

**Forschungsprojekt "Meteorologie im Nationalpark Kalkalpen"**

**TEMPERATURVERTEILUNG  
IN DER REGION DES NATIONALPARKS KALKALPEN**

**Endbericht 1997  
Teil 4**

**Günter Mahringer  
Manfred Bogner**

Linz, November 1998

Anschrift der Verfasser:

Mag. Manfred Bogner  
Bogner & Lehner OEG  
Gruberstraße 18/26  
A - 4020 Linz

Thomas Lehner  
Bogner & Lehner OEG  
Gruberstraße 18/26  
A - 4020 Linz

Mag. Günter Mahringer  
Lärchenauerstraße 57  
A - 4020 Linz

Der Endbericht Fachbereich METEOROLOGIE 1997 gliedert sich in folgende Teilberichte:

Teil 1/1: Übersicht über die meteorologischen Daten aus der Region des Nationalparks  
Kalkalpen, Dokumentation der Datenkorrektur der nationalparkeigenen  
Meßstationen und Programmierarbeiten zur Datenaufbereitung und Datenkontrolle

Teil 1/2: Tagesdokumentationen der Wetterlagen, meteorologischen Vorgänge und  
Kenndaten  
in der Region des Nationalparks Kalkalpen

Teil 2/1: Niederschlagsmessnetz in der Region des Nationalparks Kalkalpen und Aufstellung  
der Niederschlagsmessgeräte

Teil 2/2: Kontrolle und Wartung der meteorologischen Stationen im Nationalpark Kalkalpen

Teil 2/3: Kontrolle und Wartung der meteorologischen Stationen im Nationalpark Kalkalpen

Teil 3: Flächendeckende Erfassung der Schneebedeckung in der Region des Nationalparks  
Kalkalpen

Teil 4: Temperaturverteilung in der Region des Nationalparks Kalkalpen

Teil 5: Die Häufigkeit von Starkniederschlägen aus den Daten des Niederschlagsmeßnetzes

Teil 6: Öffentlichkeitsarbeit Meteorologie im Nationalpark Kalkalpen

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung, Problemstellung	4
2. Datenmaterial	5
2.1. Das Stationsnetz	5
2.2. Eine Methode zur Abschätzung langjähriger Mittelwerte aus kürzeren Beobachtungsreihen	5
2.3. Das Datenkollektiv für die Interpolation	7
2.4. Diskussion der Eignung des Datenmaterials für die Interpolation	8
3. Diskussion der Ergebnisse	10
3.1. Februar bis September	10
3.2. November bis Jänner	11
3.3. Oktober	12
3.4. Jahresmitteltemperaturen	13
4. Möglichkeiten zur Verbesserung der Temperaturmodellierung	14
Literatur	15
Zusammenfassung	16

## 1. Einleitung, Problemstellung

Die flächendeckende Darstellung verschiedener meteorologischer Parameter ist einer der Kernaufgaben des Projektes "Meteorologie im Nationalpark Kalkalpen". Ziel ist es dabei, wesentliche Standortfaktoren für die Ökosysteme des Nationalparks in der bestmöglichen Genauigkeit darzustellen. Die Temperatur ist eine wesentliche Größe zur Beschreibung des Standortklimas.

Langjährige Messreihen der Temperatur in der Region des Nationalparks Kalkalpen existieren für die Stationen des Hydrographischen Dienstes sowie der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Auf dem Gebiet des Nationalparks Kalkalpen wurden längerfristige meteorologische Messungen erst in diesem Jahrzehnt begonnen, die meisten existierenden Stationen wurden im Zuge des Meteorologie-Projektes errichtet. Temperaturwerte aus dem Nationalparkgebiet sind daher nur für eine sehr begrenzte Anzahl von Messpunkten verfügbar. Für einen wesentlichen Teil des Stationsnetzes liegen außerdem noch keine langjährigen Mittelwerte vor, sondern erst kurze Messreihen von 3 bis 4 Jahren. Aus den Daten dieser Stationen wurde mittels eines Annäherungsverfahrens eine vorläufige Abschätzung der langjährigen Mitteltemperaturen vorgenommen.

Klimatologische Untersuchungen beschäftigen sich prinzipiell nicht nur mit Mittelwerten, sondern auch mit Extremwerten und Aussagen über deren Häufigkeit. Darunter sind etwa Maxima oder Minima, bezogen auf Tage, Monate oder Jahre, oder die Zahl von Frost- und Eistagen zu verstehen. Im vorliegenden Bericht geht es allerdings nur um Mittelwerte. Dies deshalb, weil Extremwerte noch wesentlich stärker als Mittelwerte von Gelände- und Standortfaktoren und einem mehr oder weniger zufälligen Zusammentreffen bestimmter Einflussfaktoren geprägt sind. Eine Umlegung solcher Größen auf die Fläche wäre sehr fehleranfällig, und aus einer kurzen Beobachtungsreihe könnten die entsprechenden Daten auch für die bestehenden Stationsstandorte nur sehr unzuverlässig abgeleitet werden.

Da in anderen Forschungsprojekten im Nationalpark Kalkalpen Datenbestände mit geographischen Informationssystemen (GIS) verarbeitet werden, bot sich dieses Hilfsmittel auch für die Interpolation meteorologischer Feldverteilungen an. Zudem kann festgestellt werden, dass sich auch andere Forschergruppen in der Meteorologie dieses Hilfsmittels bedienen, um Mitteltemperaturen in der Fläche darzustellen (Böhm u. Potzmann, 1999). Die Modellierung der Temperaturverteilung mittels GIS wurde vom Institut für computergestützte Raumanalytik (ICRA) durchgeführt und in Dumfarth und Gaisecker (1998) detailliert beschrieben. Im vorliegenden Bericht geht es um die Darstellung der meteorologischen Grundlagen für die Datenaufbereitung, eine Interpretation der Interpolationsergebnisse und um Anregungen für künftige Verbesserungen von Methodik und Datenbasis.

## 2. Datenmaterial

### 2.1. Das Stationsnetz

Das Temperaturmessnetz in der Region den Nationalparks Kalkalpen ist im Vergleich zu anderen Gebieten vergleichsweise dicht. Für die gegenständliche Arbeit wurden die Daten von 22 Stationen herangezogen. Langjährige Mittelwerte (Periode 1961 bis 1990) lagen für die gegenständliche Untersuchung von folgenden 11 Stationen vor: Krippenstein, Feuerkogel, Linzerhaus, Huttererböden, Klein Pyhrgas, Hinterstoder, St. Pankraz, Windischgarsten, Spital am Pyhrn, Kirchdorf, Reichraming. Von den 8 Stationen Schoberstein, Rettenbach, Bosruckhütte, Breitenau, Bodinggraben, Klaus, Windischgarsten (zweite Station) und Unterlaussa liegen Daten aus dem Zeitraum 1993 bis 1996 (4 Jahre) vor. Für die Stationen Zöbelboden und Molln steht die Periode 1994 bis 1996 (3 Jahre) zur Verfügung, für die Station Hagler nur die kurze Vergleichsperiode von Juni 1993 bis Februar 1995.

Eine Kartendarstellung des Stationsnetzes sowie eine weiterführende Diskussion ist im Bericht von Dumfarth und Gaisecker (1998), Kapitel 2, enthalten. Dort wird das verfügbare Datenmaterial als sehr weitmaschig beschrieben. Dies trifft aus der Sicht des Meteorologen nicht zu, insbesondere wenn man den Vergleich zu anderen Regionen anstellt. Im Hinblick auf die angestrebte Auflösung der flächendeckenden Verteilung muss man dies aber sehr wohl anerkennen. Das Geländemodell verfügt über eine Auflösung von 50 m, der mittlere Abstand der Stationen ist mehr als 100 mal so groß.

### 2.2. Eine Methode zur Abschätzung langjähriger Mittelwerte aus kürzeren Beobachtungsreihen

Da für etwa die Hälfte der Stationen keine gemessenen langjährigen Mittelwerte vorliegen, diese aber für die Verdichtung des Datenmaterials erforderlich waren, mussten langjährige Mittelwerte aus kurzperiodischen Messreihen angenähert werden. Die dafür verwendete Methode beruht auf der Annahme, dass Abweichungen zwischen langjährigen und kurzperiodischen Mittelwerten für ausgewählte Stationspaare näherungsweise gleich sind. Üblicherweise wird dieses Verfahren in der Klimatologie angewendet, um kürzere Lücken in Messreihen zu berücksichtigen, also z.B. aus 27 Jahren Messung auf ein 30-jähriges Mittel zu schließen. Hier ist es beinahe umgekehrt, was sich selbstverständlich auf die zu erwartenden Fehler der Abschätzungen auswirkt. Dennoch wurde die Methode verwendet, um einerseits die Methodik der GIS-Interpolation entwickeln zu können und andererseits Aussagen über die Eignung des Messnetzes zu gewinnen. Die Ergebnisse der Datenreduktion und der Interpolation sind aber jedenfalls als vorläufig zu betrachten.

Ein Beispiel für die Gewinnung eines langjährigen Mittelwertes: Das langjährige (in dieser Untersuchung 30-jährigen) Mittel einer Station liegt um 1°C tiefer als das kurzperiodische Mittel (im gegenständlichen Fall ein Mittel über 4 Jahre) derselben Station. Es wird daher angenommen, dass das (nicht bekannte) langjährige Mittel einer nahe und topographisch vergleichbar gelegenen Station, von der nur ein kurzperiodisches Mittel verfügbar ist, ebenfalls um 1°C unter dem kurzperiodischen Mittel liegt. Die Auswahl geeigneter Stationspaare und die Überprüfung ihrer Vergleichbarkeit ist Sache des Bearbeiters und daher bis zu einem gewissen Grad subjektiv. Häufig werden die aus einem Stationspaar erhaltenen Werte mittels eines weiteren Paares überprüft und gegebenenfalls adaptiert. Je länger die "kurze" Periode ist, desto besser sind die Annäherungen.

Von allen bearbeiteten Stationen liegen kurzperiodische Daten vor. Im gegenständlichen Fall ist die kurze Periode der Zeitraum 1993 bis 1996 (4 Jahre). Für die Stationen Zöbelboden und Molln steht nur die Periode 1994 bis 1996 (3 Jahre) zur Verfügung, die Annäherung für die Station Hagler ist wegen der kurzen Vergleichsperiode von Juni 1993 bis Februar 1995 sehr unsicher.

Für jede anzunähernde Station wurde mindestens eine Referenzstation gesucht, für die sowohl langjährige Mittelwerte als auch Daten der kurzen Periode existieren. Für die Auswahl der Referenzstationen sind folgende Überlegungen maßgeblich:

- a) Die Referenzstation sollte in einer möglichst ähnlichen Seehöhe liegen.
- b) Die Referenzstation sollte für eine größere Umgebung repräsentativ, d.h. möglichst frei von kleinräumigen standortbedingten Einflüssen sein (darauf sollte prinzipiell bereits bei der Errichtung der Station Bedacht genommen werden, es sei denn, die Station dient zur Messung dieser speziellen Effekte).
- c) Die Referenzstation sollte unter Bedachtnahme auf a) und b) möglichst nahe liegen, bzw. sollte der Bereich, für den ihre Messwerte als hinreichend repräsentativ gelten können, den Standort der anzunähernden Station einschließen.

Wenn die anzunähernde Station selbst nicht frei von kleinräumigen standortbedingten Einflüssen ist, dann äußert sich dies in der Regel darin, dass die Korrelation zwischen den Vergleichsdaten unsicher ist.

In der vorliegenden Arbeit wurden keine detaillierten, objektivierbaren Regeln für die Annäherung der Temperaturmittelwerte formuliert. Ein solches Verfahren sollte aber zum Zug kommen, wenn eine längere Vergleichsperiode (z.B. 10 Jahre) vorliegt und eine Interpolationsmethodik verwendet wird, die eine weitgehend zufriedenstellende Qualität der Ergebnisse gewährleistet.

### 2.3. Das Datenkollektiv für die Interpolation

Tab. 1: Monats- und Jahresmittel der Temperatur, die für die Interpolation verwendet wurden.

SH ... Seehöhe (m)

	SH	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
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
<b>Feuerkogel</b>	<b>1618</b>	<b>-3,7</b>	<b>-3,8</b>	<b>-2,0</b>	<b>1,1</b>	<b>5,7</b>	<b>8,6</b>	<b>10,8</b>	<b>10,9</b>	<b>8,8</b>	<b>5,8</b>	<b>0,3</b>	<b>-2,5</b>	<b>3,3</b>
<b>Krippenstein</b>	<b>2109</b>	<b>-6,5</b>	<b>-6,5</b>	<b>-4,9</b>	<b>-1,9</b>	<b>2,6</b>	<b>5,7</b>	<b>8,0</b>	<b>8,2</b>	<b>6,1</b>	<b>3,3</b>	<b>-2,1</b>	<b>-5,2</b>	<b>0,6</b>
<b>Linzerhaus</b>	<b>1435</b>	<b>-5,1</b>	<b>-4,6</b>	<b>-2,1</b>	<b>1,7</b>	<b>6,6</b>	<b>9,7</b>	<b>11,7</b>	<b>11,2</b>	<b>8,3</b>	<b>4,4</b>	<b>-0,8</b>	<b>-4,2</b>	<b>3,1</b>
<b>Huttererböden</b>	<b>1370</b>	<b>-4,9</b>	<b>-4,5</b>	<b>-1,9</b>	<b>2,0</b>	<b>7,0</b>	<b>10,0</b>	<b>12,2</b>	<b>11,6</b>	<b>8,9</b>	<b>5,0</b>	<b>-0,3</b>	<b>-3,9</b>	<b>3,4</b>
<b>Hinterstoder</b>	<b>590</b>	<b>-3,3</b>	<b>-1,3</b>	<b>2,2</b>	<b>6,8</b>	<b>12,1</b>	<b>14,9</b>	<b>16,6</b>	<b>16,0</b>	<b>12,9</b>	<b>7,7</b>	<b>2,1</b>	<b>-2,4</b>	<b>7,0</b>
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
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
<b>Klein Pyhrgas</b>	<b>1010</b>	<b>-1,8</b>	<b>-1,3</b>	<b>1,6</b>	<b>5,2</b>	<b>10,1</b>	<b>13,1</b>	<b>15,0</b>	<b>14,6</b>	<b>11,6</b>	<b>7,9</b>	<b>2,4</b>	<b>-0,9</b>	<b>6,5</b>
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
<b>Reichraming</b>	<b>360</b>	<b>-1,7</b>	<b>0,3</b>	<b>3,8</b>	<b>8,1</b>	<b>12,5</b>	<b>15,6</b>	<b>17,1</b>	<b>16,7</b>	<b>13,6</b>	<b>8,8</b>	<b>3,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>8,2</b>
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
<b>Windischgarsten</b>	<b>615</b>	<b>-2,6</b>	<b>-0,8</b>	<b>2,7</b>	<b>7,2</b>	<b>11,7</b>	<b>14,5</b>	<b>16,3</b>	<b>15,9</b>	<b>13,1</b>	<b>8,7</b>	<b>2,8</b>	<b>-1,6</b>	<b>7,3</b>
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
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
<b>Kirchdorf</b>	<b>456</b>	<b>-2,1</b>	<b>0,1</b>	<b>4,0</b>	<b>8,5</b>	<b>13,3</b>	<b>16,6</b>	<b>18,3</b>	<b>17,4</b>	<b>14,0</b>	<b>8,7</b>	<b>3,1</b>	<b>-0,6</b>	<b>8,4</b>
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
<b>Spital/Pyhrn</b>	<b>630</b>	<b>-2,2</b>	<b>-0,6</b>	<b>2,7</b>	<b>6,9</b>	<b>11,8</b>	<b>14,6</b>	<b>16,3</b>	<b>15,7</b>	<b>12,8</b>	<b>8,5</b>	<b>2,9</b>	<b>-1,1</b>	<b>7,4</b>
<b>St. Pankraz</b>	<b>513</b>	<b>-3,2</b>	<b>-1,2</b>	<b>2,4</b>	<b>6,9</b>	<b>11,8</b>	<b>14,6</b>	<b>16,1</b>	<b>15,6</b>	<b>12,4</b>	<b>7,6</b>	<b>2,0</b>	<b>-2,1</b>	<b>6,9</b>
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
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
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

Tab. 1 zeigt das Datenmaterial, das für die Interpolation der Temperatur über das Gebiet des Nationalparks verwendet wurde. Die verfügbaren langjährigen Mittelwerte (Periode 1961 bis 1990) sind fett gedruckt. Die Werte der anderen Stationen wurden aus den verfügbaren Daten der Periode 1993 bis 1996 nach der in Kapitel 2.2. beschriebenen Methode angenähert. Die besonders unsicheren Werte der Station Hagler (kurze Vergleichsperiode) sind kursiv gedruckt.

Die Stationen Feuerkogel und Krippenstein wurden wegen ihrer großen Entfernung vom Berechnungsgebiet lediglich für die Bestimmung des vertikalen Temperaturgradienten, nicht aber für die Interpolation der Temperaturen herangezogen.

## 2.4. Diskussion der Eignung des Datenmaterials für die Interpolation

Die Temperatur ist ein stark geländegeprägtes Element. Die Inhomogenität der Temperaturverteilung ist im gegliederten Gelände wesentlich stärker ausgeprägt als in freien Lagen. Besonders wichtig ist dabei, ob ein Standort bezüglich advektiver Einflüsse als frei oder als geschützt zu betrachten ist. Als geschützte Standorte können Täler, Gräben, Becken, Dolinen und dergleichen angesehen werden, wobei Tiefe und Steilheit der Formation für das Ausmaß des thermischen Eigenlebens prägend sind. Man vergleiche etwa die in fast identischer Seehöhe gelegenen Stationen Windischgarsten und Spital/Pyhrn (weite Tallagen) mit den Stationen Rettenbach und Bodinggraben (enge Tallagen), die in allen Monaten deutlich niedrigere Mitteltemperaturen aufweisen, oder auch die Hangstation Klein Pyhrgas mit dem in einem Hochtal liegenden Talstandort Bosruckhütte.

Zusammen mit dem Einflussfaktor Seehöhe ergibt sich eine verhältnismäßig große Variabilität der Temperaturen in einer gebirgigen Region wie jener des Nationalparks Kalkalpen. Ein Stationsnetz, das alle kleinräumigen Anomalitäten durch Messungen erfassen kann, ist nicht realisierbar. Daher ist man darauf angewiesen, das verfügbare Material bestmöglich auszuwerten.

Bezüglich der horizontalen Dichte des Messnetzes wurde bereits festgestellt, dass der mittlere Stationsabstand von 5,8 km zwar im Rahmen der üblichen Messdichte sehr gering ist, die angestrebte Auflösung der horizontalen Interpolation von 50 m aber um das 116-fache übersteigt. Dennoch erweist sich dieses Problem bei einer Betrachtung der Ergebnisse als zweitrangig.

Die vertikale Verteilung der Stationen ist dadurch geprägt, dass 13 von 22 Stationen in den Talbereichen lokalisiert sind, und nur 8 Stationen höher als 1000m Seehöhe liegen. Was auf den ersten Blick als Mangel erscheint, ist aus meteorologischer Sicht nicht so nachteilig. Für den Großteil der Fläche oberhalb 1000 bis 1200m Seehöhe kann nach den Erfahrungen bisheriger Auswertungen ein relativ gut korrelierter Zusammenhang zwischen Seehöhe und Temperatur angenommen werden. Daher sollte mit Ausnahme bestimmter Geländeformen eine hinreichend genaue Interpolation der Mitteltemperaturen aus dem verfügbaren Datenmaterial der Stationen in diesen Höhenbereichen möglich sein.

Schwieriger ist die Interpolation aus dem vorhandenen Datenmaterial für die Lagen zwischen den Talbereichen und einer Seehöhe von etwa 1000m im Südteil und etwa 1200m im Nordbereich der Nationalparkregion. Hier ist die Stationsdichte besonders gering, zumal dort



im Herbst und Winter zahlreiche, teils beständige Inversionen (Temperaturumkehrschichten) auftreten. Dadurch wird die übliche vertikale Temperaturabnahme selbst in den Mittelwerten stark abgeschwächt, zum Teil sogar umgekehrt. Detailliertere Aussagen über vertikale Höhengradienten in diesem Höhenbereich sind aus dem derzeit verfügbaren Datenmaterial aber nicht möglich. Diese wären aber die notwendige Basis für eine Verbesserung der Ergebnisse des Interpolationsverfahrens. Als Reaktion darauf wurde im Jahr 1999 im Nordteil der Region bereits mit einer Verdichtung des Stationsnetzes begonnen.

### 3. Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Interpolation wurden vom ICRA in Form eines ArcView Projects mit vier "Views" geliefert. Die ersten beiden (die sich voneinander durch die Legendengestaltung unterscheiden) beruhen auf der Verwendung aller Stationen für die Berechnung eines einheitlichen vertikalen Temperaturgradienten, welcher anschließend bei der horizontalen Interpolation verwendet wird. Beim dritten und vierten View (wieder unterschieden durch die Legendengestaltung) wurde die Station Hagler nicht bei der Berechnung des vertikalen Temperaturgradienten mitverwendet, wohl aber bei der horizontalen Interpolation. Zusätzlich wurden für die Monate mit schlechterer Korrelation zwischen Temperatur und Seehöhe (Oktober bis Jänner) in den untersten Schichten (unterhalb etwa 900m Seehöhe) andere vertikale Temperaturgradienten verwendet, um im Hinblick auf die Inversionen eine Verbesserung der Ergebnisse zu erzielen. Für den Oktober wurde dabei unterhalb 900m Seehöhe nur horizontal interpoliert, d.h. ein vertikaler Gradient von 0,0 angenommen.

Allgemein besteht das Problem, dass bei der horizontalen Interpolation in gebirgigem Gelände häufig Stationen in tiefen Lagen einen dominierenden Einfluss auf die Schätzwerte in wesentlich höheren Lagen haben. Sofern die Temperatur-Höhen-Korrelation sehr gut ist, werden daraus keine besonders großen Fehler entstehen. Prinzipiell haben aber Anomalien in tiefen und solche in höheren Lagen überwiegend keine physikalisch-kausale Verbindung. Dagegen sind gerade in höheren Lagen die Verhältnisse in einem engeren Seehöhenbereich über weitere horizontale Distanzen gut vergleichbar, sofern keine orographische Abgrenzung dazwischen liegt. So ist zu vermuten, dass die Verhältnisse auf den Gipfeln des Sengsengebirges eher mit jenen der Gipfelstationen Krippenstein und Feuerkogel als mit der Muldenstation Hagler oder benachbarten Talstationen zu vergleichen sind, obwohl diese in unmittelbarer Nähe liegen.

Die folgende Diskussion bezieht sich auf den methodisch verbesserten Berechnungslauf des dritten bzw. vierten View.

#### 3.1. Februar bis September

Die Ergebnisse für die Monate Februar bis September, für die eine sehr hohen Korrelation zwischen Temperatur und Seehöhe besteht, können im wesentlichen als zufriedenstellend betrachtet werden. Die zu erwartenden Schätzfehler bewegen sich näherungsweise in der Größenordnung der Abweichung der Stationswerte von der Regressionsgeraden (Dumfarth und Gaisecker (1998), Abb. 2.5.). Dies sind für die Monate März bis August maximal 1,5°C, für Februar und September etwa 2°C. Diese Abweichungen treten vor allem in folgenden Bereichen auf:

a) Unterschätzungen durch die Interpolation (zu niedrige Werte) sind vor allem in der Nähe von Stationen anzunehmen, welche aufgrund ihrer orographischen Situierung in engen Tälern oder Mulden Temperaturen aufweisen, die niedriger sind als sonst in der betreffenden Seehöhe, sofern der Interpolationspunkt selbst außerhalb dieses orographischen Bereiches liegt.

Beispielhaft seien die Gipfel- und Hangbereiche in der Umgebung der Stationen Rettenbach, Bodinggraben und Hagler angeführt. So liegt etwa der Gipfelbereich des Hohen Nock auf der Karte für Februar in der Stufe  $-8$  bis  $-7^{\circ}\text{C}$ . Aus dem Vergleich der Werte anderer Gipfelstationen (Feuerkogel, ca. 250m niedriger, sowie Krippenstein, ca. 150m höher) sollte der tatsächliche Wert aber um etwa  $2^{\circ}\text{C}$  höher liegen.

b) Überschätzungen durch die Interpolation (zu hohe Werte) sind vor allem in der Nähe von Stationen anzunehmen, welche aufgrund ihrer orographischen Situierung in freien Lagen (Gipfel, weite Täler) Temperaturen aufweisen, die eher höher sind als sonst in der betreffenden Seehöhe, sofern der Interpolationspunkt selbst in einer weniger freien orographischen Situierung liegt (Beispiele: enge Täler und Mulden in der Umgebung der Stationen Zöbelboden, Klein Pyhrgas, Spital am Pyhrn).

Diese Fehlerquellen sind schwer zu umgehen, da eine Typisierung der kleinräumigen orographischen Situierung samt einer Quantifizierung des orographischen Einflusses und seiner gebietsmäßigen Abgrenzung nur schwer durchzuführen ist und keine ausreichende Datengrundlage dafür existiert. Am ehesten könnte man den horizontalen Einflussbereich von Stationen in geschlossene Mulden in der Interpolation auf den Muldenbereich sowie benachbarte Muldenbereiche begrenzen. Ein solches Verfahren würde aber eine wesentliche Einbringung subjektiver Komponenten, die aus dem Datenmaterial nicht zweifelsfrei ableitbar sind, mit sich bringen.

### 3.2. November bis Jänner

Zu den unter 3.1. angeführten Unter- und Überschätzungen in kleineren Geländebereichen kommt in diesen Monaten der Effekt der Inversionen in den Tälern.

Die Tatsache der häufigen Inversionslagen spiegelt sich im Datenmaterial (Tab. 1) zum Beispiel in der Form wieder, dass die Talstandorte teilweise tiefere Mitteltemperaturen aufweisen als Stationen um 1000m Seehöhe. So hat etwa die Station Klein Pyhrgas in 1010m das zweithöchste Jännermittel aller Stationen. Am Schoberstein (1260m) ist es nur  $0,2^{\circ}\text{C}$  kälter als in Molln (435m) und sogar um  $0,7^{\circ}\text{C}$  wärmer als an der benachbarten Talstation

Breitenau (510m). Dass es am Zöbelboden (910m) noch kälter ist, weist darauf hin, dass die vertikale Struktur der Temperaturschichtung vermutlich relativ kompliziert ist und die Annahme einer am Boden aufliegenden Inversion mit einem Temperaturmaximum bei 800 bis 1000m Seehöhe nicht gerechtfertigt wäre. Die vertikale Stratifikation des Datenmaterials reicht jedoch nicht aus, die Höhenlage der Inversionen genauer zu bestimmen. Die Obergrenze winterlicher Nebelschichten liegt jedoch typischerweise bei 900 bis 1000m. Die Inversionsschicht liegt zumeist an der Nebelobergrenze, während innerhalb der Nebelschicht in der Regel eine geringe Temperaturabnahme mit der Höhe festzustellen ist. Die Vermutung liegt daher nahe, dass in der erwähnten Höhe häufig eine Unstetigkeit im Verlauf des vertikalen Temperaturgradienten anzutreffen ist.

Daher wurde versucht, durch Verwendung unterschiedlicher vertikaler Gradienten in den Tälern das Ergebnis zu verbessern. Die Intention war, einen dreistufigen Verlauf des Gradienten vorzugeben:

- eine Schicht mit vertikaler Temperaturabnahme unterhalb etwa 800 bis 900m Seehöhe,
- eine Schicht mit Temperaturabnahme oberhalb von 1000m Seehöhe,
- einen Übergangsbereich dazwischen, in dem die Temperaturen zwischen der oberen und der unteren Schicht interpoliert werden, wodurch sich gegebenenfalls eine Temperaturzunahme mit der Höhe ergeben könnte.

Diese Idee erwies sich jedoch im Zuge der Berechnungen vorerst als nicht realisierbar. Es zeigte sich aber auch, dass das Modell eines globalen (d.h. für alle Höhenbereiche gleichen) Temperaturgradienten den Verhältnissen nicht ausreichend gerecht wird. Das Ausmaß der Fehlschätzung lässt sich wegen des spärlichen Datenmaterials nicht sehr genau angeben, liegt aber jedenfalls in der Größenordnung von bis zu 3°C. Für Monatsmittelwerte der Temperatur ist dies eine sehr bedeutsame Größenordnung. Auf den betreffenden Kartendarstellungen erkennt man, dass die mittleren Höhenlagen um 1000m lediglich im Nahbereich der Stationen Klein Pyrgas und Schoberstein, welche diese Schicht am besten repräsentieren dürften, relativ warm ausgewiesen werden. Man muss daher davon ausgehen, dass im übrigen Berechnungsgebiet dieser Höhenzone in der Modellierung generell deutlich zu kalte Werte zugewiesen erhält. Sofern die Höhenlage der Inversion oben richtig eingeschätzt wurde, betreffen die Ungenauigkeiten den gesamten Höhenbereich zwischen etwa 800 und 1200m, also einen wesentlichen Flächenanteil des Nationalparks bzw. der Nationalparkregion.

### 3.3. Oktober

Für den Oktober lässt sich aus dem Datenmaterial (Tab. 1) ebenfalls der Einfluss häufiger Inversionslagen erkennen. Daher wurde versucht, unterhalb von 900m Seehöhe einen

vertikalen Temperaturgradienten von 0,0 anzusetzen und nur horizontal zu interpolieren, für die Gebiete darüber aber einen eigenen Gradienten zu berechnen (vgl. Dumfarth und Gaisecker (1998), Kapitel 3). Nahe gelegt wurde diese Vorgangsweise dadurch, dass die an der Obergrenze der Talschicht gelegenen Stationen Zöbelboden und Klein Pyhrgas teils wärmer, teils kälter sind als die verschiedenen Stationen in den Tälern, dass also kein eindeutiger Trend für die Schicht dazwischen abzulesen war.

Im Ergebnis sieht man einige artifiziell anmutende Übergänge, die durch die horizontale Interpolation entstehen. Daran sollte man sich aber aus fachlichen Erwägungen nicht allzu sehr stoßen, da jeder andere Verlauf durch das Datenmaterial nicht besser abgestützt werden könnte und die Unterschiede allesamt unter 1°C liegen. Vermutlich ist es damit gelungen, Fehlschätzungen kleiner zu halten, als dies durch die Verwendung des globalen Temperaturgradienten von -0,32°C möglich gewesen wäre. Eine weitere Verfeinerung des Verfahrens sollte aber auch für den Oktober nach Vorliegen der Messwerte zusätzlicher Stationen möglich sein.

### 3.4. Jahresmitteltemperaturen

Die in den Abschnitten 3.1. bis 3.3. angeführten Effekte, welche die Qualität der Schätzungen durch das Interpolationsmodell beeinträchtigen, finden sich auch in den Jahresmittelwerten wieder.

Die geländebedingten Fehler (vgl. Abschnitt 3.1.), welche durch die Lage von Stationen oder Berechnungspunkten in Mulden, engen Tälern etc. entstehen, wirken im Jahreszyklus stets in die gleiche Richtung und weisen in allen Monaten eine vergleichbare Größenordnung auf. Sie sind auch in der Verteilung der Jahresmitteltemperaturen vorhanden, die Fehlergröße liegt typischerweise bei 1 bis 2 Grad.

Die Fehler auf Grund der Inversionsschichten haben in der Jahrestemperaturverteilung eine geringere Bedeutung als in den Monatskarten für November bis Februar. Zudem ist anzunehmen, dass sich die Höhenlage der Inversionen in den einzelnen Monaten nicht gleich ist und sich dadurch die Mittelung über das Jahr positiv auf die Ergebnisse auswirkt. Dennoch ist anzunehmen, dass die berechneten Temperaturen für die Höschicht zwischen 800 und 1200m häufig um etwa 1 Grad zu tief liegen.

Insgesamt ist daher festzustellen, dass die Jahrestemperaturen für den überwiegenden Teil des Nationalparkgebietes durch die Interpolation mit einer Genauigkeit von  $\pm 1$  bis 2 Grad angenähert wird. Auch wenn dies auf den ersten Blick gut zu sein scheint, bedeutet es doch, dass etwa bei Annahme des vertikalen Temperaturgradienten mit 0,4 bis 0,5 Grad die

Höhenzuordnung eines Temperaturwertes einen Fehler von 200 bis 400m aufweist. Dies spielt zum Beispiel für die Berechnung der Dauer der Vegetationsperiode oder die Modellierung der Schneegrenze eine wesentliche Rolle. Daher kann das vorliegende Ergebnis noch nicht als zufriedenstellend bewertet werden. Verbesserungsvorschläge werden im folgenden Kapitel kurz diskutiert.

#### 4. Möglichkeiten zur Verbesserung der Temperaturmodellierung

Auch wenn die oben diskutierten Ergebnisse der Modellierung der räumlichen Verteilung der Lufttemperatur im Nationalpark Kalkalpen teils schon verhältnismäßig gut sind, gibt es einige Schwächen, die zur Erzielung eines befriedigenden Ergebnisses zu beheben sind.

Entscheidend dafür ist die Verfügbarkeit eines ausreichenden Datenmaterials. Das bedeutet:

- 1.) Das Stationsnetz im Höhenbereich 700 bis 1100m bedarf einer wesentlichen Verdichtung. Im Bereich Sengsengebirge Nord, Sengsengebirge Süd und Hintergebirge sollten je 3 bis 5 vertikal gestaffelte Stationen errichtet werden. Mit dieser Verdichtung wurde 1999 bereits begonnen.
- 2.) Die Länge der Beobachtungsreihen sollte die Größenordnung von 10 Jahren oder mehr erreichen. Dies ist für die in diesem Bericht enthaltenen Stationen etwa im Jahr 2003 der Fall.

Auf der solcherart verbesserten Datengrundlage sollte ein Interpolationsmodell verwendet werden, das zumindest mehrstufig lineare vertikale Temperaturgradienten berechnen und in der Interpolation verwenden kann. Weiters wäre zu überlegen, ob die Methode der horizontalen Interpolation mit Seehöhenkorrektur verbessert werden kann, indem sie in mehreren Höhenbändern gerechnet wird. Damit könnte vermieden werden, lokale Effekte, die in einer bestimmten Seehöhe entstehen, in andere Höhenschichten zu extrapolieren.

Zur Berücksichtigung der geländebedingten Einflüsse sind noch weitere Anstrengungen notwendig. Als erster Schritt wäre eine Methode zur Identifikation und Abgrenzung von Mulden, engen Tälern und anderen relevanten Geländeformen zu finden. Dieser Schritt könnte auch subjektiv unterstützt werden. Danach müsste abgeklärt werden, wie die identifizierten Bereiche vom Interpolationsverfahren bestmöglich behandelt werden können. Man könnte sich dabei etwa vorstellen, die Repräsentativität von Messpunkten gebietsmäßig einzugrenzen und sie nur innerhalb bzw. außerhalb definierter Bereiche für die Interpolation zu verwenden.

## 5. Literatur:

Dumfarth, E. und T. Gaisecker (1998): Modellierung der räumlichen Verteilung der Lufttemperatur im Nationalpark Kalkalpen. Endbericht im Rahmen des Forschungsprojektes "Meteorologie im Nationalpark Kalkalpen".

Böhm, R. und R. Potzmann (1999): Systematic Climate Mapping in Complicated Terrain - Part 1: from Point Information to Maps of Means (a GIS-Supported Procedure Including Quantitative Error Analysis). ÖGM Bulletin 99/1, 21-30. Österreichische Gesellschaft für Meteorologie, Wien.

## Zusammenfassung:

Die flächendeckende Darstellung verschiedener meteorologischer Parameter ist einer der Kernaufgaben des Projektes "Meteorologie im Nationalpark Kalkalpen". Ziel ist es dabei, wesentliche Standortfaktoren für die Ökosysteme des Nationalparks in der bestmöglichen Genauigkeit darzustellen. Die Temperatur ist eine wesentliche Größe zur Beschreibung des Standortklimas. Daneben wurden bzw. werden im Zuge des Projektes flächendeckende Verteilungen der Elemente Strahlung, Besonnung, Niederschlag und Schneebedeckung ermittelt.

Temperaturmesswerte aus dem Nationalparkgebiet sind nur für eine sehr begrenzte Anzahl von Messpunkten verfügbar. Für einen wesentlichen Teil des Stationsnetzes liegen außerdem noch keine langjährigen Mittelwerte vor, sondern erst kurze Messreihen von 3 bis 4 Jahren. Aus den Daten dieser Stationen wurde mittels eines Annäherungsverfahrens eine vorläufige Abschätzung der langjährigen Mitteltemperaturen vorgenommen.

Da in anderen Forschungsprojekten im Nationalpark Kalkalpen Datenbestände mit geographischen Informationssystemen (GIS) bearbeitet werden, bot sich dieses Hilfsmittel auch für die Interpolation meteorologischer Feldverteilungen an. Die Modellierung der Temperaturverteilung mittels GIS wurde vom Institut für computergestützte Raumanalytik (ICRA) durchgeführt und in Dumfarth und Gaisecker (1998) detailliert beschrieben. Im vorliegenden Bericht geht es um die Darstellung der meteorologischen Grundlagen für die Datenaufbereitung, eine Interpretation der Interpolationsergebnisse und um Anregungen für künftige Verbesserungen von Methodik und Datenbasis.

Es stellte sich im Zuge der Auswertungen heraus, dass die Modellierung der Temperatur mehr Probleme bereitet als jene anderer meteorologischer Elemente. Ein Grund dafür ist, dass die gängigen Interpolationsverfahren den physikalischen Hintergründen, welche die Temperaturverteilung bestimmen, nicht ausreichend gerecht werden. Ebenso wichtig ist aber die unzureichende Datenbasis in der Höhenstufe 700 bis 1100m Seehöhe. Das Stationsnetz bedarf dort noch einer weiteren Verdichtung, deren erster Teil 1999 bereits in Angriff genommen wurde.