

# **Meteorologie 1996**

## **Teil 6:** Besonnung und Strahlungsangebot im Nationalpark Kalkalpen

Manfred Bogner  
Thomas Lehner  
Mag. Günther Mahringer

**Jahresberichte 1996**

**Forschungsprojekt "Meteorologie im Nationalpark Kalkalpen"**

**Besonnung und Strahlungsangebot im Nationalpark Kalkalpen**

**Endbericht 1996  
Teil 6**

**Günter Mahringer  
Manfred Bogner  
Thomas Lehner**

Linz, Dezember 1996

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 1996 gliedert sich in folgende Teilberichte:

- Teil 1: Übersicht über die meteorologischen Daten aus der Region des Nationalparks Kalkalpen und Dokumentation der Datenkorrektur der nationalparkeigenen Meßstationen
- Teil 2: Kontrolle und Wartung der meteorologischen Stationen im Nationalpark Kalkalpen
- Teil 3: Tagesdokumentationen der Wetterlagen, meteorologischen Vorgänge und Kenndaten in der Region des Nationalparks Kalkalpen
- Teil 4: Niederschlagsmeßnetz in der Region des Nationalparks Kalkalpen
- Teil 5: Konzeption einer flächendeckenden Erfassung der Schneebedeckung
- Teil 6: Besonnung und Strahlungsangebot im Nationalpark Kalkalpen
- Teil 7: Die Häufigkeit von Starkniederschlägen aus den Daten des Niederschlagsmeßnetzes
- Teil 8: Öffentlichkeitsarbeit Meteorologie im Nationalpark Kalkalpen
- Teil 9: Programmierarbeiten zur Datenaufbereitung und Datenkontrolle

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Berechnungsmethodik, zugrundeliegende Annahmen	4
2.1.	Das digitale Geländemodell	4
2.2.	Methodik zur Berechnung der effektiv möglichen Besonnung und der direkten Sonnenstrahlung	4
2.3.	Fehlergrenzen	6
3.	Darstellung der Ergebnisse	7
4.	Hinweise zur Interpretation der Karten	7
4.1.	Effektiv mögliche Besonnungsdauer	7
4.2.	Sonnenstrahlung	7
5.	Zusammenfassung	8
6.	Literatur	9

## 1. Einleitung

Dieser Endbericht beschäftigt sich mit dem Angebot an Besonnung und direkter Sonnenstrahlung im Nationalpark Kalkalpen. Mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems wurden diese Parameter flächendeckend mit hoher räumlicher Auflösung berechnet und kartenmäßig dargestellt.

Die vorliegenden Ergebnisse sind als erster Schritt zu betrachten. Die Berechnung der Besonnung berücksichtigt die Effekte der Topographie, soweit sie durch das digitale Geländemodell erfaßt werden. Es fehlt jedoch der Einfluß der Bewölkungsverhältnisse. Auch bei der Berechnung der Strahlung wurden Vereinfachungen getroffen. Die Berechnung berücksichtigt die Hangorientierung und -neigung sowie eine einfach parametrisierte atmosphärische Trübung, vernachlässigt aber die diffuse Himmelsstrahlung und, wie bei der Besonnung, die Auswirkung der Bewölkung. Die Karten geben somit die Verteilung der Besonnung und der direkten Sonnenstrahlung an wolkenlosen Tagen (innerhalb der Fehlergrenzen) richtig wieder, erlauben jedoch keine Rückschlüsse auf die mittleren Verhältnisse und Tage mit Bewölkung.

In diesem Bericht findet sich neben den Ergebnissen eine Beschreibung der Methodik (digitales Geländemodell, Algorithmus der Sonnenstands- und Strahlungsberechnung, verwendete Annahmen) und eine Interpretation der wesentlichen Charakteristika sowie Hinweise auf die tatsächlich zu erwartende Besonnung aufgrund der Bewölkungsverhältnisse.

## 2. Berechnungsmethodik, zugrundeliegende Annahmen

### 2.1. Das digitale Geländemodell

Das digitale Geländemodell (DGM) des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, das der Berechnung zugrunde liegt, weist eine horizontale Gitterdistanz von 50m auf. Die Vertikalkoordinate z berücksichtigt die Höhe eines allfälligen Bewuchses (möglichst) nicht. Ihre Genauigkeit ist aber von der Geländebeschaffenheit ab. Die Streuung liegt in Wiesen- und Felsgelände bei 1,0 bis 1,2m, in Waldbereichen und Steilgelände bei 5m. (Mitterböck und Volk, mündliche Mitteilung).

Für die Besonnungsberechnungen ist es erforderlich, daß der verwendete DGM-Ausschnitt größer ist als das eigentliche Berechnungsgebiet. Dieser umfaßt das Gebiet, das alle Höhenzüge enthält, die irgendeinen Punkt im Berechnungsgebiet zu irgendeiner Tages- und Jahreszeit beschatten können.

### 2.2. Methodik zur Berechnung der effektiv möglichen Besonnung und der direkten Sonnenstrahlung

Die effektiv mögliche Besonnungsdauer wird für jeden DGM-Gitterpunkt im Berechnungsausschnitt an den ausgewählten Tagen in einem zeitlichen Abstand von einer Stunde (Zeitbasis: wahre Ortszeit) berechnet. Zunächst wird der Richtungswinkel (Azimut) und Höhenwinkel der Sonne in Abhängigkeit von Datum und Uhrzeit (wahre Ortszeit bzw. Stundenwinkel) berechnet.

$$\sin \gamma = \sin \varphi * \sin \delta + \cos \varphi * \cos \delta * \cos t \quad (1)$$

$$\sin \alpha = \cos \delta * \sin t / \cos \gamma \quad (2)$$

$$\text{mit } \delta = 23,45 \sin(360 * (284 + n) / 365) \quad (3)$$

$\gamma$	Höhenwinkel der Sonne (bzgl. horizontaler Fläche)
$\alpha$	Azimut der Sonne
$\varphi$	geographische Breite
$\delta$	Deklination der Sonne
$t$	Stundenwinkel der Sonne (= 0 um 12.00 Uhr wahre Ortszeit)
$n$	n-ter Tag im Jahr

Dann wird durch Projektion der Geländekonturen in Richtung des berechneten Sonnenstrahls das beschattete Gebiet berechnet. Man erhält für das Berechnungsgebietes eine Matrix aus 0-Werten für Schatten und 1-Werten für Besonnung. Für die Darstellung in Kartenform wurden Tagessummen gebildet.

Die direkte Sonnenstrahlung wird auf der Basis der Solarkonstante  $I_0 = 1367 \text{ W/m}^2$  unter Berücksichtigung der Hangorientierung und der Hangneigung ermittelt. Für die horizontale Fläche gilt:

$$R_0 = I_0 * \sin \epsilon \quad (4)$$

$R_0$  direkte Sonnenstrahlung ohne Berücksichtigung der Trübung

$I_0$  Solarkonstante =  $1367 \text{ W/m}^2$

$\epsilon$  Winkel zwischen Sonnenstrahl und Empfängerfläche

Dabei wird die im Laufe des Jahres unterschiedliche Entfernung Erde - Sonne sowie die atmosphärische Refraktion vernachlässigt. Für die Berechnung des Einfallswinkels des Sonnenstrahles auf eine geneigte Hangfläche wird folgende Beziehung angewendet:

$$\sin \epsilon = (\sin \varphi * \cos h - \cos \varphi * \sin h * \cos a) * \sin \delta + (\cos \varphi * \cos h + \sin \varphi * \sin t * \cos a) * \cos \delta * \cos t + \sin h * \sin a * \cos \delta * \sin t \quad (5)$$

$h$  Hangneigung der Empfängerfläche

$a$  Hangazimut der Empfängerfläche

Zusätzlich wurde die Trübung durch die wolkenfreie Atmosphäre in einer einfachen Parametrisierung mit einem Transmissionsfaktor berücksichtigt. Die Schwächung der Strahlung ist vom Höhenwinkel der Sonne und der Seehöhe des Rasterpunktes abhängig.

$$R = R_0 * \exp ( -(1-t) * p/p_0 * m ) \quad (6)$$

$R$  direkte Sonnenstrahlung mit Berücksichtigung der Trübung

$t$  Transmissionsfaktor = 0,75 (Richtwert aus der Literatur für reine Atmosphäre).

$p/p_0$  nach Formel (7)

$m$  nach Formel (8)

$$p/p_0 = \exp (-0,033675 * z / (288-0,00325*z)) \quad (7)$$

(genäherte barometrische Höhenformel unter Verwendung der Standardatmosphäre ISA)

p mittlerer Luftdruck in der Seehöhe z  
 p<sub>0</sub> mittlerer Luftdruck auf Meeresniveau  
 z Seehöhe (m)

$$m = 1 / [ \sin \gamma + b * (\gamma+c)^{-d} ] \quad (8)$$

m Relative optische Luftmasse (Näherungsformel nach Kasten und Young, 1989)  
 b, c, d Empirische Konstanten. b = 0,50572, c = 6,07995, d = 1,6364

Die Termine für die Berechnungen wurden so gewählt, daß der Abstand zwischen 2 Berechnungen 8 Tage (in wenigen Fällen 7 Tage) beträgt. Das zweite Halbjahr wird (in ausreichender Näherung) als symmetrisch angenommen.

21.12.	06.02. = 4.11.	26.03. = 17.09.	13.05. = 31.07.
28.12. = 14.12.	14.02. = 27.10.	03.04. = 09.09.	21.05. = 23.07.
05.01. = 06.12.	22.02. = 19.10.	11.04. = 01.09.	29.05. = 15.07.
13.01. = 28.11.	02.03. = 11.10.	19.04. = 24.08.	06.06. = 07.07.
21.01. = 20.11.	10.03. = 03.10.	27.04. = 16.08.	14.06. = 29.06.
29.01. = 12.11.	18.03. = 25.09.	05.05. = 08.08.	21.06.

### 2.3. Fehlergrenzen

Aufgrund des gewählten Berechnungsabstandes von 1 Stunde sind auch die Ergebnisse der Besonnungsberechnung mit einer Ungenauigkeit von  $\pm 1$  Stunde behaftet. Weiters ist nochmals darauf hinzuweisen, daß die Abschattung durch Wald nicht enthalten ist. Eine weitere geringfügige Fehlerquelle stellt die Gitterauflösung des digitalen Geländemodells dar.

Da die Ungenauigkeiten der Besonnungsberechnung in Horizontnähe und daher überwiegend (außer im Steilgelände) bei eher tiefem Sonnenstand entstehen, ist der Fehler bei der Strahlungsberechnung im Mittel eher geringer. Tritt im Extremfall ein Fehler von einer Stunde Besonnung bei Sonnenhöchststand auf, so resultiert daraus im Sommer ein Fehler in der Strahlung von etwa 1 kWh/m<sup>2</sup>, im Winter von etwa 0,4 kWh/m<sup>2</sup>. Im Mittel ist die Ungenauigkeit wesentlich geringer anzunehmen.

Durch die Vernachlässigung der diffusen Himmelsstrahlung und der Bewölkungseffekte ist eine Ableitung des tatsächlichen Energieangebotes noch nicht zuverlässig möglich. Die Einbeziehung dieser Faktoren ist im Zuge des Meteorologieprojektes im Jahr 1998 vorgesehen.

### 3. Darstellung der Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse der effektiv möglichen Sonnenscheindauer und der direkten Sonnenstrahlung wurden im Format A2 geplottet. Da die Herstellung einer größeren Anzahl von vollständigen Kartensätzen mit erheblichen Mehrkosten verbunden gewesen wäre, liegt nur ein kompletter Satz von 48 Karten vor. Dieser kann für Bearbeitungen über die Nationalpark-Planungsstelle entlehnt werden. Den Endberichten liegen die beiden Karten vom Termin 21. Juni bei.

Die Einzeltermin-Ergebnisse (in stündlichem Abstand) wurden auf Datenträger dem Nationalpark-Forschungszentrum übermittelt, so daß bei gegebenen Soft- und Hardwarevoraussetzungen dort Anschlußberechnungen (z. B. Monatssummen, Untersuchungen hinsichtlich Berücksichtigung der Bewölkung) durchgeführt und weitere Karten ausgedruckt werden können.

### 4. Hinweise zur Interpretation der Karten

Im steilen und zergliederten Gelände des Nationalparks Kalkalpen weisen naturgemäß auch die Verteilungen von Besonnung und Sonnenstrahlung kleinräumig erhebliche Variationen auf.

#### 4.1. Effektiv mögliche Besonnungsdauer

Im Winter gibt es große Flächenbereiche, wo die Sonne den ganzen Tag nicht zu sehen ist. An einzelnen Punkten ist dies bis Ende April bzw. wieder ab Mitte August der Fall. Am 21. Juni gibt es überall Besonnung. In den steilen Gräben (z.B. Krumme Steyrling, Sitzenbach) geht die Besonnungsdauer allerdings auf bis zu 5 Stunden zurück, an einzelnen Punkten in den Nordwänden des Sengsengebirges auf 3 Stunden. Auch in der Nähe steiler Felswände kommt es zu beträchtlichen Abschattungen, etwa im Nordbereich des Sengsengebirges, aber auch südseitig, z. B. im Budergraben, treten lokal Werte zwischen 7 und 9 Stunden Besonnung auf.

#### 4.2. Sonnenstrahlung

Begünstigt sind höher gelegene Südhänge. Die maximalen Strahlungsintensitäten erhalten allerdings im Sommer flachere (Optimum etwa  $14^\circ$ ), im Winter steilere Südhänge. In der kalten Jahreszeit erhalten die Bereiche ohne Besonnung naturgemäß auch keine direkte Sonnenstrahlung. Das Strahlungsminimum im Sommer tritt nicht in den sonnenarmen Gräben auf, da dort die Sonne um die Mittagszeit scheint, sondern in den nördlichen Abbrüchen des Sengsengebirges, wo die schwächere Morgen- und Abendsonne wenig Energie liefert.

## 5. Zusammenfassung

Dieser Endbericht beschäftigt sich mit dem Angebot an Besonnung und direkter Sonnenstrahlung im Nationalpark Kalkalpen. Im steilen und zergliederten Gelände des Nationalparks Kalkalpen weisen naturgemäß auch die Verteilungen von Besonnung und Sonnenstrahlung kleinräumig erhebliche Variationen auf. Mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems wurden diese Parameter flächendeckend mit hoher räumlicher Auflösung berechnet und kartenmäßig dargestellt. Die Berechnung erfolgte unter Berücksichtigung der sphärischen Trigonometrie, der Solarkonstanten und der Schwächung der direkten Sonnenstrahlung durch die wolkenfreie Atmosphäre. Nicht berücksichtigt wurden Bewölkung und diffuse Himmelsstrahlung.

Die Ergebnisse wurden auf 48 Karten (Format A2) dargestellt. Für den Termin 21. Juni liegen die beiden Karten der effektiv möglichen Besonnungsdauer bzw. der direkten Sonnenstrahlung bei wolkenlosem Himmel dem Endbericht bei. Die übrigen Karten können für Bearbeitungen über die Nationalpark-Planungsstelle entlehnt werden.

Im Winter gibt es große Flächenbereiche, wo die Sonne den ganzen Tag nicht zu sehen ist und daher auch keine direkte Sonnenstrahlung auftreten kann. Am 21. Juni gibt es überall Besonnung, in vielen Gebietsteilen allerdings nur 5 bis 8 Stunden, im Extremfall nur 3 Stunden. Bei der Strahlung sind höher gelegene Südhänge begünstigt. Die maximale Strahlung erhalten allerdings im Sommer flachere, im Winter steilere Südhänge. Das Strahlungsminimum im Sommer tritt nicht in den sonnenarmen Gräben auf, da dort die Sonne um die Mittagszeit scheint, sondern in den nördlichen Abbrüchen des Sengsengebirges, wo die schwächere Morgen- und Abendsonne wenig Energie liefert.

## 6. Literatur

Mitterböck, F., Volk, G. (1996): mündliche Mitteilung

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (1992): Umweltmeteorologie: Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen, Berechnung der kurz- und langwelligen Strahlung. VDI-Richtlinie 3789, Entwurf.



siehe Originalbericht  
Karte