

Tafel 3.4 Räumlich-zeitliche Variationen des Wasseräquivalentes der Schneedecke

Einleitung

Unter Wasseräquivalent der Schneedecke wird die Wassersäule verstanden, die bei vollständigem Schmelzen der Schneedecke ohne Abfluss und Verdunstung entstehen würde. Diese Grösse wird meist in der Dimension mm angegeben. 1 mm Wasseräquivalent entspricht 1 kg/m^2 . Das Wasseräquivalent der Schneedecke beschreibt den in der Schneedecke über Tage, Wochen oder Monate gespeicherten Wasservorrat. Auf die Bedeutung des Wasseräquivalentes wird in Tafel 3.3 ausführlich hingewiesen.

Datengrundlage

Als Datenbasis dienen 53 ETH- und SLF/ETH-Stationen mit Messungen des Wasseräquivalentes (14täglich, teilweise wöchentlich), 72 SMA-Stationen mit Messungen der Schneehöhe (HS) und der Neuschneehöhe (HN) (zweimal täglich) und 35 SLF-Stationen mit täglicher Messung von HS und HN. Einen umfassenden Überblick über das Stationsnetz vermittelt die Tafel 3.1. An den Stationen, an denen nur Schneehöhen gemessen werden, müssen die Wasseräquivalentwerte aus den Neu- und Gesamtschneehöhen mit Hilfe des von [6] modifizierten Setzungsmodells nach [5] berechnet werden.

Wasseräquivalentkarten

Die Karten zum Wasseräquivalent der Schneedecke geben einen Überblick über die langjährigen mittleren Wasseräquivalente der Schneedecke an den vier Terminen 1. Januar, 1. März, 1. April und 1. Mai. Grundsätzlich beziehen sich diese Werte auf die Periode 1961 bis 1985. Es wurden aber auch zusätzliche Stationen berücksichtigt, sofern ihre Messdauer mindestens zwanzig Jahre umfasst. Die Karten bauen auf Pixeln der Grösse $2 \text{ km} \cdot 2 \text{ km}$ auf. Zur Darstellung wurden die Wasseräquivalentwerte klassiert. Die höchste, nach oben offene Klasse beinhaltet Werte > 1250 mm. Sie umfasst grosse Höhenlagen, in denen im allgemeinen eine starke Umverteilung der Schneedecke durch Wind und Lawinen stattfindet. Die Stützstellen der Interpolation sind mittels Signaturen dargestellt. Dabei wird zwischen gemessenen und aus Schnee- und Neuschneehöhenmessungen berechneten Wasseräquivalentwerten unterschieden. Die langjährigen mittleren, minimalen und maximalen Wasseräquivalentverläufe an den Messstationen sind in Tafel 3.3 dargestellt.

In den Karten kommt zum Ausdruck, dass die grössten Werte gegen Ende Winter in den hochgelegenen Regionen des östlichen und zentralen Alpennordhanges auftreten. Das Gebiet mit den maximalen Werten liegt in den Quellregionen der Hauptflüsse Rhone, Tessin, Reuss und Aare. Im Vergleich mit der Höhenlage eher tiefe Werte treten am westlichen Alpennordhang, im südlichen Wallis und im Engadin auf.

Methodik

Als Methode zur räumlichen Interpolation des Wasseräquivalentes der Schneedecke wurde dreidimensionales Kriging mit intrinsischen Zufallsfunktionen der Ordnung 1 und verallgemeinerten Kovarianzfunktionen verwendet [3]. Als Stützstellen dienten die oben erwähnten 160 Stationen. Ausgehend vom digitalen Geländemodell RIMINI wurde in allen drei Raumdimensionen mit einer Auflösung von $2 \text{ km} \cdot 2 \text{ km}$ interpoliert. Zur Berechnung der Pixelwerte wurden jeweils neun Stationen verwendet. Die unterschiedlichen Reihenlängen wurden in den Kriginggewichten berücksichtigt. Als zusätzliche Information für die Interpolation in der z-Dimension (Höhe über Meer) wurden auch die Resultate von räumlich hochaufgelösten Spezialmessnetzen wie dem

Wägital (900 m bis 1800 m ü. M., [2]), dem Alptal (1140 m bis 1450 m ü. M., [4]), dem Linth-Limmern-Gebiet (1800 m bis 2900 m ü. M.) und dem Dischmatal (1600 m bis 2100 m ü. M.) verwendet.

Zeitreihen des Wasseräquivalentes

Für eine Auswahl von Stationen sind in der Figur 1 Zeitreihen des Wasseräquivalentes am Pegel an den Terminen 1. Januar, 1. März, 1. April und 1. Mai dargestellt. Die ausgezogene Linie repräsentiert die mittels eines Gauss'schen Tiefpassfilters über jeweils fünf Jahre geglätteten Terminwerte. Auffallend sind die Schwankungen mit einer Quasi-Periode von etwa zehn Jahren, die auch bei den Schneehöhen feststellbar sind (vgl. Tafel 3.1). Winter mit hohen Äquivalentwerten waren z. B. 1944/45, 1950/51, 1965/66, 1974/75, 1981/82 und 1987/88. Ende der achtziger, anfangs der neunziger Jahre scheint – zumindest an den tieferen Stationen eine Tendenz zu schneeärmeren Wintern vorzuliegen. Allerdings brachte der Winter 1991/92 an den meisten Stationen wieder überdurchschnittliche Wasseräquivalentwerte. An der hochgelegenen Station Weissfluhjoch ist kein Trend festzustellen.

Wasserreserven verschiedener Einzugsgebiete

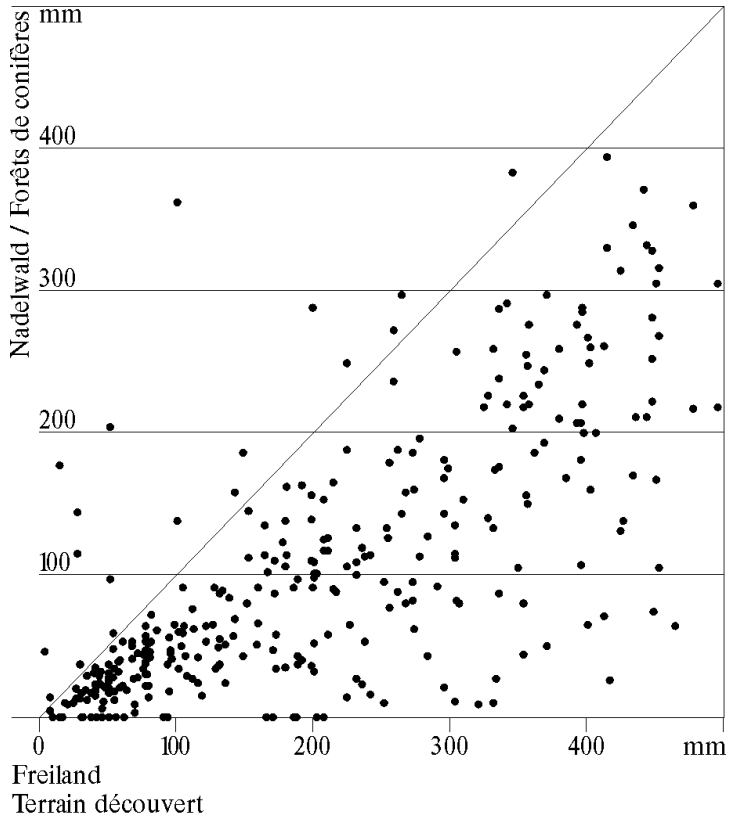
In der Figur 2 sind die mittleren Wasserreserven der Flussgebiete des Rheins, der Aare und der Limmat an den Terminen 1. Januar und 1. April in Abhängigkeit der Höhe dargestellt. Die Wasserreserven sind stark von der jeweiligen Hypsographie geprägt; die je nach Flussgebiet unterschiedlichen Wasseräquivalentwerte auf derselben Höhenstufe treten eher in den Hintergrund. Da eine generalisierte Version des RIMINI-Höhenmodells verwendet wurde (2 km · 2 km-Raster), können sich bei den Höhenangaben der Flussgebiete im Vergleich mit anderen Atlas-Tafeln kleinere Abweichungen ergeben.

Einfluss des Waldes auf das Wasseräquivalent der Schneedecke

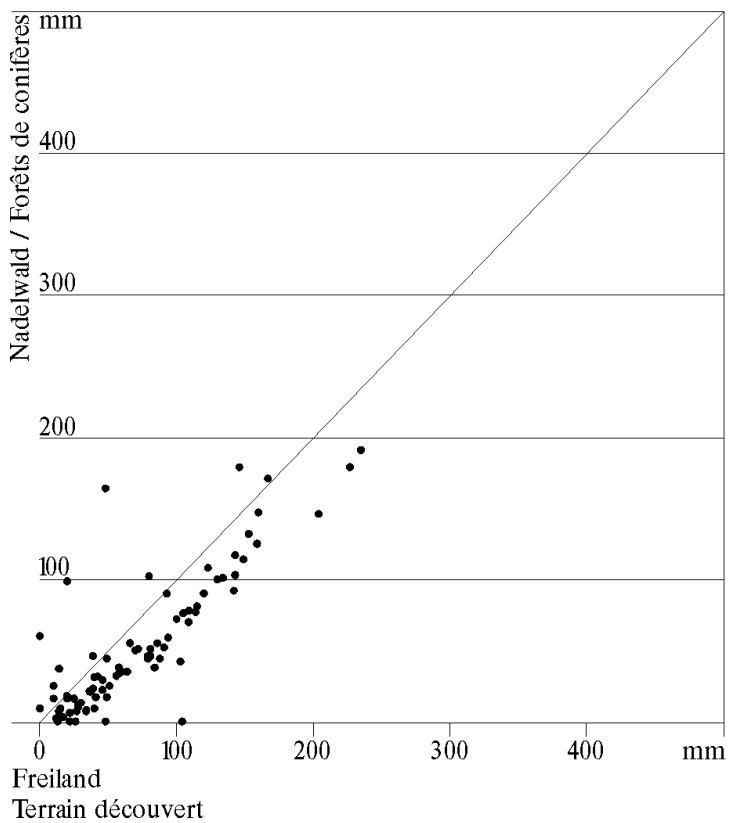
Ein teilweise noch ungelöstes Problem stellen die Wasseräquivalente im Wald dar, da sich fast alle Messstellen im freien Gelände befinden. Verallgemeinert kann gesagt werden, dass die Wasseräquivalente im Wald vor allem aufgrund der Interzeptionsverluste tiefere Werte aufweisen als im Freiland. In Gebieten mit eher tiefen Wasseräquivalentwerten sind allerdings Ausnahmen zu beobachten. In untenstehender Figur 3 sind die Werte von Vergleichsmessungen dargestellt. Diese Daten stammen von vier Messstreckenpaaren im Alptal (zwischen 1140 m und 1450 m ü. M., Periode 1984–1994) und von fünfzehn Messstreckenpaaren aus dem Hessischen Mittelgebirge (zwischen 100 m und 800 m ü. M., Periode 1971–1981 [1]). Verglichen werden jeweils eine Messstrecke im Nadelwald mit einer in bezug auf Höhenlage und Exposition möglichst ähnlich gelegenen im Freiland. Die Aussage von Figur 3 sollte nicht unbesehen auf andere Gebiete und auf Laubwald übertragen werden.

Fig. 3
Vergleich von Messungen des Wasseräquivalentes im freien
Gelände und im Nadelwald
Comparison entre les mesures de l'équivalent en eau en terrain
découvert et en forêts de conifères

Alptal / Alptal



Hessisches Mittelgebirge / Monts hessois



Literatur

- [1] **Brechtel, H. M., Rapp, J., Scheele, G. (1984):** Der Einfluss des Waldes und der Landnutzung auf die Schneeansammlung und Schneeschmelze in den Hessischen Mittelgebirgen. In: DVWK-Mitteilungen, Nr. 7:567–574, Hamburg.
- [2] **Fischer R. et al. (1994):** Zeitliche und räumliche Variationen der Schneeverhältnisse im Wägital im Zeitraum 1943–1993. Berichte und Skripten, Geographie ETH, Nr. 53, Zürich.
- [3] **Jensen, H. (1989):** Räumliche Interpolation der Stundenwerte von Niederschlag, Temperatur und Schneehöhe. Zürcher Geographische Schriften, Nr. 35, Zürich.
- [4] **Keller, H. M., Strobel, T., Forster, F. (1984):** Die räumliche und zeitliche Variabilität der Schneedecke in einem schweizerischen Voralpentale. In: DVWK-Mitteilungen, Nr. 7:257–284, Hamburg.
- [5] **Martinec, J. (1977):** Expected snow loads on structures from incomplete hydrological data. In: Journal of Glaciology Vol. 19, No. 81:185–195, Cambridge.
- [6] **Rohrer, M. (1992):** Die Schneedecke im Schweizer Alpenraum und ihre Modellierung. Zürcher Geographische Schriften, Nr. 49, Zürich.