

wiederum zu einer Erhöhung der dielektrischen Konstante führt.

### Ausblick

Mit SynPolRad können polarimetrische Radargrößen simuliert werden. Durch den Vergleich dieser synthetischen Radarbilder mit aktuellen polarimetrischen Radarmessungen und unter Verwendung weiterer Fernerkundungsinstrumente soll in Zukunft die gesamte Prozesskette von der Wasserdampfverteilung über die Wolkenprozesse bis zur Niederschlagsmenge untersucht werden. Dadurch können Schwächen im Modell identifiziert werden und eine Verbesserung der mikrophysikalischen Schemata ermöglicht werden. SynPolRad wurde für das LM entwickelt, kann aber auch auf andere mesoskalige Modelle angewandt werden.

### Literatur

- HENSE, A, G. ADRIAN, C. KOTTMEIER, C. SIMMER, V. WULFMEYER, 2004: Das Schwerpunktprogramm SPP 1167 der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Quantitative Niederschlagsvorhersage“. – Mitteilungen DMG, 02, 2–5.
- HÖLLER, H, V. N. BRINGI, J. HUBBERT, M. HAGEN, P.F. MEISCHNER, 1994: Life Cycle and precipitation formation in a hybridtype hailstorm revealed by polarimetric and Doppler radar measurements. – Journal of the Atmospheric Sciences, Vol. 51, No. 17, 2500–2522.
- PFEIFER, M. G. CRAIG, M. HAGEN, C. KEIL, 2004: A polarimetric radar forward operator, Proc. – Third European Conf. on Radar in Meteorology and Hydrology (ERAD), Visby, Sweden, 494–498.

Anmerkung der Herausgeber: Auf der ERAD-Tagung 2004 in Visby (Schweden) wurde Frau Pfeifer für den Beitrag, der auch in der Literaturliste als dritter Eintrag steht, mit dem EMS Young Scientist Travel Award ausgezeichnet. Herzlichen Glückwunsch!

## Der Funtensee: Im Winter die kälteste Messstation in Deutschland

H.Vogt, G. Hofmann, H.Graßl

Der Schutz der Natur als oberste Aufgabe in einem Nationalpark wird auch durch die langfristige Beobachtung des Naturhaushalts gewährleistet. Im Rahmen dieses Monitorings ist im Nationalpark Berchtesgaden seit 1985 wohl als einzigem deutschen Nationalpark ein umfangreiches Messnetz zur Erfassung von Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windstärke und Windrichtung installiert. Ziel ist es, Grundmuster der zeitlich-räumlichen Variabilität einzelner meteorologischer Parameter zu erfassen und durch Systembeziehungen zu verifizieren. Mit Beginn der ersten Installation von Geräten zur Erfassung von Temperatur, Feuchte, Niederschlag und Wind zeigte sich rasch der Experimentalcharakter in einem Gebiet mit ausgeprägter Inhomogenität. Diese Stichprobenhaftigkeit musste aber für einige Zeit in Kauf genommen werden. Dennoch entwickelte sich allmählich ein Messnetz, das der hohen Variabilität meteorologischer Parameter im Gebiet stärkster Topographie in Deutschland Rechnung trägt (Abb. 1). Im Rahmen dieser Aufgabenstellung wurde am Funtensee im Steinernen Meer in ca. 1600 m Meereshöhe ein Sondermessnetz installiert (Abb. 2).



Abb. 1: Der Funtensee im Nationalpark Berchtesgaden.

Gerade lokale Kaltluft Räume bzw. Kaltluftseen sind für ökologische Beurteilungen von besonderer Bedeutung. In klaren Nächten setzt sich die infolge hoher Ausstrahlung abgekühlte Luft auf geneigten Flächen in Bewegung, fließt in tiefere Lagen ab, sammelt sich dort und kühlt sich durch weitere Abstrahlung auch weiter ab. Bereits 1930 konnte W. Schmidt in einer Doline bei Lunz in Oberösterreich unter dem Einfluss der Schneedecke Minima bis zu  $-51\text{ }^{\circ}\text{C}$  nachweisen. Diese Ansammlung kalter Luft sollte ab 1997 für die Muldenlage des Funtensees beobachtet werden. Das kleine Messnetz im Bereich des Funtensees ist seit 1998

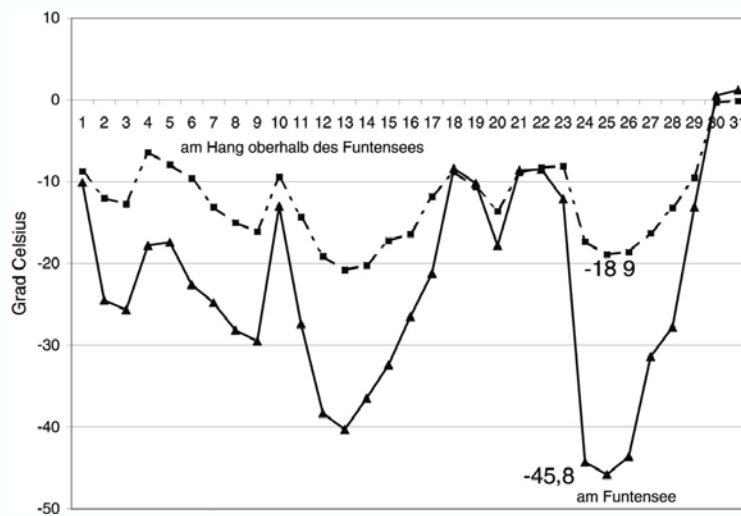


Abb. 2: Tagesminimum der Lufttemperatur im Januar 2000 in der Umgebung des Funtensees in rund 1600 m über dem Meer.

in Betrieb. Die schwierigen klimatischen Bedingungen, die der Grund für den Aufbau des Messnetzes waren, führen allerdings auch zu Messausfällen, da die Stationen im Winter häufig über mehrere Monate aus Sicherheitsgründen nicht besucht werden können. Die folgende Darstellung der Ergebnisse beschränkt sich daher auf einzelne Monate und besonders bemerkenswerte Phänomene.

Im Messnetz werden elektronische Temperaturmessfühler vom Typ PT 100 und für die relative Feuchte vom Typ Rotronic eingesetzt, die Werte im Stundentakt aufgezeichnet und mehrfach im Jahr ausgelesen. Die notwendige Energie stammt von der Sonne (Photovoltaik). Aufbau und Betreuung liegen in den Händen des Deutschen Wetterdienstes (DWD). In enger Kooperation zwischen der Nationalparkverwaltung sowie dem Sachgebiet Meteorologie und Klimatologie des DWD wird auch die wissenschaftliche Bearbeitung wie die Betreuung des gesamten Messnetzes im Nationalpark gesichert. Erste Ergebnisse für den Funtensee sollen nun vorgestellt werden.

Die Station Funtensee liegt nahe dem östlichen Seeufer an der weitgehend tiefsten Stelle der Mulde. Etwa 100 m oberhalb dieser Messstelle am Nordosthang befindet sich die Station Viehkogel. Zur Einschätzung der thermischen Charakteristik werden in Tab. 1 die astronomisch mögliche Bestrahlung durch die Sonne an den unterschiedlichen Standorten im Lauf eines Jahres vorgestellt. Sie liefern einen ersten Hinweis auf die Variabilität der Temperatur.

Als besonders eindrucksvoll erwies sich der Januar 2000 (Abb. 2), der für die täglichen Tiefsttemperaturen an den beiden Stationen deutlich

die sehr hohen lagebedingten Differenzen aufzeigt. Hochdruckeinfluss im Januar 2000 führte durch nächtliche Ausstrahlung infolge weitgehend klaren Himmels in der Funtenseemulde bereits zu einem Minimum unter  $-25^{\circ}\text{C}$  am 3. Januar sowie vom 7.–9. Januar. Zunehmende Bewölkung und starker Wind führten bei Luftdurchmischung und geringer oder fehlender Kaltluftproduktion wieder zur Angleichung der Temperaturen der beiden Stationen am 10. Januar. In weiteren klaren Nächten sank die Minimumtemperatur auf Werte bis zu  $-40^{\circ}\text{C}$ . Nach einer kurzen Periode mit Neuschnee vom 18. bis 22. Januar setzte sich rasch wieder Hochdruckeinfluss durch, der die Temperaturen nach Einströmen polarer Kaltluft deutlich

absinken ließ. In Verbindung mit klaren Nächten wurden dabei in der Funtenseemulde in der Nacht zum 25.01.00  $-45,8^{\circ}\text{C}$  gemessen, ein neuer Rekordwert für Deutschland. Erreicht wurde dieser Wert innerhalb von rund 15 Stunden, ausgehend von  $-17,7^{\circ}\text{C}$  in den Mittagsstunden bis zum Tiefstwert kurz vor Sonnenaufgang. Bei diesem Wert ist die Messhöhe allerdings unsicher, da die Schneehöhe im Bereich der Messstation nicht bekannt ist. Selbst wenn die Temperatur statt der typischen 2 m nur mehr in 1 m über der Schneedecke gemessen worden ist, so zeigt dieser Wert doch, welchen Temperaturen die Bäume und Sträucher ausgesetzt wären, wüchsen sie an diesem Standort. Sicher sind diese Temperaturwerte die wesentliche Ursache, dass es in unmittelbarer Seenähe keine höher wachsenden Pflanzen gibt. Ein Hauptgrund für die tiefen Temperaturen ist sicher das große Einzugsgebiet für die Kaltluftflüsse, das einen großen Teil des Steinernen Meeres umfasst und damit mehr als  $10\text{ km}^2$  beträgt, sowie die Tiefe der Mulde des Funtensees von ca. 30 Metern (er entwässert unterirdisch in der sogenannten Teufelsmühle).

Tab. 1: Anteil der astronomisch möglichen direkten Sonnenstrahlung zu unterschiedlichen Zeitpunkten am Kärlinger-Haus, dem Ufer des Funtensees und am NO-Hang des Viehkogels in %

Datum	21. Juni	21. Dezember	Tag- und Nacht- Gleiche
Kärlinger-Haus	75	30	45
Ufer-Funtensee	60	10	45
NO-Hang Viehkogel	85	5	30

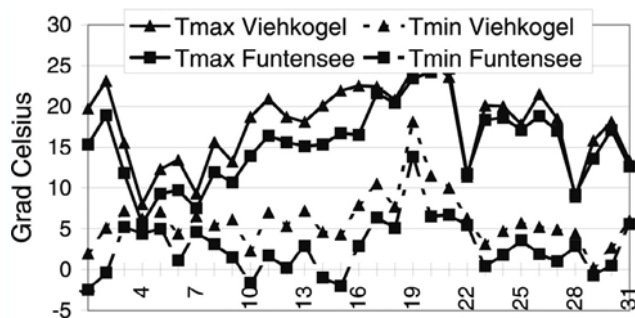


Abb 3: Temperaturextreme im August 2000 an den Stationen Viehkogel und Funtensee.

Vergleichsweise betragen in der gleichen Nacht die Minima auf der Zugspitze nur  $-23,7^{\circ}\text{C}$  und auf dem Wendelstein  $-18,8^{\circ}\text{C}$ .

Auch im Jahresverlauf zeigt sich die Bedeutung der Minimumtemperaturen. Als Beispiel ist in Abb. 2 der August 2000 vorgestellt. An der ca. 100 m über der Station Funtensee gelegenen Station Viehkogel treten phasenweise deutlich höhere Temperaturmaxima auf (Abb. 3). Höhere Einstrahlung am Hang und die sich nur langsam auflösende Bodeninversion am Funtensee sind dafür ursächlich.

So traten im April des Jahres 2000 23 Frosttage (in ca. 2 m Höhe), im Mai und im Juli 8, und sogar im August noch 6 Frosttage auf. Die Anzahl der Tage mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt stieg im September wieder auf 12 und im Oktober auf 19 Tage

an. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Messhöhe im Sommer ca. 2,5 m über Grund liegt, aber am Boden sicher noch um einige Grad Celsius tiefere Temperaturen auftreten können.

### Schlussfolgerung und Ausblick

Die Beobachtungen der Temperatur am Funtensee zeigen deutlich, dass einzelne Sonderstandorte (hier Muldenlage) nicht geeignet sind, die zeitlich-räumliche Variabilität zu erklären. Es wird eine Aufgabe in naher Zukunft sein, mit Hilfe von Vergleichsstationen, digitalem Geländemodell, Landnutzung, Schneedeckenentwicklung, flächendeckender Fernerkundung und Mesoskalamodellierung zu einer Systembeziehung zu gelangen, die lokale Ökosystemeigenheiten, die meteorologisch bedingt sind, erklären helfen.

Aus diesem Grund werden die Messungen am Funtensee trotz der widrigen Bedingungen in den kommenden Jahren fortgeführt, um eine genauere Statistik zu erhalten und die zumindest im deutschen Alpenraum weitgehend einmaligen Verhältnisse besser studieren zu können. Als Beispiel für eine zu klärende Frage sei genannt: Welcher Mechanismus reduziert die absolute Feuchte, so dass bei Temperaturen unter  $-30^{\circ}\text{C}$  kein Nebel auftritt und noch weiter abgestrahlt werden kann?

Frau stud. rer. nat. Stefanie Mayer und Frau stud. rer. rat. Andrea Reiter sei für die Mitarbeit gedankt.