

DWD

Ergebnisse des operationellen Testbetriebs des Modells

SNOW, Vers. 4.0,

im Winter 2009/2010

Bearbeiter:

Dr. Thomas Reich
Gerold Schneider

Inhaltsverzeichnis

1.	EINLEITUNG	3
2.	DATEN – BEREITSTELLUNG UND VERFÜGBARKEIT	3
3.	PROGRAMMABARBEITUNG	4
4.	METHODIK ZUR VERIFIKATION DER MODELLERGEBNISSE	5
5.	VERIFIKATIONSERGEBNISSE IM ÜBERBLICK	6
6.	VERIFIKATION ANHAND EINES EINZELNEN TERMINS: 25.02.2010	8
7.	VERIFIKATION ANHAND EINZELNER MESSSTELLEN	10
8.	ZUSAMMENFASSUNG	12
	LITERATUR	12

1. Einleitung

Im Winter 2009/2010 wurden die drei Modelle SNOW-D, SNOW 3 und SNOW 4 parallel abgearbeitet. Dabei lief die neue Modellversion 4 erstmals unter operationellen Bedingungen – nachdem in den vorangegangenen Monaten umfangreiche Testrechnungen mit den Daten des Winters 2008/2009 durchgeführt worden waren.

Im Folgenden werden die Ergebnisse dieses Testbetriebs dargestellt; dabei wird auch auf vergleichbare Ergebnisse der älteren Modellversion SNOW 3 und des DWD-NWV-Modells COSMO-EU zurückgegriffen. Auf die Einbeziehung der Ergebnisse des überalterten Modells SNOW-D, dessen Betrieb nach Ende des Winters 2009/2010 eingestellt wird, wurde verzichtet.

Da die Schneebedeckung des Winters – mit Ausnahme kleinerer Gebiete im alpinen Bereich – im wesentlichen während des März 2010 abgebaut wurde, beschränkt sich der vorliegende Bericht auf die Monate November bis März.

2. Daten – Bereitstellung und Verfügbarkeit

Die Datenbereitstellung umfasst sowohl den Zugriff auf die Daten der DWD-eigenen Datenbank als auch auf Daten aus den Partnermessnetzen der Länder sowie auf Daten der Dienste benachbarter Länder (z.Z. MétéoFrance und ZAMG). Zum Import der Daten anderer Netze war in der Regel für jeden Netzbetreiber ein gesondertes Bereitstellungsmodul zu entwickeln und zu testen.

Bei der Datenbereitstellung kam es im gesamten Zeitraum zu keinen gravierenden Schwierigkeiten (vgl. Abbildung 1). An einigen Tagen im November bis Januar lagen die gewünschten Daten nicht in der DWD-Datenbank vor bzw. konnten ihr aus technischen Gründen nicht entnommen werden. Während des gesamten untersuchten Zeitraums arbeitete SNOW4 damit nur an 1,3% aller Termine mit eingeschränktem Datenumfang.

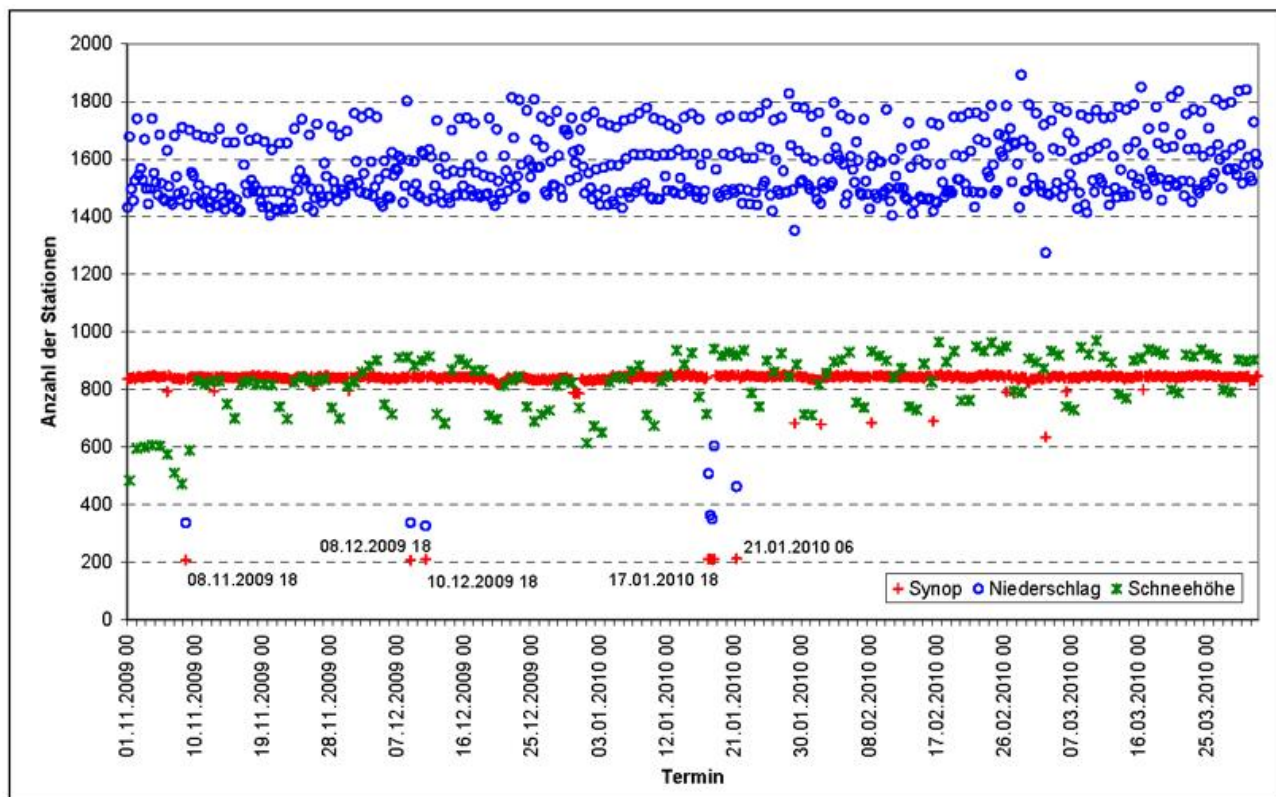


Abbildung 1: Datenverfügbarkeit SNOW4, 01.11.2009 bis 31.03.2010

Am 03.02.2010 06 UTC konnte SNOW4 keine aktualisierte Schneeschmelzvorhersage liefern, da der COSMO-EU-Output nicht zeitgerecht verfügbar war. Statt dessen wurde die Prognose auf der Grundlage der sechs Stunden zurückliegenden COSMO-EU-Vorhersage gerechnet. Der Vorhersagezeitraum verkürzte sich dadurch zwar um eben diese sechs Stunden, die Vorhersage basierte aber auf dem anhand der neuen Messdaten aktualisierten Startzustand.

Besondere Probleme im Zusammenhang mit den Bodendaten sollen hier nur kurz genannt werden:

- Im zurückliegenden Winter ist es an Messstellen mit automatischen Schneehöhensensoren auf Grund von Schneeverwehungen zur Meldung nicht repräsentativer Schneehöhenwerte gekommen. Hier ist nach ergänzenden Methoden zur Eliminierung derartiger Fehlmessungen zu suchen (s.u.).
- Messstellen innerhalb (hauptamtliche Wetterwarten) und außerhalb Deutschlands melden nahezu einheitlich keine Schneehöhen $D_n = 0$ cm, obwohl solchen Meldungen zur Bestimmung der Schneegrenze hohe Bedeutung zukommt. Ohne diese Informationen werden Schneegebiete unnötig „breit gewischt“. Innerhalb des DWD werden die gewünschten Informationen entweder den Meldungen zum Erdbodenzustand oder den Daten der automatischen Schneehöhensensoren entnommen. Hier sind Gespräche mit den ausländischen Partnern (Meteo-France, ZAMG) erforderlich, um entsprechende Informationen auch von diesen Diensten zu erhalten.
- Ebenso liegen außerhalb Deutschlands keine Messungen des Wasseräquivalents vor. Die von SNOW an solchen Stellen vorgenommenen Extrapolationen verringern definitiv die Genauigkeit der Modellergebnisse. Es ist nach zusätzlichen Datenquellen zu suchen.
- Aus einigen Nachbarländern (Polen, Schweiz, Tschechien) liegt derzeit noch kein hinreichendes Angebot von Bodendaten vor. Auch hier sind begonnene bilaterale Gespräche fortzusetzen.

3. Programmabarbeitung

Im gesamten Zeitraum kam es zu *keinem* Ausfall des Modells. Bei den in Abschnitt 2 erwähnten Terminen mit Datenausfall griffen die jeweiligen Module entweder auf Daten der Vortermine zurück, oder sie versuchten anhand der verbliebenen Daten auftretende Lücken zu überbrücken.

In den ersten Tagen der Wintersaison wurden noch kleinere Korrekturen und Anpassungen vorgenommen, die aber den Routinebetrieb nicht beeinträchtigten. Im Februar wurde ein Fehler im Skript für die Output-Bereitstellung beseitigt: In Einzelfällen behinderten sich das Modul SnOut zur Output-Bereitstellung für die Kunden und der AFD, mit dessen Hilfe die Outputdateien in den Kundenbereich übertragen werden; infolge dessen traten Dateilängen von 0 Byte auf dem ftp-Server auf, da Output-Dateien schon vor der Fertigstellung bzw. vor dem Komprimieren kopiert wurden.

Auch die Abarbeitungszeit blieb an den meisten Tagen unterhalb der 2-Stunden-Grenze, wie in Abbildung 2 gezeigt wird. Starttermin für die Abarbeitung der Module war stets genau eine Stunde nach dem jeweiligen Vorhersagezeitpunkt. Der Output für die Nutzer stand mithin in der Regel zwei bis drei Stunden nach dem Vorhersagezeitpunkt auf den FTP-Servern des DWD bereit. Zu dieser Zeit ist noch die Abarbeitungszeit des Moduls LMRegio (zur Anpassung des COSMO-EU-Outputs an das SNOW-Gitter, vgl. [2], S. 5ff) von etwa 20 Minuten hinzuzurechnen; da es aber in der Regel eine Stunde vor dem Vorhersagezeitpunkt gestartet wird, hat seine Abarbeitungsdauer keinen Einfluss auf die Bereitstellungszeit der Ergebnisdateien.

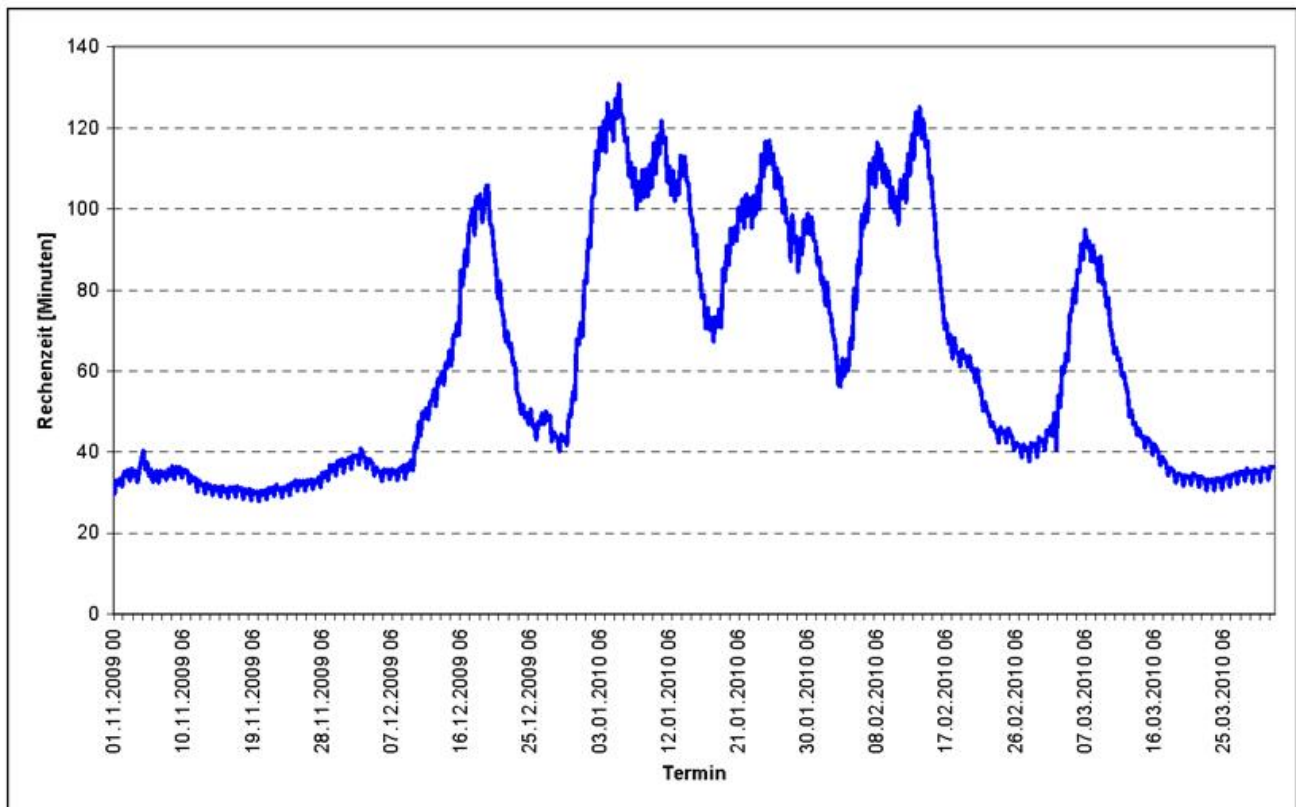


Abbildung 2: Modell-Rechenzeit im Winter 2009/2010

4. Methodik zur Verifikation der Modellergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse eines Vergleichs der für den Winter 2009/10 (November bis März) berechneten Modellwerte von SNOW, Version 4, mit den zeitnah gesicherten Schneedeckenwerten des Lokalmodells COSMO-EU und des Modells SNOW 3.1 präsentiert. Dabei werden nicht alle vorliegenden Gitterpunktswerte verglichen, sondern nur Werte an denjenigen Gitterpunkten, denen eine Messstelle des SYNOP- oder AMDA-Messnetzes des DWD zugeordnet werden kann, an der Schneedeckenparameter gemessen worden sind – entweder nur die Höhe der Schneedecke, D_n , oder auch das spezifische Wasseräquivalent R_n . Falls beide Messgrößen vorliegen, kann daraus das Wasseräquivalent der Schneedecke, W_n , berechnet werden.

Ausgangspunkt für den Modellvergleich sind aber – da die Messwerte des spezifischen Wasseräquivalents nur sporadisch vorliegen und darüber hinaus auch mit größeren Fehlern behaftet sein können – die in SNOW 4 verwendeten, anhand von Messungen regionalisierten Werte des Wasseräquivalents der Schneedecke an den für insgesamt 444 Messstellen der genannten Netze repräsentativen Gitterpunkten. Abbildung 3 zeigt die regionale Verteilung dieser Messstellen.

Diesen Werten werden sowohl die gemessenen Stationswerte als auch die durch die beiden SNOW-Modellversionen berechneten W_n gegenübergestellt. Für das COSMO-EU wurde der entsprechende Vorhersagewert der 6 Stunden zurückliegenden Prognose für diesen Zeitpunkt verwendet.

Bei der Übertragung sowohl der Modelldaten aus SNOW 3 als auch aus COSMO-EU besteht das Problem, dass deren Gitternetz nicht kongruent mit dem von SNOW 4 ist. Im Falle von SNOW 3, das zwar die gleiche Maschenweite, aber eine andere Kartenprojektion verwendet, wurde dem SNOW 4-Gitterpunkt der jeweils nächste Gitterpunkt von SNOW 3 zugeordnet. Für die Daten aus dem COSMO-EU, das zudem noch eine wesentlich größere Maschenweite aufweist, wurde stets ein gewichtetes Mittel aus den nächsten 4 bis 9 Gitterpunkten gebildet.

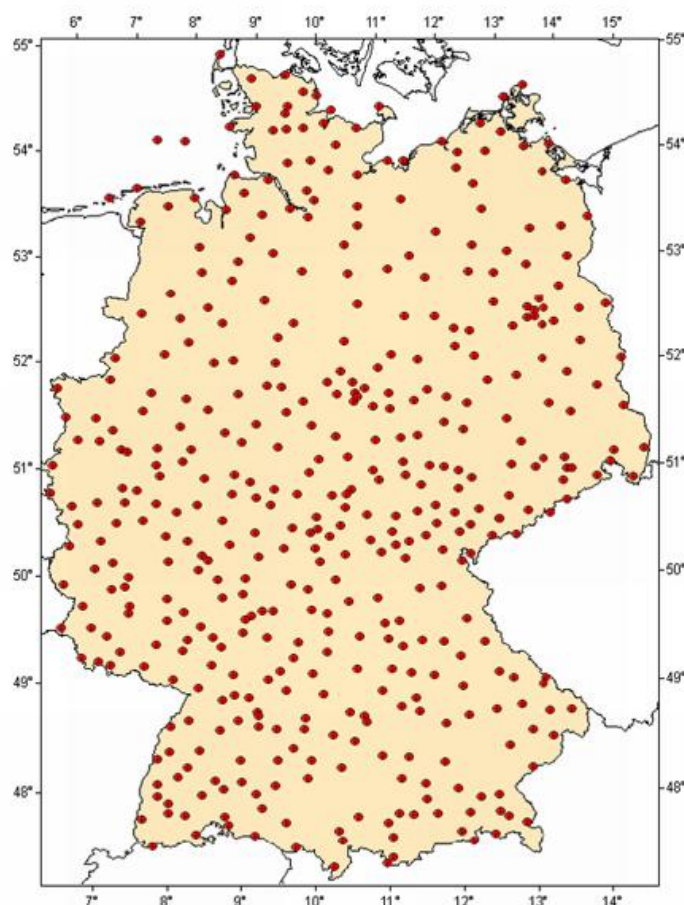


Abbildung 3: Lage der 444 zur Verifikation verwendeten Messstellen bzw. Gitterpunkte

Angesichts dieser problematischen Übertragung sind die im folgenden Abschnitt berechneten **rmse**-Werte nur als relative Fehler zu betrachten, in denen nicht nur der eigentliche Modellfehler, sondern auch ein Fehleranteil enthalten ist, der aus der Übertragung zwischen den Koordinatensystemen erwächst. Die Größe dieses „Übertragungsfehlers“ zu bestimmen, ist nicht ohne weiteres möglich.

Bei der Gegenüberstellung von Gitterpunkt- und Stationswerten ist außerdem zu beachten, dass die Geländehöhe des Gitterpunktes repräsentativ für das umliegende, 1 km² große Feld ist und damit von der Geländehöhe der in diesem Feld liegenden Station abweichen kann. Im Mittel beträgt diese Differenz nur etwa 4 m – allerdings bei einer Streuung von etwa 60 m. Die größte Abweichung vom Durchschnittswert des Gitterpunktes hat die Höhe der Station Zugspitze – mit 612 m. Vor diesem Hintergrund wird die Entscheidung für den regionalisierten Wert klar: Durch die zufällige Lage der Messstelle in der Umgebung des Gitterpunktes kann es neben den durch die Messung selbst bedingten Unsicherheiten zu zusätzlichen, mehr oder weniger großen Abweichungen vom Flächenwert kommen.

5. Verifikationsergebnisse im Überblick

Für die insgesamt 604 simulierten Termine (davon 467 mit einer Schneedecke an wenigstens einer der untersuchten Messstellen) wurden die Differenzen der Modellwerte zum regionalisierten Wert bestimmt und entsprechende Mittelwerte und mittlere quadratische Abweichungen, **rmse**, berechnet.

Dabei wurden nur diejenigen Gitterpunkte berücksichtigt, an denen zum Termin eine Schneedecke vorlag. In Tabelle 1 werden die mittlere Anzahl der berücksichtigten Gitterpunkte bzw. Stationen **N**, der Mittelwert μ der regionalisierten Werte des Wasseräquivalents und die mittlere quadratische

Abweichung von simulierten und regionalisierten Werten *rmse* angegeben. Dabei wurde zum einen das gesamte 750 x 1000 km große Gebiet von SNOW 4 (maximal 444 Messstellen) und zum anderen der etwa 192000 Gitterpunkte umfassende Bereich von SNOW 3 (maximal 238 Messstellen) betrachtet.

Tabelle 1: Abweichungen des Wasseräquivalents W_n [mm] für die unterschiedlichen Modelle im Winter 2009/2010 (Mittelwerte über 467 Termine); N = mittlere Anzahl der berücksichtigten Stationen

	ALLE GP			GP IM SNOW 3-GEBIET		
	N	μ	<i>rmse</i>	Stationen	μ	<i>rmse</i>
Primärstatistik der regionalisierten Werte [mm]	270	37.4	$\sigma = 40.2$	150	38.3	$\sigma = 46.6$
<i>Absolute Differenzen [mm Wasseräquivalent W_n]</i>						
Messwerte – regionalisierte Werte	89	+20.9	36.6	49	+15.3	23.9
COSMO-EU – regionalisierte Werte	270	-6.7	47.6	150	-8.0	30.4
SNOW 3 – regionalisierte Werte	--	--	--	150	-2.0	24.6
SNOW 4 – regionalisierte Werte	270	-4.9	10.8	150	-5.3	11.0
<i>Relative Differenzen [% von Mittelwert μ der Primärstatistik]</i>						
COSMO-EU – regionalisierte Werte	--	-17.9	127.3	--	-20.9	79.4
SNOW 3 – regionalisierte Werte	--	--	--	--	-5.2	64.2
SNOW 4 – regionalisierte Werte	--	-13.1	28.9	--	-13.8	28.7

Zur Primärstatistik sei angemerkt, dass Mittelwert μ und Standardabweichung σ (anstelle *rmse*) im SNOW 3-Bereich etwas höher sind als im Gesamtgebiet, was der Tatsache geschuldet sein dürfte, dass in diesem Teilbereich auch der Flächenanteil gebirgiger Regionen höher und damit eine größere Variabilität der Schneedecke zu erwarten ist.

Andererseits zeigt sich, dass die regionalisierten Werte in beiden Bereichen im Mittel etwas geringer waren als die gemessenen. Die durchschnittlich großen Abweichungen der gemessenen Werte (*rmse* = 36.6 mm) dürften – neben der bereits erwähnten Unterschiede von Stations- und Gitterpunkthöhen – auch durch die im untersuchten Winter große Häufigkeit von Schneeverwehungen (vor allem im norddeutschen Flachland) begründet sein. Diese Annahme wird gestützt durch die Tatsache, dass die Abweichungen zwischen gemessenen und regionalisierten Werten im Gebiet von SNOW 3 geringer waren als im Gesamtgebiet. Das SNOW 4-Regionalisierungsverfahren glättet singuläre Werte zwar, sondert aber nur extreme Abweichungen vor der Interpolation aus. Hier ist in Zukunft nach ergänzenden Methoden zu suchen, um Fehlmessungen der Schneedeckenhöhe – vor allem bei automatischen Schneehöhensensoren – künftig effektiver zu eliminieren.

Die simulierten Werte aller drei Modelle – beide SNOW-Versionen und das COSMO-EU – weisen im Mittel negative Abweichungen zu den regionalisierten Werten auf; diese Mittelwertdifferenzen sind allerdings stets erheblich geringer als die *rmse*-Werte. Im Falle von SNOW 4 beträgt die Mittelwertdifferenz weniger als -14 mm, der *rmse*-Wert dagegen etwa 29 mm – bei einem mittleren Wasseräquivalent von etwa 38 mm. SNOW 3 weist mit -5 mm die geringste Abweichung der Mittelwerte auf, zeigt aber im Vergleich mit SNOW 4 eine doppelt so hohe Fehlervarianz. Auch wenn man die Problematik bei der Übertragung der Gitterpunktwerte von einem Modell zum anderen berücksichtigt, lässt sich dieser Unterschied nicht allein aus räumlichen Differenzen – in diesem Falle höchstens 1000 m – erklären. Eine Möglichkeit für die vergrößerte Varianz könnte auch in den Unterschieden der zugrundeliegenden Höhenmodelle liegen: Im Gegensatz zu den geglätteten Höhenwerten von SNOW 4 verwendet SNOW 3 tatsächliche Punktwerte der Geländehöhe am jeweiligen Gitterpunkt.

Generell lässt sich folgern, dass die durch das Modell SNOW 4 modellierten Daten im Mittel über die gesamte Schneedeckenperiode meist weniger als 30 % von den durch Messwerte gestützten regionalisierten Werten abweichen – angesichts der Probleme bei der Messung des Wasseräquivalents selbst ein zufriedenstellendes Ergebnis.

In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, dass das Modell SNOW in festen Abständen (SNOW 3 an drei Tagen in der Woche, SNOW 4 täglich nach Datenlage) den Modellzustand anhand der Messwerte überprüft und ihn bei größeren Abweichungen nachführt – allerdings nicht gänzlich an die Messung angleicht. Insofern können regionalisierte Werte und Modellwerte in ihrer Gesamtheit nicht als unabhängig betrachtet werden.

6. Verifikation anhand eines einzelnen Termins: 25.02.2010

Dass es im Einzelfalle durchaus Abweichungen von diesem „Durchschnittsbild“ geben kann und muss, zeigt die Zusammenstellung der gleichen Größen für ein konkretes Datum – den 25.02.2010, 06 UTC, einen Tag während der Abbauphase der nahezu ganz Deutschland bedeckenden Schneedecke – in Tabelle 2. An diesem Tag lag die letzte Nachführung von SNOW 4 bereits neun Tage zurück. Für diesen Termin steht der Wert N nicht für die mittlere, sondern für die tatsächliche Anzahl der verwendeten Messstellen zu diesem Termin.

Es zeigt sich zunächst, dass die Abweichungen zwischen regionalisierten Werten und Messwerten während der Abbauphase deutlich unter dem Durchschnitt liegen. Offensichtlich hat die Alterung der Schneedecke im Verlauf der etwa zwei Monate andauernden Periode zu einer – vor allem im Flachland – weitgehenden Homogenisierung geführt. Das bestätigt sich auch durch die Tatsache, dass sich der *mse* im Gesamtgebiet gegenüber dem Durchschnittswert des Winters verringert hat.

Allerdings weichen die arithmetischen Mittelwerte von regionalisierten und Modellwerten von SNOW 4 deutlich stärker ab – das Modell simuliert also (wie auch das COSMO-EU) an manchen Standorten einen deutlich schnelleren Abbau der Schneedecke, als dies in der durch Messwerte und Regionalisierung wiedergegebenen Realität der Fall ist. Die Ursachen für dieses Verhalten können vielfältig sein. Beispielsweise ist bekannt (vgl. [1], S. 17ff), dass geringfügige Veränderungen von Modellparametern das Zeitverhalten teilweise drastisch beeinflussen können. Eindeutige Schlussfolgerungen hierüber können jedoch erst nach eingehenden Untersuchungen gezogen werden.

Tabelle 2: Einzelbeispiel – Abweichungen des Wasseräquivalents W_n [mm] für die unterschiedlichen Modelle am 25.2.2010, 06:00 UTC (Abbauphase – 9 Tage ohne Nachführung); N = Anzahl der zum Termin berücksichtigten Stationen

	ALLE GP			GP IM SNOW 3-GEBIET		
	N	μ	rmse	N	μ	rmse
Primärstatistik der regionalisierten Werte [mm]	273	57.2	$\sigma = 52.7$	130	58.0	$\sigma = 60.5$
<i>Absolute Differenzen [mm Wasseräquivalent W_n]</i>						
Messwerte – regionalisierte Werte	97	+4.7	31.8	48	+7.4	30.2
COSMO-EU – regionalisierte Werte	273	-18.3	68.8	130	-18.9	32.4
SNOW 3 – regionalisierte Werte	--	--	--	130	+0.5	27.5
SNOW 4 – regionalisierte Werte	273	-11.1	22.6	130	-16.5	24.6
<i>Relative Differenzen [% von Mittelwert μ der Primärstatistik]</i>						
COSMO-EU – regionalisierte Werte	--	-32.0	120.3	--	-32.6	52.1
SNOW 3 – regionalisierte Werte	--	--	--	--	+0.9	47.4
SNOW 4 – regionalisierte Werte	--	-22.9	39.5	--	-28.4	42.4

Darüber hinaus liegen für Schneehöhen von weniger als 5 cm (wegen der zu erwartenden großen Messfehler) keine Dichtemessungen vor, was in der Schmelzphase – bei stark gealterter Schneedecke – einem Wasseräquivalent von 20 mm entsprechen kann. Zu den 97 bzw. 48 Stationen mit gemessenen W_n käme also eine nicht bekannte Anzahl von Werten ≤ 20 mm hinzu, durch die der Durchschnittswert der regionalisierten Werte gesenkt und damit der *rmse* der Modellwerte verringert würde. In diesem Falle handelt es sich also weniger um einen Mangel der Modelle als um das Problem, die „Realität“ als Maßstab für die Verifikation tatsächlich zu erfassen.

Im Vergleich zu SNOW 4 zeigen die Werte von SNOW 3 im Mittel geringere Abweichungen – allerdings lag hier die letzte Nachführung nicht neun, sondern erst einen Tag zurück. Die scheinbare „Güte“ des Modells wird also durch einen im Algorithmus festgelegten Eingriff vorgetäuscht. Nichts desto weniger deutet der für SNOW 3 ermittelte, noch immer erhebliche *rmse*-Wert darauf hin, dass eine derartige Nachführung das Modell zwar in seinem mittleren Verhalten wieder „ins Lot bringt“, die Genauigkeit im Einzelnen aber nicht im gleichen Maße erhöht.

Abbildung 4 zeigt die Häufigkeitsverteilungen der Abweichungen zwischen Modell und regionalisierten Messwerten für die drei Modelle an den schneebedeckten Gitterpunkten. Auf den ersten Blick ist die Unregelmäßigkeit der Verteilungen zu erkennen.

Während die Abweichungen des COSMO-EU ihren Modalwert bei etwa 0 mm haben, liegt bei beiden SNOW-Modellen der Modalwert in der Klasse um -10mm. Dabei weist die Verteilung der SNOW 3-Werte eine deutliche Verzerrung nach rechts auf – die Klassen oberhalb des Modalwertes (mit 24 %) beinhalten etwa 57 % aller Werte, die Klassen darunter dagegen insgesamt nur 19 %. Die Verteilung der SNOW 4-Werte ist dagegen relativ symmetrisch – mit 32 % unterhalb und 38 % oberhalb der Klasse des Modalwertes (mit 30 %). Die Modelldaten von COSMO-EU sind im Vergleich dazu wiederum nach unten verschoben: Unterhalb der Modalwertklasse (mit 25%) liegen 58 % aller Werte, oberhalb nur 17 %.

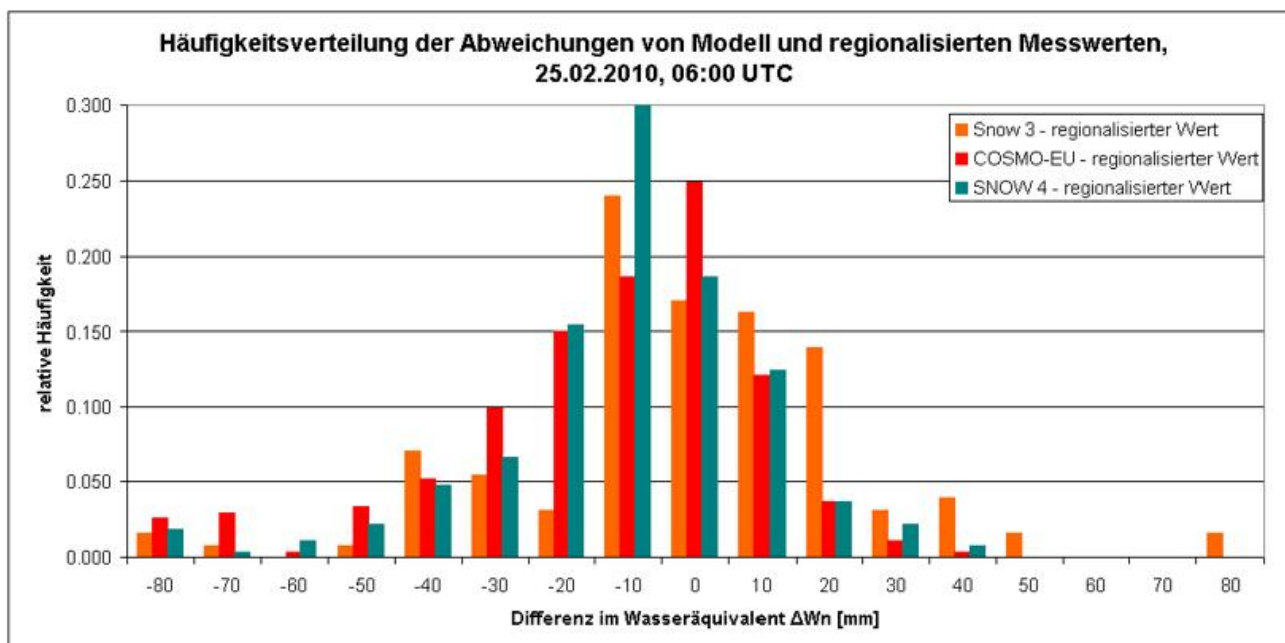


Abbildung 4: Empirische Häufigkeitsverteilungen der Abweichungen von Modellwert und regionalisiertem Messwert an den 130 (SNOW3) bzw. 273 (SNOW4, COSMO-EU) schneebedeckten Gitterpunkten am 25. Februar 2010

Ungeachtet all dieser Unterschiede im Detail sollte beachtet werden, dass es sich hier nur um einen einzelnen Termin handelt – bei anderen Terminen können sich die einzelnen Modelle auf Grund ihrer komplexen Struktur gänzlich anders verhalten.

7. Verifikation anhand einzelner Messstellen

Nach der Betrachtung eines einzelnen Termins soll in diesem Abschnitt das Verhalten der Modelle an einzelnen Messstellen bzw. den für sie repräsentativen Gitterpunkten demonstriert werden.

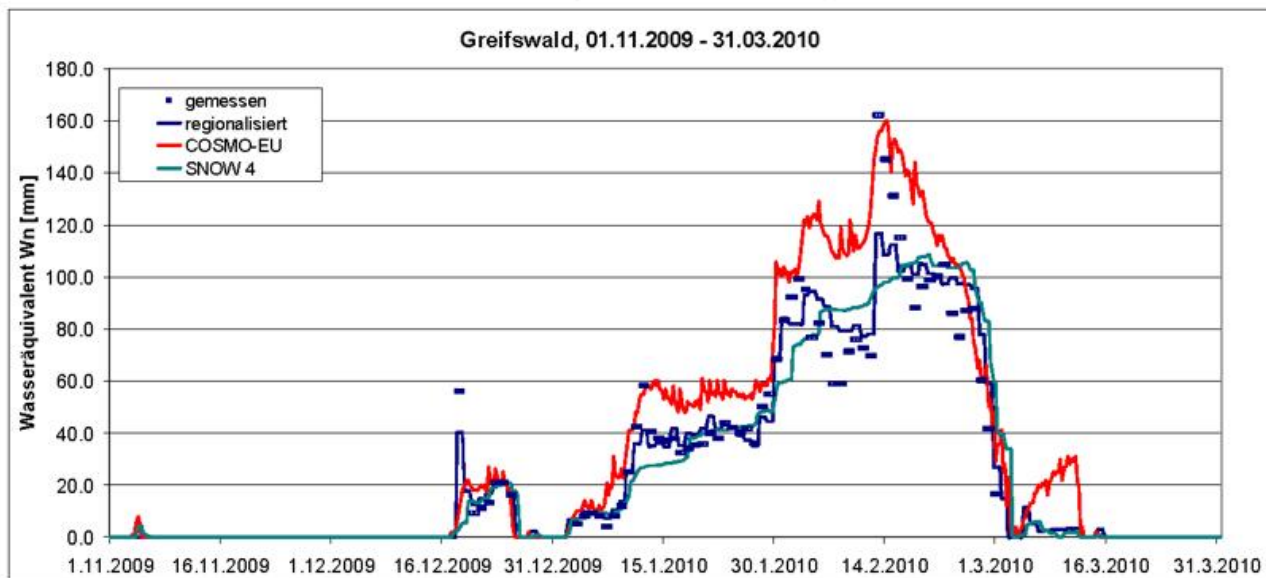


Abbildung 5 Wasseräquivalent W_n an der Station Greifswald vom 1.11.2009 bis zum 31.3.2010

Zunächst sei eine Station im Norden Deutschlands (außerhalb des Bereiches von SNOW 3) gezeigt. In Greifswald (Abbildung 5) wurden im zurückliegenden Winter die Schneehöhen des rekordverdächtig geltenden Winters 1978/1979 übertroffen. Auf Grund der starken Variabilität der einzelnen Schneemesswerte (s. o.) an den umliegenden Messstellen weisen die regionalisierten Werte im Februar mehr als 20 % geringere Werte auf. Das Wasseräquivalent von bis zu 120 mm stellt für einen Ort im norddeutschen Flachland dennoch einen Ausnahmefall dar.

Ungeachtet dessen folgen sowohl das COSMO-EU als auch SNOW 4 *zeitlich* recht genau dem Auf- und Abbau der Schneedecke, wobei SNOW 4 auch hinsichtlich der Beträge dicht am regionalisierten Wert bleibt, während das COSMO-EU in der Regel zu hohe Werte simuliert. Entsprechend weicht der Mittelwert von SNOW 4 nur um -0.9 mm von den regionalisierten Werten ab, wobei der *rmse* 10.0 mm beträgt. Die Werte des COSMO-EU liegen im Mittel 14.5 mm zu hoch und haben einen *rmse* von 20.9 mm. Wichtig ist – vor allem im Hinblick auf hydrologische Anschlussmodelle –, dass sowohl Auf- als auch der Abbau der Schneedecke in beiden Modellen zeitlich sehr gut wiedergegeben wird.

Zweites Beispiel sei eine für die Mittelgebirgsregionen repräsentative Station: Hof (Abbildung 6). Im Vergleich zu Greifswald überschreitet das Wasseräquivalent der Schneedecke hier nicht die Marke von 100 mm, der *zeitliche* Verlauf von Auf- und Abbau der Schneedecke wird aber auch hier von allen drei Modellen zeitgerecht wiedergegeben.

Auch am Gitterpunkt Hof simuliert das COSMO-EU mit einer mittleren Abweichung von +17.2 mm und einem *rmse* von 25.5 mm durchgängig zu viel Schnee, während die W_n von SNOW 3 nur bis etwa zum 20. Januar mit dem regionalisierten Wert übereinstimmen, danach aber im Mittel um 8.7 mm zu niedrige Werte simuliert. Der *rmse* für SNOW 3 beträgt 13.6 mm. Die Übereinstimmung von SNOW 4 ist mit einer Mittelwertdifferenz von nur -0.5 mm und einem *rmse* von 7.5 mm am besten. Wichtig ist aber wiederum die Tatsache, dass alle Modelle den Zeitpunkt des Abschmelzens sehr exakt reproduzieren.

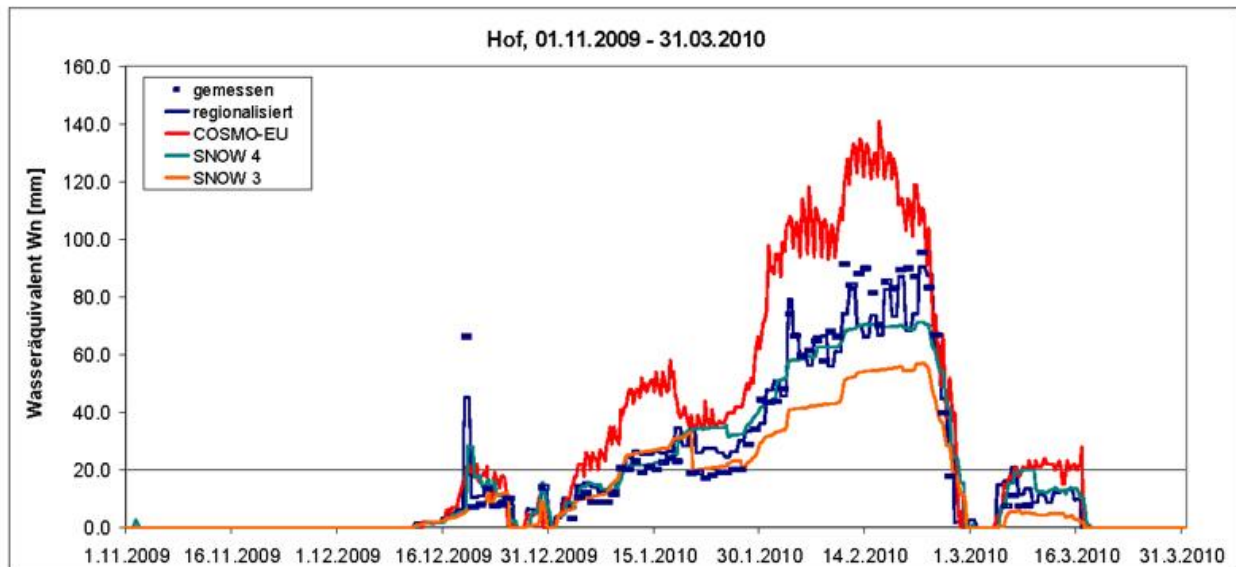


Abbildung 6: Wasseräquivalent W_n an der Station Hof vom 1.11.2009 bis zum 31.3.2010

Die dritte Vergleichsstation liegt im Alpenvorland: Hohenpeißenberg. Im Hinblick auf diesen Vergleich ist zunächst zu erwähnen, dass die mittlere Höhe des repräsentativen Rasterfeldes 781 m beträgt, die Stationshöhe jedoch 977 m, das entspricht einem Höhenunterschied von 196 m. Entsprechend diesem Höhenunterschied weichen die gemessenen und die regionalisierten Werte des Wasseräquivalents voneinander ab: Verglichen mit der auf dem Gipfel gemessenen Schneehöhe lagert sich an den Hängen und im Umland weniger Schnee ab. Der Unterschied zwischen Stationswert und Gitterpunktwert beträgt nahezu 20 mm (46.5 mm an der Station gegenüber 27.0 mm im Rasterfeld).

Entsprechend groß ist die Varianz der Modellwerte: Die COSMO-EU-Werte weichen zeitweise sowohl von der Messung als auch vom regionalisierten Wert stark ab ($rmse = 17.7$ mm). Wichtig vor allem: Das Modell simuliert den Abbau der Schneedecke bereits etwa eine Woche bevor dies in der „Realität“ der Fall ist. SNOW 4 folgt zwar bei der Akkumulation den regionalisierten Werten besser ($rmse = 12.1$ mm), verhält sich aber in der Abbauphase der Schneedecke ebenso „voreilig“. SNOW 3 dagegen weicht zwar von den regionalisierten Werten stärker ab ($rmse = 13.8$ mm) und folgt eher den Messwerten des Berggipfels, simuliert aber den Abbau der Schneedecke zeitnah zu Messungen und regionalisierten Werten.

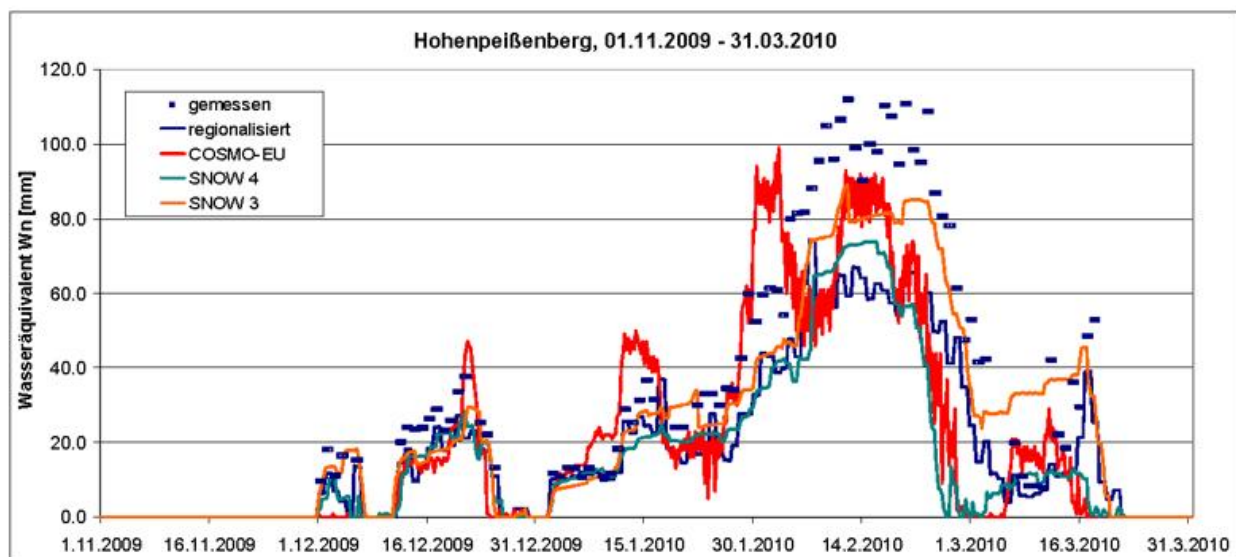


Abbildung 7: Wasseräquivalent W_n an der Station Hohenpeißenberg vom 1.11.2009 bis zum 31.3.2010

Hintergrund für das unterschiedliche Verhalten der Modelle könnte hier der Einfluss der unterschiedlichen topographischen Basis von SNOW 3 und SNOW 4 sein, so dass SNOW 3 mit den punktuellen Höhenwerten die Entwicklung der Schneedecke auf dem Berggipfel besser nachvollzieht als SNOW 4 mit einer „geglätteten“ Topographie. Ob diese punktuelle Präzision im Hinblick auf hydrologische Anschlussprozeduren vorteilhaft ist, bleibt fraglich. Bezüglich des abweichenden Zeitverhaltens werden künftige Testuntersuchungen mit veränderten Modellparametern zur Abgrenzung der Ursachen und zur Verbesserung des Verfahrens beitragen.

8. Zusammenfassung

Trotz aller Abweichungen im Einzelnen kann für den Winter 2009/2010 eine positive Bilanz gezogen werden. Die neue Version SNOW 4 läuft überaus stabil. Im Programmablauf selbst kam es zu keinen nennenswerten Störungen. Die beiden Modellversionen produzieren weitgehend übereinstimmende Ergebnisse, auch wenn lokal und temporär geringfügige Unterschiede auftraten. Diese weitgehend positive Bilanz darf allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass sie auf einem „Bilderbuchwinter“ mit einer lang anhaltenden, nahezu durchgehenden Schneeperiode beruht. In Wintern mit mehreren kurzen Schneeepisoden ist damit zu rechnen, dass die Simulationsergebnisse in völlig anderem Verhältnis zu den regionalisierten Werten stehen.

Literatur

- [1] REICH, T.; SCHNEIDER, G.: „Operationelle Simulation und Vorhersage der Schneedeckenentwicklung“, Sachstandsbericht SNOW, 31.08.2007, 26 S.
- [2] REICH, T.; SCHNEIDER, G.: „SNOW – Ein Modell zur Analyse und Vorhersage der Schneedeckenentwicklung“, Newsletter Hydrometeorologie Nr. 3, April 2010, S. 4 – 14