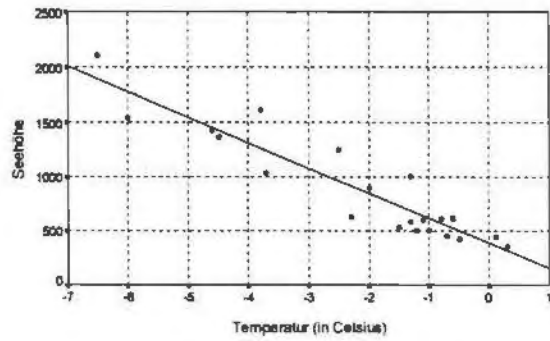
Auch in den Korrelationsdiagrammen beziehungsweise den Koeffizienten spiegelt sich die Sonderstellung der Station Hagler wieder. Vor allem in den Sommermonaten liegt deren Temperaturwert deutlich abgesetzt von der Regressionsgerade. Damit wird angezeigt, daß die dort verzeichneten Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur für diese Höhenlage (1550m Seehöhe) zu niedrig sind. Dem entsprechend ist auch der Residualabstand dieser Werte zu den Regressionsgeraden am ausgeprägtesten.

Der Ausschluß der Station Hagler aus der Korrelation, in weiterer Folge auch aus der Regressionsanalyse, bringt daher auch eine deutliche Erhöhung der Koeffizienten. Die einzigen Ausnahmen bilden die beiden Wintermonate Jänner und Dezember. Der Ausschluß von Hagler bewirkt hier eine Reduzierung des „Erklärungsgehaltes“ der Seehöhe. Die Koeffizienten sinken beim Jännermittel von  $r = -0,6764$  auf  $-0,6340$ , beim Dezembermittel von  $r = -0,7524$  auf  $-0,7255$ .



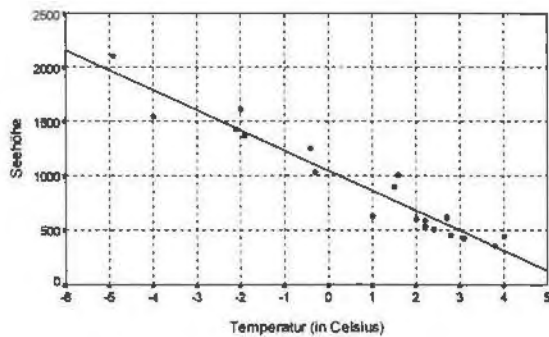
$$r = -0,6764 \text{ } (-0,6340)$$

Jänner



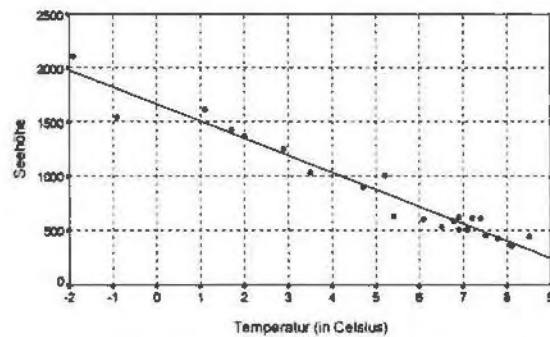
$$r = -0,9290 \text{ } (-0,9296)$$

Februar



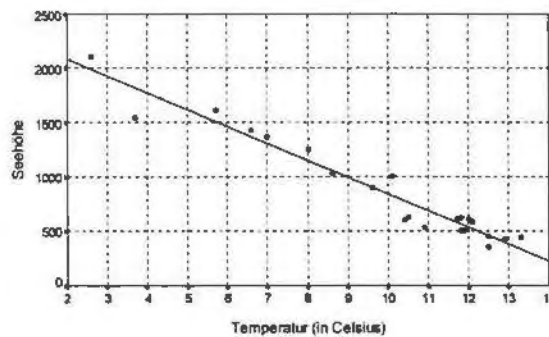
$$r = -0,9625 \text{ } (-0,9677)$$

März



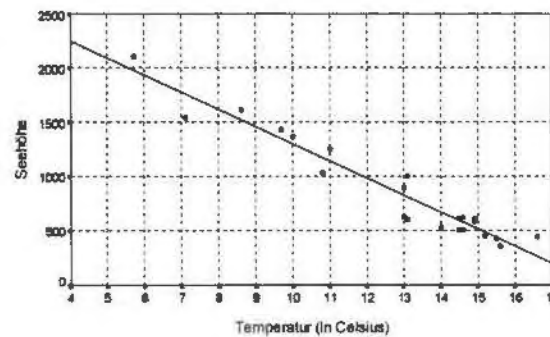
$$r = -0,9754 \text{ } (-0,9823)$$

April



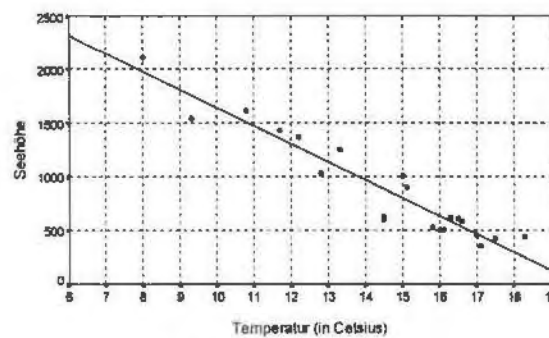
$$r = -0,9718 \text{ } (-0,9800)$$

Mai



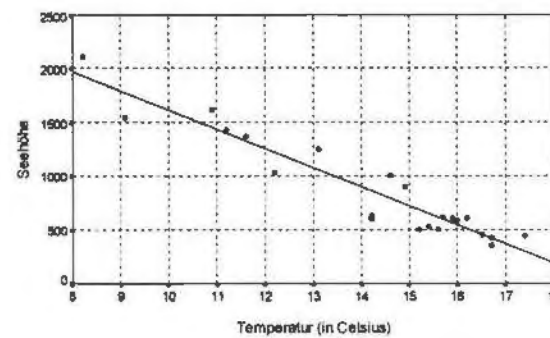
$$r = -0,9665 \text{ } (-0,9696)$$

Juni



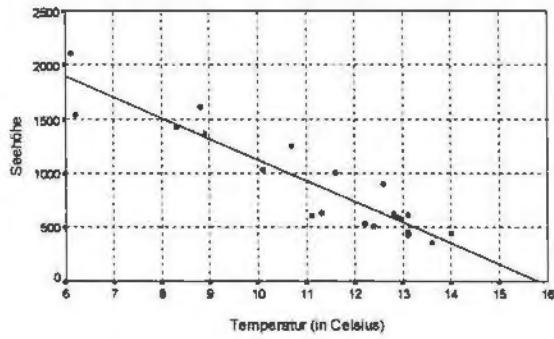
$$r = -0,9538 \text{ } (-0,9552)$$

Juli

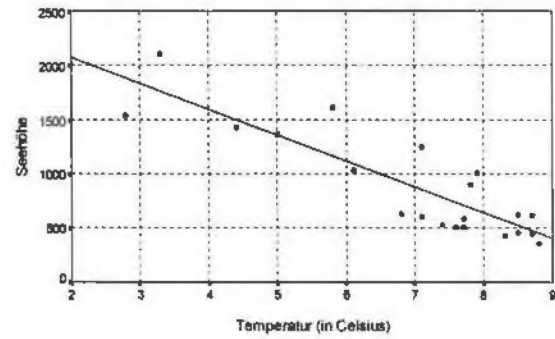


$$r = -0,9498 \text{ } (-0,9520)$$

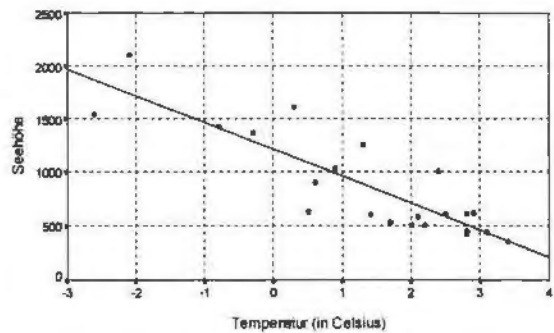
August



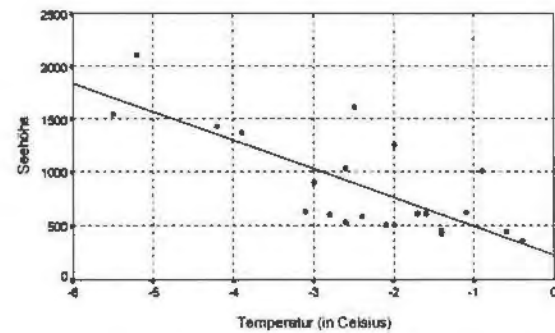
$r = -0,9275 (-0,9361)$   
September



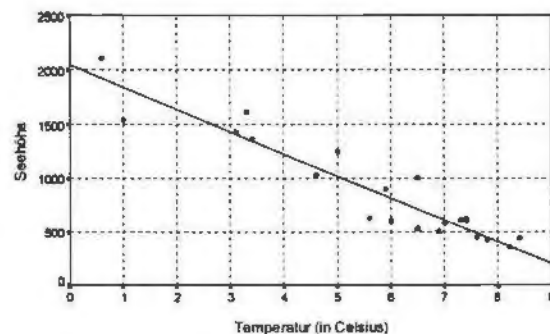
$r = -0,8723 (-0,8787)$   
Oktober



$r = -0,8640 (-0,8678)$   
November



$r = -0,7524 (-0,7255)$   
Dezember



$r = 0,9424 (-0,9504)$   
Jahr

Abb. 2.5: Korrelationsdiagramme (mit Regressionsgerade) der langjährigen Monats- bzw. des Jahresmittel der Lufttemperatur an den Stationen des Meßnetzes in der Nationalparkregion. Das Ausmaß des Zusammenhangs wird quantitativ in Form von PEARSON's Produktmoment-Korrelationskoeffizient ausgedrückt. Die Werte in Klammer entsprechen der Berechnung des Koeffizienten unter Ausschluß der Station Hagler.

Acht Monate (Februar, März, April, Mai, Juni, Juli, August, September) weisen mit Koeffizienten von über 0,9 auf eine sehr ausgeprägt vorhandene Dominanz der Seehöhe in Bezug auf die realisierten Werte der Lufttemperatur hin. Aufgrund



dieser hohen Korrelationskoeffizienten bildet im Untersuchungsgebiet die räumliche Variation des Jahres- und der Monatsmittel der Lufttemperatur die Variation der Höhenlage ab. Im besonderen gilt dies für den Monat April. Die enge Scharung der Punkte an die Regressionsgerade, der Koeffizient von  $r = -0,9754$ , bei Ausschluß der Station Hagler sogar  $-0,9823$ , verweisen auf die stärkste Anpassung der Temperatur an die Seehöhe.

Den geringsten Erklärungsgehalt hat die Seehöhe in den Monaten Jänner und Dezember, aber auch die Herbstmonate Oktober und November sind in dieser Hinsicht nicht unproblematisch. Zwar ist auch bei diesen Monaten der Einfluß der Seehöhe auf die entsprechenden Monatsmittel unübersehbar, doch ist dieser nicht mehr so stark, daß ein bestimmter Temperaturwert mit ausreichender Genauigkeit einem entsprechenden Höhenwert assoziiert werden kann.

Tabelle 2.3: Die mittels linearer Regressionsanalyse berechneten Höhengradienten

|           | Höhengradienten (durchschnittliche<br>Temperaturabnahme pro 100<br>Höhenmeter in Grad Celsius) |             |
|-----------|--|-------------|
|           | alle Stationen   | ohne Hagler |
| Jahr      | -,4344   | -,4052      |
| Jänner    | -,1978   | -,1656      |
| Februar   | -,3723   | -,3499      |
| März      | -,5012   | -,4755      |
| April     | -,6082   | -,5789      |
| Mai       | -,6124   | -,5803      |
| Juni      | -,5929   | -,5667      |
| Juli      | -,5446   | -,5188      |
| August    | -,5080   | -,4817      |
| September | -,4434   | -,4096      |
| Oktober   | -,3198   | -,2864      |
| November  | -,2973   | -,2659      |
| Dezember  | -,2123   | -,1856      |

Mittels linearer Regressionsanalyse - Stationshöhe als unabhängige Variabale, mittlere Monats- und Jahrestemperatur als abhängige Variable – lassen sich global für die gesamte Region Höhengradienten berechnen. Diese Gradienten sind der numerische Ausdruck des Gefälles der Regressionsgeraden, wie sie in den Korrelationsdiagrammen der **Abbildung 2.5** enthalten sind. Sie informieren über die von Monat zu Monat differierende durchschnittliche Temperaturabnahme bei zunehmender Seehöhe. Diese Gradienten sind auf Grund des a-räumlichen Ansatzes der Regressionsanalyse global formulierte Maße, die lokale Gegebenheiten und Variationen nicht entsprechend berücksichtigen. Trotz des

hohen Informationsgehaltes den die Seehöhe der Schätzung von Jahres- und Monatsmittel der Lufttemperatur zuzuführen versteht, bleibt dabei doch die horizontale Komponente als Ausdruck lokaler Besonderheiten unberücksichtigt. Auf deren Bedeutung und Auswirkung wurde bereits im **Kapitel 2.1** hingewiesen.

Für die Modellierung der räumlichen Verteilung der Lufttemperatur (Monats- und Jahresmittel) wurden daher einander ergänzend horizontale (lokale) und vertikale (globale) Aspekte herangezogen.

### **3 Flächendeckende Interpolationen der mittleren Jahres- und Monatstemperaturen**

„Normale“ Interpolation basiert auf „horizontaler“ Interpolation. Die Schätzung vollzieht sich zwischen einigen Datenpunkten deren Werte bekannt sind. Auf Grund des sehr schütterten Stationsnetzes ist dies in dieser einfachen Form für eine flächendeckende Interpolation der mittleren Jahres- und Monatstemperaturen nicht aussichtsreich. Um einigermaßen zuverlässige Werte erhalten zu können, ist es notwendig zusätzliche Information in die Schätzung einfließen zu lassen. Dies erfolgt durch die Ergänzung der herkömmlichen horizontalen Interpolation mit einer vertikalen Komponente. Wie im **Kapitel 2.3** ausgeführt wurde, besteht generell zwischen den Temperaturwerten und der Seehöhe der Meßstationen ein teilweise äußerst starker Zusammenhang. Die gewonnenen Maßzahlen aus Korrelation und Regression dienen der Einbringung der angesprochenen vertikalen Komponente.

Der horizontale Anteil an der Interpolation soll jene Aspekte betonen, die nicht durch die bloße Umlegung von Höhe und Temperatur einzubringen sind. Der vertikale Anteil hingegen dient dem Ausgleich des schütterten Meßnetzes und der globalen Anpassung an die Topographie.

Wegen der starken Abhängigkeit der Temperatur von der Seehöhe ähneln die aus den Stationswerten interpolierten Oberflächen von Seehöhe und Temperatur einander sehr stark (siehe **Abbildung 3.1**). Da der Zusammenhang gegensätzlich ist - eine Zunahme der Seehöhe impliziert eine entsprechende Abnahme der Lufttemperatur – bilden sich die beiden Oberflächen auch entsprechend gegensätzlich wider. Die „Berge“ der einen Oberfläche bilden die „Täler“ der anderen.



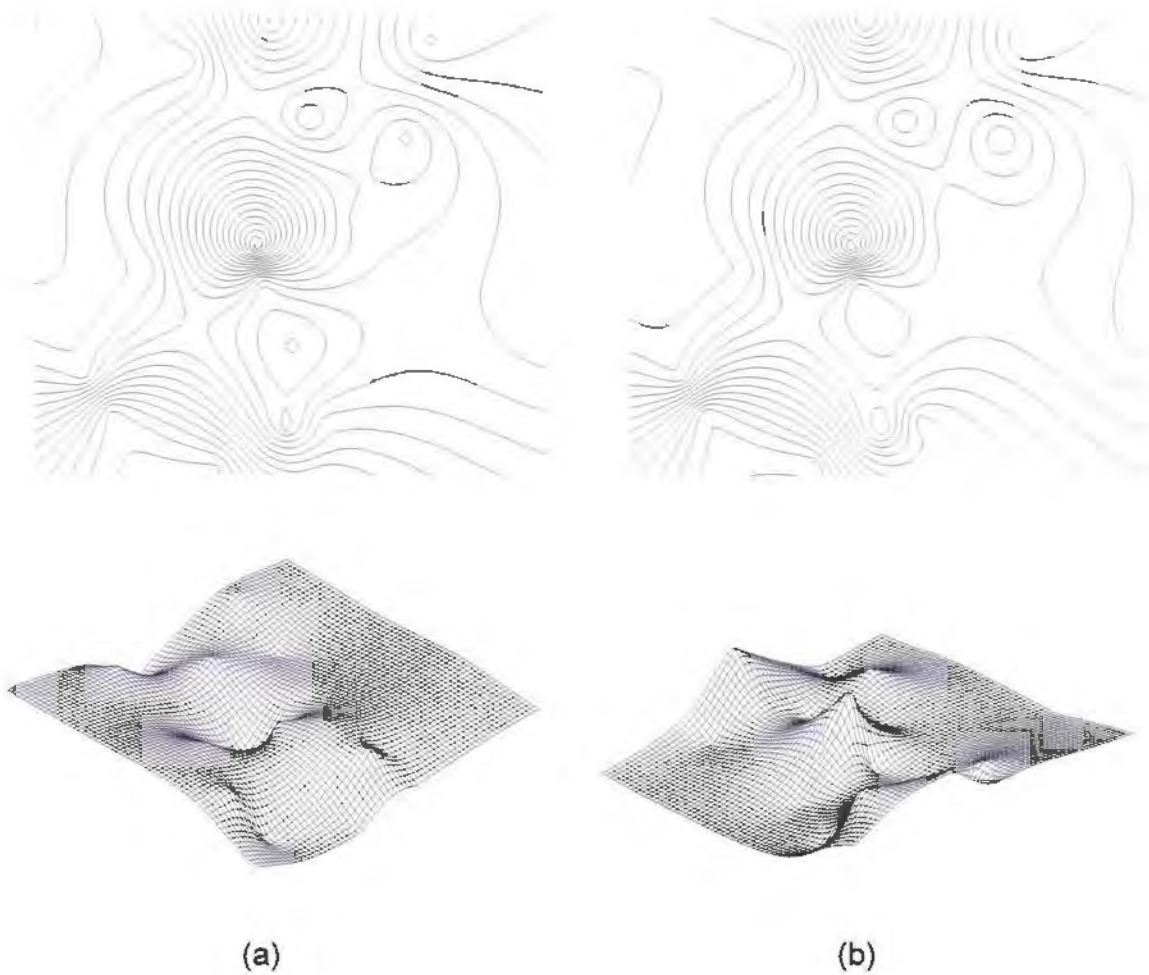


Abb.: 3.1: Die wegen der hohen negativen Korrelation zwischen Seehöhe und Temperatur bestehende spiegelbildliche Gegensätzlichkeit der beiden aus den Stationswerten interpolierten Oberflächen „Seehöhe“ und „Lufttemperatur“.

(a) Interpolation des Monatsmittel (April) der Lufttemperatur (multiquadratische Radial Basis Function,  $R^2 = 500$ ). (b) Interpolation der Seehöhe (multiquadratische Radial Basis Function,  $R^2 = 500$ ).

Für die horizontale Interpolation wurde als Interpolationstechnik eine Radial Basis Function (multiquadratisch) herangezogen. Eine ausführliche Beschreibung dieser Technik erfolgt in E. DUMFARTH (1998).

Auf Grund des schütterten Stationsnetzes ist bei den beiden interpolierten Oberflächen örtlich mit groben Schätzfehlern zu rechnen. Diese örtlichen Schätzfehler sind bei beiden Oberflächen wegen der hohen Korrelation in vergleichbarem Ausmaß entwickelt. Mittels des für die Nationalparkregion zur Verfügung stehenden Geländemodells kann das Ausmaß der Fehlschätzung bei



den auf Basis der Stationen horizontal interpolierten Seehöhen „genau“ (abhängig von der Qualität des Geländemodells) bestimmt werden:

$$\text{Fehlschätzung} = \text{Digitales Geländemodell minus interpolierte Seehöhe}$$

Entsprechend den festgestellten Fehlschätzungen wird auf die horizontal interpolierten Stationswerte der Lufttemperatur ein Korrekturwert gerechnet. Dazu dient die mit Hilfe des Geländemodells festgestellte Differenz aus Geländemodell und interpolierter Seehöhe. Durch einfache Multiplikation dieser Differenz mit dem Höhengradienten wird ein höhenabhängiger Korrekturwert für den horizontal interpolierten Wert der Lufttemperatur berechnet. Durch die Addition dieses Korrekturwertes mit dem interpolierten Temperaturmittel wird für „jeden“ Punkt der Nationalparkregion ein horizontal und vertikal interpolierter Temperaturwert bestimmt.

$$T = hiT + (DGM - hiS) * \text{Höhengradient}$$

Abkürzungsverzeichnis: T horizontal und vertikal interpolierte Temperaturmittel, hiT horizontal interpolierte Temperaturmittel, DGM digitales Geländemodell, hiS horizontal interpolierte Seehöhen

Entsprechend diesem Ablauf wurden Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur als Kombination horizontaler und vertikaler Interpolation flächendeckend in einer räumlichen Auflösung von 50 Meter für die Nationalparkregion Oö. Kalkalpen bestimmt.

So elegant das Verfahren als solches erscheinen mag, sind doch in der Praxis fallweise einige Probleme gegeben. Im Besonderen wären hier die „untypischen“ Werte mancher Meßstationen zu nennen. Das extremste Beispiel dafür bildet die Station Hagler. Zum einen beeinflussen die hier registrierten Temperaturen den „Erklärungsgehalt“ der Seehöhe und damit die hinter den Berechnungen stehende Modellannahme einer spiegelbildlichen Gegensätzlichkeit von Seehöhe und Temperatur. Zum anderen wird durch die beschriebene Methode der Meßwert jeder Station exakt im Modell wiedergegeben. Jede Station übt auf die Umgebung einen starken Einfluß aus. So täuscht der Einfluß von Hagler für ein größeres räumliches Umfeld Temperaturen vor, die deutlich unter den an Ort und Stelle tatsächlich anzunehmenden liegen.

Die Basis des gesamten Verfahrens bildet die sehr hohe Korrelation von Seehöhe und Temperatur. Ist diese nicht mehr in ausreichend hohem Maße global für das

gesamte Untersuchungsgebiet oder für bestimmte Höhenzonen desselben gegeben, muß schon vom Ansatz her mit örtlichen oder (höhen)regionalen Fehlschätzungen gerechnet werden. Ein besonderes Problem stellen dabei die Herbst- und Wintermonate (Oktober, November, besonders aber Dezember und Jänner) beziehungsweise die Inversionslagen im Untersuchungsgebiet dar.

Um bessere Ergebnisse zu erzielen, wurden eine Reihe von Varianten berechnet, die Bestandteil des Projektes sind (siehe **Kapitel 4**). So wurde die Station Hagler aus der Regressionsanalyse und der horizontalen Interpolation ausgeschlossen. Dadurch stieg bei einigen Monaten der Erklärungsgehalt der Seehöhe, während die Gradienten - und damit die Abnahme der Temperatur mit der Höhe – sanken.

Für den Monat Oktober wurde das Verfahren dahin gehend abgeändert, daß Gebiete unter 900m Seehöhe (Talbereiche) nur horizontal interpoliert wurden. Für Gebiete über 900m Seehöhe wurde aus den entsprechenden Stationen ein eigener Höhengradient berechnet und somit wiederum für diese Höhenzone horizontale und vertikale Interpolation kombiniert. Um „harte“ Brüche zwischen den beiden Höhenzonen (unter beziehungsweise über 900m Seehöhe) zu vermeiden, wurden die beiden Ergebnisse in einem 100 Höhenmeter umfassenden Übergangsbereich (zwischen 800 und 900m Seehöhe) durch Interpolation zwischen den beiden Höhenlinien miteinander verschliffen.

Für die Monate November, Dezember und Jänner wurden für Gebiete unterhalb und oberhalb von 1000m Seehöhe unterschiedliche Höhengradienten herangezogen, um die Einflüsse und Auswirkungen von Inversionslagen auf das Gesamtgebiet zu reduzieren. Die für die beiden Höhenzonen interpolierten Werte wurden wieder in einem Übergangsbereich (zwischen 880 und 1000m Seehöhe) miteinander verschliffen.

Abschließend können aus Sicht der räumlichen Interpolation die Ergebnisse für die Monate Februar bis September als sehr zufriedenstellend bezeichnet werden. Derzeit noch nicht befriedigend gelöst sind kleinräumige Anomalien wie extreme Schatt- und Muldenlagen. Desgleichen gibt es in den Monaten Oktober bis Jänner Bereiche, deren geschätzten Werte auf Grund von Inversionserscheinungen problematisch sind. Grundsätzlich ist natürlich jede Interpolation eine Schätzung. Fehlschätzungen sind daher niemals zur Gänze auszuschließen. Es kann nur das Ziel jeder Interpolation sein das Ausmaß solcher Fehlschätzungen möglichst gering zu halten und Klarheit darüber zu gewinnen, in welchen Gebieten sie in höherem Maße auftreten. Nach dem bisher ausgeführten läßt sich zumindest

diese Frage eindeutig beantworten: das Groß der Fehlschätzungen befindet sich in durch Inversionserscheinungen heimgesuchten Tal-, Mulden- und Beckenlagen.

#### **4 Das ArcView Project „Temperatur“**

Das ArcView Project „Temperatur“ besteht aus 4 „Views“:

- 1. Temperaturmonatsmittel (Legende für Sommer-bzw. Winterhalbjahr**
- 2. Temperaturmonatsmittel (optimale Legende)**
- 3. Temperaturmonatsmittel ohne Station Hagler mit Berücksichtigung von Inversionserscheinungen (Legende für Sommer- bzw. Winterhalbjahr)**
- 4. Temperaturmonatsmittel ohne Station Hagler mit Berücksichtigung von Inversionserscheinungen (optimale Legende)**

Die beiden ersten „Views“ beinhalten jene Interpolationen des Jahres- und der Monatsmittel der Lufttemperatur, die unter Einschluß aller im Umfeld des Nationalparks befindlichen Stationen berechnet wurden. Die beiden nachfolgenden „Views“ hingegen beziehen sich auf Interpolationen, bei denen eine Station (Hagler) von den Berechnungen ausgeschlossen wurden (siehe **Kapitel 3**).

Die einzelnen Interpolationen des Jahres- beziehungsweise der Monatsmittel der Lufttemperatur werden in den „Views“ klassifiziert dargestellt. Im allgemeinen betragen die Intervalle der einzelnen Klassen 1 Grad Celsius. Ausnahmen davon wurden nur den jeweils äußersten Klassen, den höchsten oder niedrigsten Lufttemperaturen im Untersuchungsgebiet, eingeräumt. Diese Klassifizierungen dienen nur der Visualisierung der Interpolationen in den Views, die interpolierten Werte bleiben davon unberührt und können, je nach Bedarf, auch anders – größere oder kleinere Temperaturintervalle – zusammengefaßt werden. Die gewählte Einteilung stellt einen Kompromiß dar zwischen einer möglichst detailgetreuen Darstellung der Monats- beziehungsweise des Jahresmittel der Lufttemperatur und der Auflösung der Isothermen in eine schwer überschaubare Vielzahl kleiner und kleinster „Temperaturinseln“.

Wie bei den Interpolationen der Starkniederschlagsereignisse ist die Farbgebung innerhalb der einzelnen Interpolationen hierarchisch über einige Zwischenschritte zwischen den beiden „Farbpolen“ Rot und Blau aufgeteilt. Dabei verläuft die



Temperaturabnahme von den in rot gehaltenen „warmen“ Gebieten über gelbe und grüne Farbtöne zu den „kalten“ und daher blau gefärbten Gebieten. Je intensiver der Farbton ist, desto höher (wärmer) beziehungsweise (niedriger) kälter ist der lokal interpolierte Wert.

„Views“ mit der Bezeichnung „Legende für Sommer- bzw. Winterhalbjahr“ weisen für die Sommermonate (Mai bis Oktober) sowie die Wintermonate (November bis April) eine für diese Zeiträume jeweils übereinstimmende Farbzuzuweisung der verschiedenen Temperaturintervalle auf. Dadurch können beispielsweise die mittleren Temperaturen der Sommermonate visuell unmittelbar miteinander verglichen werden. Die entsprechenden Monatsmittel lassen mit dem Voranschreiten der Sommermonate das Vordringen wärmerer Temperaturen in größere Höhen erkennen.

„Views“ mit der Bezeichnung „optimale Legende“ weisen für jeden einzelnen Monatsmittelwert sowie für das Jahresmittel eine Farbzuzuweisung auf, die wieder über einige Zwischenschritte zwischen Rot und Blau aufgespannt ist. Diese Farbzuzuweisung ist individuell auf die Verteilung der Werte innerhalb der einzelnen Interpolationen abgestimmt. Gleiche Farbtöne bei zwei oder mehr Monaten können sich daher ohne weiters auf unterschiedliche Temperaturniveaus beziehen.

Die Klasseneinteilung der interpolierten Jahres- und Monatsmittel der Lufttemperatur sowie die den einzelnen Klassen zugeordneten Farbwerte sind als eigene Legendendateien im Ordner „Legenden“ abgespeichert. Die Namen der Legendendateien verweisen auf den jeweiligen Monat der mittels einer bestimmten Legendendatei dargestellt werden soll.

Neben den bisher angeführten Inhalten, den interpolierten Monatsmitteln beziehungsweise Jahresmittel der Lufttemperatur enthalten die vier „Views“ zusätzlich Datenschichten („Themes“), die im wesentlichen als räumliche Bezugsgröße und der Visualisierung dienen. Diese Datenschichten bestehen aus der Begrenzung des Nationalparks, den Positionen und Namen der Stationen des Meßnetzes sowie dem „schattierten“ Geländemodell.

Im Gegensatz zum ArcView Project „Starkniederschlag“ steht für alle „Views“ nur ein vordefiniertes Layout im Format A3 zur Verfügung. Dabei ist das Layout für die „Themes“ eines bestimmten „View“, zum Beispiel „Temperaturmonatsmittel (Legende für Sommer-bzw. Winterhalbjahr“ diesen innerhalb des ArcView-„Layout“ zuzuordnen. Dazu muß die Karte im Layout zweifach angeklickt werden.

Im dadurch aufgerufenen Popup-Fenster „View Frame Properties“ wird der entsprechende View ausgewählt und der gewünschte Maßstab (1:120.000) definiert; das im gegenständlichen „View“ aktive „Theme“ wird dadurch aufgerufen und im vordefinierten Layout dargestellt.

Dabei muß darauf geachtet werden, daß jeweils nur ein „Theme“ aktiv ist. Andernfalls würden alle aktiven „Themes“ im ArcView-„Layout“ übereinander dargestellt werden.

Die inhaltliche Analyse und Interpretation der interpolierten Monats- und Jahresmittel, ihre Beurteilung in Hinblick auf die unterschiedliche Qualität der verschiedenen in den 4 „Views“ enthaltenen Varianten, wird durch die Meteorologen des Forschungsprojektes "Meteorologie im Nationalpark Kalkalpen" erfolgen.

## 5 Literaturverzeichnis

BELINA, G., 1993, Die Modellierung der räumlichen Verteilung der Klimaelemente Niederschlag und Lufttemperatur im Land Salzburg. –Diplomarbeit am Institut für Geographie, Universität Salzburg.

DUMFARTH, E., 1996, Interpolation von Oberflächen mit CRS (completely regularized spline with smoothing and tension). Evaluierung von Methoden und Ergebnissen am Beispiel 'Bodenpreisoberflächen für die Stadt Salzburg'. - In: F. DOLLINGER und J. STROBL (Hrsg.), Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VIII, AGIT'96. Beiträge zum GIS-Symposium 3.-5. Juli 1996, S 27 -38. - Salzburg.

DUMFARTH, E., 1997, Interpolation und Analyse von Bodenpreisoberflächen für die Stadt Salzburg.- Diplomarbeit am Institut für Geographie, Universität Salzburg.

DUMFARTH, E., 1997, Modellierung der räumlichen Verteilung der Starkniederschlagsereignisse 1996 und 1997 im Nationalpark Kalkalpen.- Bericht für den Nationalpark Oö. Kalkalpen.

FLURI, F., 1975, Das Klima der Alpen im Raume von Tirol. – In: Monographien zur Landeskunde Tirols I. Innsbruck, München.

STEINHAUSER, F., 1955, Die neue Niederschlagskarte von Österreich. – In: Wetter und Leben, Jg. 7, S 95 – 100.