



OAW



ISSN 2074-9317

The Economics of Weather and Climate Risks Working Paper Series

Working Paper Nr. 10/2009

INSTITUTIONELLE UND REGULATORISCHE FRAGESTELLUNGEN DER BEREITSTELLUNG VON WETTERDATEN

Alexander Beck,⁴ Johann Hiebl,⁴ Elisabeth Koch,⁴ Roland
Potzmann,⁴ Wolfgang Schöner⁴

¹ Wegener Zentrum für Klima und globalen Wandel, Universität Graz

² Institut für Technologie- und Regionalpolitik, Joanneum Research Graz

³ Radon Institute for Computational and Applied Mathematics, Austrian Academy of Sciences

⁴ Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)

Inhalt

INHALT	1
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	1
TABELLENVERZEICHNIS.....	2
1 PROBLEMSTELLUNG	1
2 DATENERHEBUNG.....	4
2.1 DAS MESSNETZ DER ZAMG: METEOROLOGISCHE ELEMENTE	4
2.2 DAS MESSNETZ DER ZAMG, RÄUMLICHE AUFLÖSUNG.....	5
2.3 MESSNETZ DER ZAMG, ZEITLICHE AUFLÖSUNG DER MESSDATEN.....	6
3 DATENPRÜFUNG.....	7
4 DATENBEREITSTELLUNG	9
4.1 MESSWERTE – STATIONSBEZOGEN	10
4.2 METEOROLOGISCHE RASTERDATEN	10
5 KOSTENERHEBUNG FÜR KOMMERZIELLE ZWECKE.....	19
6 VORSCHLÄGE FÜR KONKRETE UMSETZUNGSMABNAHMEN IN ÖSTERREICH	20
7 SCHLUSSFOLGERUNGEN	21
8 BIBLIOGRAPHIE	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beschreibung der TAWES Tabelle	5
Abbildung 2: ZAMG Messnetz der Tawes Stationen	6
Abbildung 3: Datenbestand der Tagesdaten (ohne Fremddaten) 1872-1983, Stand Dezember 2008, in Stationsjahren.....	8
Abbildung 4: Ladungen der ersten 3 PCs für das 5km DEM (oben) und das 10km DEM (unten)	11
Abbildung 5: Strukturgramm des Regionalisierungstools mit EOF Feldern der Orographie als Prädiktor (für die Lufttemperatur wurde analog vorgegangen).....	12
Abbildung 6: Das Stationsnetz des StartClim Datensatzes	13
Abbildung 7: Flussdiagramm des verwendeten Schneedeckenmodells. Fallunterscheidungen sind gelb, Modellparameter rot hervorgehoben	14

Abbildung 8: Die Modellparameter im Jahreslauf. Während der kritischen Temperatur (T_c), der kritischen Schmelztemperatur (T_{mc}) und dem Auskühlungsfaktor (A_{cool}) konstante Werte zugeordnet sind, entspricht die jahreszeitliche Änderung des Gradtagsfaktors (A_{melt}) und der Dichtegewichtung (ρ) einer Sinus-Schwingung..... 16

Abbildung 9: Beispiel der INCA Temperaturanalyse vom 16. Juli 2007 (12 UTC)..... 17

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vollständigkeit von qualitätsgeprüften Daten..... 8

Tabelle 2: Beispiel von stationsbezogenen Indizes: Niederschlag 9

Tabelle 3: Beispiel von stationsbezogenen Indizes: Sonnenscheindauer 9

Tabelle 4: Erklärte Varianz (%) an der Orographiestruktur eines 5km und 10km Höhenraster durch die ersten 5 PCs..... 12

Abstract

Die ZAMG ist der nationale Wetterdienst von Österreich. Der Aufgabenbereich der ZAMG umfasst alle Tätigkeiten, die mit der Führung eines nationalen meteorologischen und geophysikalischen Dienstes verbunden sind, darunter die Führung eines meteorologischen Dienstes insbesondere für synoptische, klimatologische und aerologische Zwecke, einschließlich des Betriebes von entsprechenden Observatorien, Laboratorien, Messnetzen, von geeigneten Einrichtungen zur Beobachtung der freien Atmosphäre und des Empfangs sowie der Verarbeitung von Satellitendaten und ist im Forschungsorganisationsgesetz geregelt.

Das meteorologische Messnetz ist entsprechend der ausgeprägten vertikalen Gliederung des Bundesgebiets, Österreichs Lage im Übergangsbereich vom mehr atlantisch zur mehr kontinental geprägtem Klima und noch im Einflussbereich des Mittelmeerklimas liegend und auch der langen Tradition in meteorologischen Messungen folgend muss, im internationalen Vergleich sehr dicht. Seit dem Abschluss von „TAWES_neu“ sind rund 250 Messstellen im Betrieb, die die erhobenen Messdaten im 10 Minuten Takt an die Zentrale übermitteln.

Die Qualitätsprüfung der Messdaten hat an der ZAMG hohe Priorität. Im Jahr 2006 wurde die vom Deutschen Wetterdienst entwickelte Software QUALIMET zur Qualitätsprüfung der Ein- und Zehnminutenwerte im Routinebetrieb in Betrieb genommen. Damit konnte die zeitliche Auflösung der Prüfung von Tageswerten auf 10-Minutenwerte gesteigert werden.

Die Daten-Bereitstellung erfolgt nach eingegangener schriftlicher Bestellung und auf verschiedenen Wegen: von komplexen Internetportalen (wie z.B. das INCA Portal – Klick&Buy, sowohl für Analyse und Kurzfristvorhersage oder das Webportal für Versicherer von Elementarschäden zu Verifikation des Schadenanspruches - basierend auf sogenannten Klimadaten) bis zur Lieferung von Daten und maßgeschneiderten Gutachten (von „einfach“ bis komplex) auf dem herkömmlichen Postweg. Bei regelmäßiger Datenbereitstellung gibt es Abonnementverträge.

Neben der Lieferung von Analysen/Prognosen von „direkten meteorologischen Größen“ besteht auch hoher Bedarf an abgeleiteten Größen und Indizes wie zum Beispiel Zahl der Tage mit bestimmten meteorologischen Ereignissen bzw. mit dem Über/Unterschreiten von bestimmten Schwellgrößen, Heizgradtage, Kühögradstunden, Testreferenzjahren usf..

Die Messwerte und davon abgeleitete Indizes sind von allen Messstationen in verschiedener zeitlicher Auflösung verfügbar.

Mit der zunehmenden Verwendung von geographischen Informationssystemen ist der Bedarf an räumlich hoch aufgelösten Daten gestiegen, die ebenfalls von der ZAMG bereitgestellt werden und zwar für die meteorologischen Elemente Lufttemperatur, Niederschlag und Schnee in Tagesauflösung für die Jahre 1948 – 2006 (räumliche Auflösung 1 km x 1km).

Ab 2007 liegen operationell Rasterdaten, die mit dem Nowcastingsystem INCA berechnet wurden, vor.. INCA liefert auf einem 1-km Raster stündlich aktualisierte Analysen von Temperatur, Luftfeuchte, Wind, Globalstrahlung. Hier werden die Stationsdaten mit Fernerkundungsdaten (Radar für Niederschlag, Satellitendaten für die Bewölkung) algorithmisch kombiniert und dadurch wird die

größere quantitative Genauigkeit der Stationsdaten und die bessere räumliche Auflösung der Fernerkundungsdaten genutzt.

1 Problemstellung

Um Wetterderivate anwenden bzw. um auf Wetterindices basierende Versicherungen einsetzen zu können, bedarf es qualitätsgeprüfte meteorologische Messdaten bzw. davon abgeleitete taugliche Wetterindices. Voraussetzung dafür ist ein möglichst flächendeckendes meteorologisches Beobachtungsnetz, das regelmäßig gewartet und erneuert wird. Der Aufgabenbereich der ZAMG umfasst alle Tätigkeiten, die mit der Führung eines nationalen meteorologischen und geophysikalischen Dienstes verbunden sind, darunter die Führung eines meteorologischen Dienstes insbesondere für synoptische, klimatologische und aerologische Zwecke, einschließlich des Betriebes von entsprechenden Observatorien, Laboratorien, Messnetzen, von geeigneten Einrichtungen zur Beobachtung der freien Atmosphäre und des Empfangs sowie der Verarbeitung von Satellitendaten. Ebenso ist Teil des Aufgabenbereichs der ZAMG die Sammlung, Bearbeitung und Evidenzhaltung der Ergebnisse meteorologischer und geophysikalischer Untersuchungen und Beobachtungen für das gesamte Bundesgebiet sowie Information und Dokumentation in allen Bereichen (**Forschungsorganisationsgesetz (FOG)** 1981, zuletzt geändert 2004, Art1 §22 und **Durchführungsbestimmungen** zum FOG 2004). Die ZAMG, Teilrechtsfähige Einrichtung des Bundes ist seit 10. Oktober 2003 nach ÖQS zertifiziert ist.

In der Anstaltsordnung für die ZAMG des BM für Wissenschaft und Forschung vom 01.01.2009 sind die Aufgaben und Bedingungen der Leistungserbringung der ZAMG konkretisiert:

§ 4 (Aufgaben)

1. Aufbau und Betrieb von meteorologischen und geophysikalischen Messnetzen sowie Erfassen von relevanten Daten anderer nationaler und internationaler Messnetzbetreiber
3. Qualitätsprüfung und Archivierung der relevanten Daten
5. Erstellung von Wetterprognosen
7. Klimatologische Auswertungen, Dokumentation des Klimas und der Klimaveränderungen
12. Forschung und Entwicklung zur ständigen Verbesserung der Erfüllung der gesetzlichen Aufgaben

§ 7 (Inanspruchnahme der Leistungen der ZAMG)

(1) Sofern es die Erfüllung der fachlichen Aufgaben für die Bundesverwaltung zulässt, hat die ZAMG auch für andere natürliche und juristische Personen im Rahmen ihres Aufgabenbereiches Leistungen zu erbringen. Arbeiten für Gebietskörperschaften und Arbeiten, die im öffentlichen Interesse gelegen sind, sind bevorzugt zu behandeln.

(2) Die Bestimmungen über Entgelte für die Inanspruchnahme von Leistungen der ZAMG sind der von der/vom Bundesministerin/Bundesminister für Wissenschaft und Forschung erlassenen Tarifordnung in der jeweils geltenden Fassung zu entnehmen.

2 Datenerhebung

2.1 DAS MESSNETZ DER ZAMG: METEOROLOGISCHE ELEMENTE

Ursprünglich kamen von der Synoptik und von der Klimatologie sehr unterschiedliche Anforderungen sowohl an die Übertragungsgeschwindigkeit als auch an die räumliche und zeitliche Dichte der Messungen und Beobachtungen. Daher gab es bis zur allmählich einsetzenden und im Jahr 2008 abgeschlossenen (Teil)Automatisierung der Messungen und online Übertragung der Messwerte, eine Unterteilung in Synop- und Klimastationen.

Die Messungen an den Synopstationen erfolgen zu international festgelegten Terminen und die Daten werden sofort an regionale, nationale und internationale Zentren übermittelt. Der Hauptzweck dieses Netzes ist die Analyse des IST-Zustandes des Wetters, um darauf die Prognosen aufzubauen.

An Klimastationen müssen möglichst lange, homogene und räumlich repräsentative Messdaten und Beobachtungen vorgenommen werden. Die Normen sind dabei in nationalen Standards (WMO, Guide to climatological practices) festgelegt. Die Beobachtungstermine sind traditionell festgelegt (ursprünglich die sogenannten Mannheimer Stunden 7 Uhr, 14 Uhr 21 Uhr mittlerer Ortszeit zurückgehend auf die Beobachtungsrichtlinien der Societas Meteorologica Palatina, welche das erste welt-weite meteorologische Messnetz mit einheitlichen, geeichten und justierten Instrumenten und festgelegten Beobachtungszeiten organisierte und das von 1781 bis 1792) unterhalten wurde).

In den letzten Jahrzehnten wurden sowohl in der Synoptik als auch in der Klimatologie die Forderungen nach einer größeren Dichte der zeitlichen Abfolge der Messungen laut. Die in allen Bereichen gestiegene Informationsdichte verlangt auch von der Synoptik eine zeitlich höher aufgelöste Analyse des IST-Zustandes des Wetters, um in weiterer Folge eine Verbesserung des Nowcastings zu erreichen. In den verschiedenen Anwendungsgebieten der Klimatologie hat die Nachfrage nach hoher zeitlicher Auflösung der verschiedenen meteorologischen Datensätze zugenommen. Bei der Optimierung von technischen Anlagen sind nicht bloß die meteorologischen Mittel- und Extremwerte eines Tages von Bedeutung, sondern der zeitliche Verlauf, die Andauer oder das Über- und Unterschreiten von Schwellwerten. Zum Beispiel lässt sich die Rentabilität eines Windkraftwerks nicht aus den Tages- oder Monatsmittelwerten der Windgeschwindigkeit errechnen.

So ging 1981 in Österreich die erste teilautomatische Klimastation (TAKLIS) in Betrieb, 1991 waren es bereits über 50 TAKLIS. Fast gleichzeitig wurde 1990 begonnen, die TAKLIS mit Standleitung zu vernetzen, was als Beginn von TAWES anzusehen ist. 1991 wurde gemeinsam mit anderen Institutionen der TAWES-Netzplan entwickelt, um auch umwelt-meteorologische Aspekte besser zu berücksichtigen. Die Krisenfallvorsorge speziell im grenznahen Bereich und die Erstellung von Verifikationsdaten für kleinräumige Modelle wurden berücksichtigt. Ende 2008 war die Automatisierung und online Datenübertragung aller Messstationen der ZAMG abgeschlossen.

Großes Augenmerk wurde darauf gelegt, dass durch die Umstellung der herkömmlichen Klimastationen auf teilautomatischen Betrieb keine Inhomogenitäten in den zum Teil sehr langen Messreihen verursacht werden. Durch spezielle Datenaufbereitungszyklen versucht man die Zeitkonstanten der modernen Sensoren an die der alten Messinstrumente anzugleichen. Bisher

durchgeführte Untersuchungen zeigen, dass zumindest bei den Temperaturreihen keine signifikanten Sprünge auftreten. Die grundsätzliche Erneuerung des Netzes TAWES_neu (Automatisierung, online Datenübertragung an die ZAMG Zentrale in Wien) war Ende 2008 abgeschlossen. Derzeit sind etwa 250 Stationen im Netz und setzen die Messdaten im 10 Minuten-Takt ab.

Der Inhalt der Tabelle ist in Abbildung 1 ersichtlich.

Abbildung 1: Beschreibung der TAWES Tabelle

Tabelle: tawes2 Inhalt: TAWES-Meldungen

Update: 2002/11/14 AR
2003/11/06 HAR
2005/05/03 STG
2005/11/16 HAR
2008/08/28 AR

Nr	Spaltenname	Datentyp	Nulls	Beschreibung
1	statnr	int	not null	Synop - Stationsnummer
2	datum	int	not null	YYYYMMDD (YYY: Jahre seit 1900; 99=1999, 100=2000)
3	stdmin	smallint	not null	HRMM
4	einspielzeit	int	null	sec seit 1.1.1970 Servereinspielzeit
5	datumsec	int	null	datum & stdmin in sec seit 1. 1. 1970
6	corr	char(1)	null	Korrekturflag
7	tl	smallint	null	Lufttemperatur 1/10 G
8	tlmax	smallint	null	max. Lufttemperatur
9	tlmin	smallint	null	min. Lufttemperatur
10	ts	smallint	null	5 cm Lufttemperatur
11	tsmax	smallint	null	max. 5 cm Lufttemperatur
12	tsmin	smallint	null	min. 5 cm Lufttemperatur
13	dd	smallint	null	Windrichtung 360 Grad (Bezogen auf Wert in Spalte N) dd=360 entspricht calm
14	ff	smallint	null	Windstaerke 1/10 m/s (Vektorielles 10 min Mittel, Bezogen auf Wert in Spalte N)
15	ddx	smallint	null	Windrichtung der Windspitze (Vektorielles 10 min Mittel, siehe Spalte 54)
16	ffx	smallint	null	Windspitze 1/10 m/s
17	zeitx	smallint	null	Zeit der Windspitze hhmm
18	p	smallint	null	Luftdruck 1/10 hpaascal
19	pmax	smallint	null	max. Luftdruck 1/10 hpaascal
20	pmin	smallint	null	min. Luftdruck 1/10 hpaascal
21	pred	smallint	null	reduzierter Luftdruck
22	rf	smallint	null	rel Feuchte %
23	rfmax	smallint	null	max. rel. Feuchte %
24	rfmin	smallint	null	min. rel. Feuchte %
25	rfcp	smallint	null	Taupunkt berechnet aus rf
26	tp	smallint	null	Taupunktstemp. 1/10 Grad
27	sc	smallint	null	Sonnenscheindauer in Sekunden
28	rr	smallint	null	Niederschlag 1/10 mm 10-Min-Summe
29	glo	smallint	null	Globalstrahlung 1/10 mV (entspr. Leistung)
30	him	smallint	null	Himmelsstrahlung 1/10 mV (entspr. Leistung)
31	tbl	smallint	null	1. Erdbodentemperatur 1/10 Grad (10cm)
32	rr1	tinyint	null	MinutenNiederschlag stdmin -9 M
33	rr2	tinyint	null	MinutenNiederschlag stdmin -8 M
34	rr3	tinyint	null	
35	rr4	tinyint	null	
36	rr5	tinyint	null	
37	rr6	tinyint	null	
38	rr7	tinyint	null	
39	rr8	tinyint	null	
40	rr9	tinyint	null	
41	rr10	tinyint	null	Minuten Niederschlag stdmin -0 M neu ab
42	rrm	tinyint	null	Niederschlagsmelder in Minuten 0 -10
43	tb2	smallint	null	2. Erdbodentemperatur 1/10 Grad (20cm)
44	tb3	smallint	null	3. Erdbodentemperatur 1/10 Grad (50cm)
45	tlam	smallint	null	Lufttemp arithm. Mittel
46	tpam	smallint	null	Taupunkt arithm. Mittel
47	rfam	tinyint	null	rel. Feuchte arithm. Mittel
48	ffam	smallint	null	arith. Wind 1/10 m/s (Bezogen auf Wert in Spalte N)
49	u2	int	null	Wind U**2 1/100 m/s (Fehlwert: -999999, Bezogen auf Wert in Spalte N)
50	v2	int	null	Wind V**2 1/100 m/s (Fehlwert: -999999, Bezogen auf Wert in Spalte N)
51	uv	int	null	uv 2 sec. Summe 1/100 m/s (Fehlwert: -999999, Bezogen auf Wert in Spalte N)
52	u_ffm	int	null	(Fehlwert: -999999, Bezogen auf Wert in Spalte N)
53	v_ffm	int	null	(Fehlwert: -999999, Bezogen auf Wert in Spalte N)

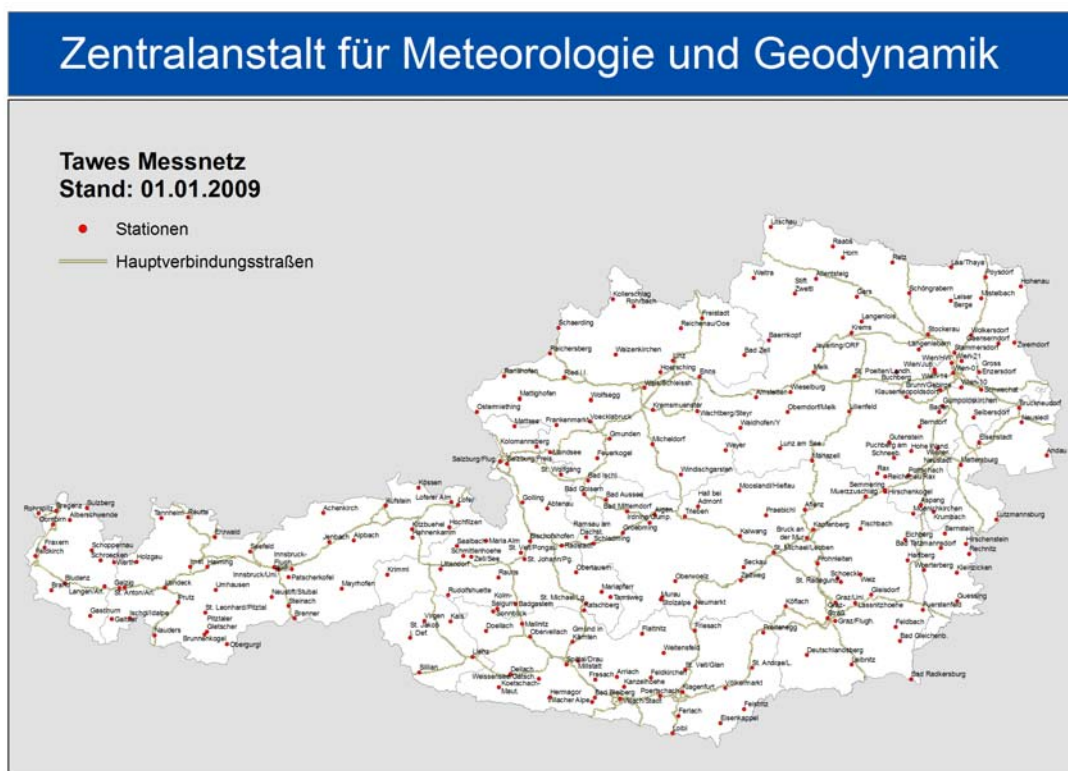
2.2 DAS MESSNETZ DER ZAMG, RÄUMLICHE AUFLÖSUNG

Aufgrund der ausgeprägten vertikalen Gliederung des Bundesgebiets, Österreichs Lage im Übergangsbereich vom mehr atlantisch zur mehr kontinental geprägtem Klima und noch im Einflussbereich des Mittelmeerklimas liegend und auch der langen Tradition in meteorologischen Messungen folgend muss und wird ein, im internationalen Vergleich, sehr dichtes Netz von



meteorologischen Stationen aufrecht erhalten. Abbildung 2 zeigt den Stand des meteorologischen Messnetzes der ZAMG.

Abbildung 2: ZAMG Messnetz der Tawes Stationen



2.3 MESSNETZ DER ZAMG, ZEITLICHE AUFLÖSUNG DER MESSDATEN

Die ZAMG wurde 1851 gegründet, die längsten meteorologischen Messreihen (Lufttemperatur und Luftdruck) in Österreich reichen allerdings bis in das 17. Jahrhundert zurück, gerieten aber in Verlust. Die längste ununterbrochene Messreihe stammt vom Benediktiner Kloster Kremsmünster, wo der Abt Fixlmiller im Dezember 1762 mit einer Reihe von meteorologischen Messungen begann. Es folgten 1775 Wien und 1777 Innsbruck (Auer et al., 2001).

Bis weit in das 19. Jahrhundert hinein liegen fast ausschließlich Monatswerte vor, tägliche Messdaten sind erst ab dem letzten Viertel dieses Jahrhunderts von ausgewählten Stationen vorhanden. Die Messung des Niederschlags erfolgte relativ spät, zumeist erst ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, die Messung der Sonnenscheindauer begann an einigen wenigen Stationen ab etwa 1880.

3 Datenprüfung

Seit ihrer Gründung im Jahre 1851 betreibt die ZAMG das nationale meteorologische Messnetz. Die gewonnenen Daten wurden den technischen Möglichkeiten entsprechend fachlich geprüft und korrigiert. Ab 1970 wurden die Daten erstmalig über Lochkarten digitalisiert (vorwiegend Monatsdaten), ab 1984 wurden erstmalig alle Termin- und Tagesdaten über eigene Klima-Rechner digitalisiert und maschinell nach eigenen Normen geprüft. 1997 wurde erstmals mit GEKIS (geographischen Klima-Informations-System) eine kommerzielle Software zur Prüfung der Stundenwerte an der ZAMG installiert und im Routinebetrieb angewandt, 2006 wurde die vom DWD entwickelte Software QUALIMET zur Qualitätsprüfung der Ein- und Zehnminutenwerte im Routinebetrieb in Betrieb genommen. Daraus ersieht man, dass erst während der letzten 25 Jahre eine durchgehende routinemäßige Datenprüfung für alle ZAMG Messstationen etabliert wurde und in jedem neuen Jahrzehnt die zeitliche Auflösung der Prüfung von Tageswerten bis auf Minutenwerte gesteigert wurde.

Mit der Software QUALIMET werden Niederschlagsdaten in Minuten-Auflösung und alle restlichen meteorologischen Parameter in 10 Minuten-Auflösung geprüft. Es können vom Bearbeiter jeweils die Stationsdaten von vordefinierten Regionen über einen frei wählbaren Zeitraum (üblicherweise 1 Tag) geladen werden. Die Qualitätsprüfung bei QUALIMET ist in mehrere, aufeinander aufbauende Schritte unterteilt. Innerhalb einer Prüfsitzung werden folgende 5 Teilprüfungen durchlaufen:

1. Vollständige Konsistenzprüfung: Prüfung ob alle Daten der Station vorhanden sind.
2. Klimatologische Konsistenzprüfung: Prüfung ob alle Werte im klimatologischen Grenzbereich liegen.
3. Zeitliche Konsistenzprüfung: Prüfung ob die Entwicklung der Messwerte zeitlich konsistent ist.
4. Innere Konsistenzprüfung: Prüfung der verschiedenen Messwerte einer Station zu einem festen Zeitpunkt auf ihre logischen Zusammenhänge.
5. Räumliche Konsistenzprüfung: Prüfung, bei der einzelne Messwerte einer Station zu einem Zeitpunkt mit den entsprechenden Messwerten von benachbarten Stationen verglichen werden.

QUALIMET ermöglicht eine Visualisierung und Bearbeitung der an den Stationen gewonnenen Daten. Die Messwerte können je nach Notwendigkeit in Tabellen- oder Zeitreihen- oder in Kartenansicht dargestellt werden. Zweifelhafte Messwerte sind farblich gekennzeichnet und können nach eingehender Prüfung direkt vom Bearbeiter bestätigt, korrigiert oder gelöscht werden. Die Prüfungen werden täglich an Werktagen durchgeführt, damit die Daten spätestens 96 Stunden nach Beobachtung bzw. Messung in geprüfter Qualität zur Verfügung stehen.

Mit der Prüfsoftware QualiMET wurden 2008 insgesamt 397.423.634 Minuten- und 10- Minutendaten der TAWES-Stationen geprüft, 1.099.666 Werte wurde durch Prüfformeln als verdächtig ausgewiesen, davon wurden 465.977 als korrekt bestätigt, 372.812 Werte gelöscht und 260.877 Werte geändert. Automatisch ergänzt und manuell eingefügt wurden insgesamt 1.596.571 Werte.

ie Bereitstellungsdauer von QUALIMET geprüften Daten beträgt im Mittel 1,8 Tage. Da die zuständige Abteilung keinen Schichtdienst fährt, sind nach einem Wochenende bzw. nach Feiertagen üblicherweise 3 Tage später die Daten geprüft. Tabelle gibt eine Übersicht über die Vollständigkeit.

Tabelle 1: Vollständigkeit von qualitätsgeprüften Daten

Meteorologisches Element	Verfügbarkeit in Prozent
all datasets	96,8 %
air temperature 2m	96,4 %
temperature 5cm	62,6 %
precipitation	98,3 %
wind	94,7 %

In den letzten 20 Jahren wurde mit einem finanziellen Aufwand von rund 600.000- Euro der in Abbildung 1 dargestellten Datenbestand erreicht. Um die restlichen verfügbaren Datensätze vor 1984 entsprechend qualitätskontrolliert aufzuarbeiten, werden noch 8 Bearbeitungsjahre mit einem Finanzbedarf von rund 500.000.- Euro benötigt.

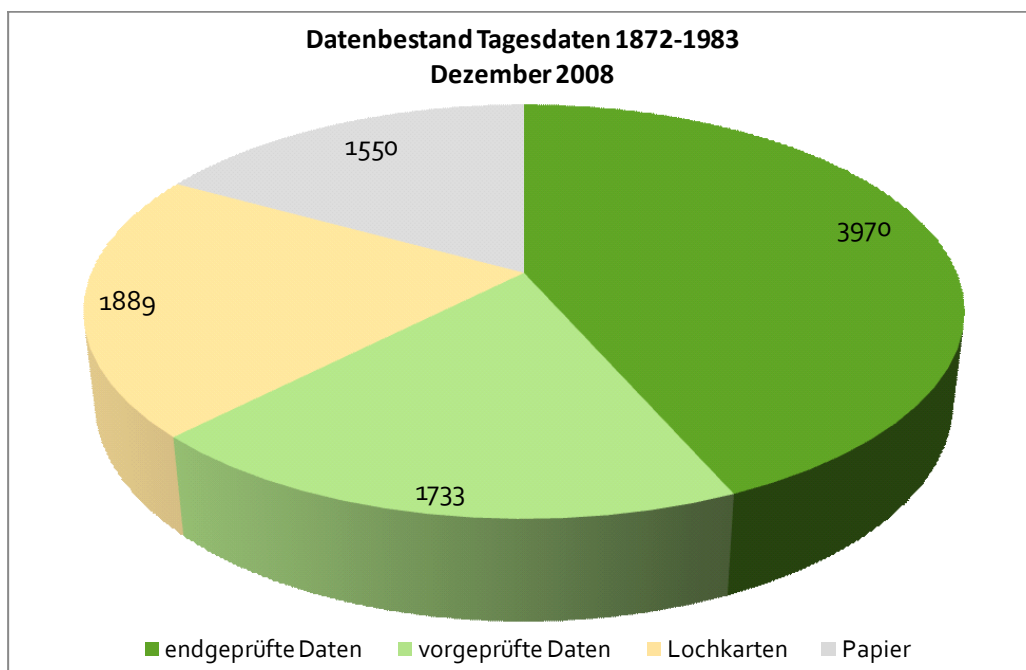


Abbildung 3: Datenbestand der Tagesdaten (ohne Fremddaten) 1872-1983, Stand Dezember 2008, in Stationsjahren

4 Datenbereitstellung

Die Datenbereitstellung ist im FOG und den Durchführungsbestimmungen geregelt.

Die Bereitstellung erfolgt nach eingegangener schriftlicher Bestellung und erfolgt auf verschiedenen Wegen: von komplexen Internetportalen (wie z.B. das INCA Portal – Klick&Buy, sowohl für Analyse und Kurzfristvorhersage oder das Webportal für Versicherer von Elementarschäden zu Verifikation des Schadenanspruches - basierend auf sogenannten Klimadaten) bis zur Lieferung von Daten und Gutachten (von „einfach“ bis komplex) auf dem herkömmlichen Postweg. Bei regelmäßiger Datenbereitstellung gibt es Abonnementverträge.

Neben der Lieferung von Analysen/Prognosen von „direkten meteorologischen Größen“ besteht auch hoher Bedarf an abgeleiteten Größen und Indizes wie zum Beispiel Zahl der Tage mit bestimmten meteorologischen Ereignissen bzw. mit dem Über/Unterschreiten von bestimmten Schwellgrößen wie Sommer- und heiße Tage (Maximum der Lufttemperatur größer gleich 25°C bzw. 30°C), Frost-Eistage (Maximum der Lufttemperatur kleiner 0°C bzw. Maximum kleiner 0°C), Tage mit mindestens Beaufort 6 und 8, Tage mit bestimmten Sonnenscheinstunden, Tage mit bestimmten Niederschlagsmengen (siehe Tabellen 2 und 3).

Dazu einige Beispiele:

Tabelle 2: *Beispiel von stationsbezogenen Indizes: Niederschlag*

Meteorologisches Element Niederschlag	Grenzwert in Liter/m ²
Monatliche Zahl der Tage mit Niederschlag von	$\geq 0,1$
	$\geq 1,0$
	$\geq 5,0$
	$\geq 10,0$
	$\geq 15,0$
	$\geq 20,0$
	$\geq 30,0$

Tabelle 3: *Beispiel von stationsbezogenen Indizes: Sonnenscheindauer*

Meteorologisches Element Sonnenscheindauer	Grenzwert in Stunden
Monatliche Zahl der Tage mit Sonnenscheindauer von	0
	$\geq 1,0$
	$\geq 5,0$
	$\geq 10,0$

Großer Bedarf besteht an Heizgradtagen HGT, etwa 70 % aller Abonnements, die das KS Klima betreut benötigt diese Kenngröße, die mit dem Heizenergiebedarf eng korreliert ist. HGT ist das

Produkt aus der Zahl der Heizztage (Tagesmittel der Lufttemperatur unter einem bestimmten vom Kunden festlegbaren Grenzwert) und der Differenz zwischen der mittleren Raumtemperatur t_i (vom Kunden wählbar) und der mittleren Außentemperatur t_a (meteorologisch als Lufttemperatur bezeichnet, Mittel ist $(T_{\max} + T_{\min})/2$)

Im Zuge des Klimawandels ist ein steigender Bedarf an sogenannten Kühlgradstunden (für frei wählbare Zulufttemperaturen) festzustellen, die mit dem Energiebedarf von Klimaanlage eng korreliert ist. Da Klimaanlage in unserer Klimazone in der Regel nur zu bestimmten Tageszeiten in Betrieb sind, liegen der Berechnung der Kühlgradstunden Stundenwerte der Lufttemperatur zu Grunde. Dank der fortschreitenden Automatisierung des Messnetzes und der damit einhergehenden hohen zeitlichen Auflösung der Messdaten kann dieser Index nun österreichweit zur Verfügung gestellt werden (unter Kühlgradstunden versteht man das Produkt aus der Zahl der Kühlstunden und der Temperaturdifferenz zwischen der Außentemperatur und einer bestimmten Zulufttemperatur - frei wählbar-)

4.1 MESSWERTE – STATIONSBEZOGEN

Die Messwerte und davon abgeleitete Indizes sind von allen Messstationen in verschiedener zeitlicher Auflösung verfügbar.

4.2 METEOROLOGISCHE RASTERDATEN

Mit der zunehmenden Verwendung von geographischen Informationssystemen ist der Bedarf an räumlich hoch aufgelösten Daten gestiegen.

Um von der Punktinformation in die Fläche zu gelangen sind Regionalisierungsverfahren anzuwenden. Im Rahmen von den Projekten (Projektleitung ARC-SYS, Schöner und Dos Santos, 2003) und webklim (internes Projekt der ZAMG, PL W. Schöner) wurden eine Methodik für die Regionalisierung der Parameter Lufttemperatur, Niederschlag (RECLIP-MORE) und Schnee (webklim) entwickelt und Rasterdaten für den Zeitraum 1948 bis 2006 in 1km x 1km Auflösung für das österreichische Bundesgebiet berechnet. Rein geostatistische Interpolationen sind in diesem Maßstab nicht zielführend, da die interessierenden räumlichen Muster nicht aufgelöst werden. Eine Modellierung des deterministischen Anteils ist notwendig, wobei sich als Prediktoren z.B. eignen:

DHM: Seehöhe, DHM - abgeleitete Info wie Hangneigung, Orientierung, Krümmung, EOF Komponenten des DHM, DHM - Statistiken, Geographische Koordinaten und daraus abgeleitete Info wie Entfernung zur Küste, Landnutzungsdaten, Klimamodelloutput: EOF von Druckfeldern Wetterlagen (Strömungslagen), Fernerkundungsdaten wie Radardaten

In RECLIP-MORE wurde für Lufttemperatur, Niederschlag die AURELHY - Methode (Benichou 1985) verwendet. Diese Methode führt eine PC-Analyse (Principle Component Analysis, Hauptkomponentenanalyse) der Orographie durch und beschreibt die Geländeform durch eine Anzahl von PCs (Principle Components, Hauptkomponenten). Dabei wird das digitale Geländemodell in

quadratische Ausschnitte von 11x11 Pixel zerlegt. Von jedem Pixelwert im Ausschnitt wird die Höhe des Zentralpixels abgezogen und so eine relative Orographie bestimmt. Die 11x11=121 Höhenwerte werden mittels der PCA auf die Anzahl n der wichtigsten PCs reduziert. Diese PCs sowie die Seehöhe Longitude und Latitude werden als unabhängige Prädiktoren für die Ermittlung einer multiplen linearen Regression verwendet.

Die Anpassung des Regressionsmodells erfolgt mittels einer schrittweisen multiplen linearen Regression aus den bekannten Klimawerten an den Stationskoordinaten (abhängige Größe) und den zeitlich konstanten Geländeparametern (unabhängige Größen). Diese Regression ist für jeden Tag der Untersuchungsperiode zu bestimmen und anschließend die Residueninterpolation durchzuführen (mit Thin-Plate Spline, analog wäre auch eine Interpolation mit einem Kriging-Ansatz möglich). Die Struktur des Regionalisierungstools ist in Abbildung 4 dargestellt.

Um gewisse Nachteile dieser Methode auszugleichen wurden die PCs für verschiedene Scales bestimmt und zwar (Abbildung 3):

für ein DEM mit 5km räumlicher Auflösung und einer Ausschnittgröße von 11x11 Rasterzellen

für ein DEM mit 10km räumlicher Auflösung und einer Ausschnittgröße von 11x11 Rasterzellen.

Abbildung 3 zeigt die räumliche Verteilung der Ladungen der jeweils ersten 3 PCs der PCA der Orographie. Man erkennt deutlich dass die Strukturen im 5km DEM und im 10 km DEM sehr ähnlich sind. Der 1te PC beschreibt jeweils Kuppen- bzw. Muldenstrukturen die eine SW-NE Ausrichtung besitzen. Der 2te PC beschreibt S bzw. nach N ausgerichtete Hänge und der 3te PC schreibt WSW bzw. ENE ausgerichtete Hänge. Die durch die jeweils ersten 5 PCs erklärte Varianz ist in Tabelle 2 zusammengefasst. Man sieht sehr deutlich den hohen Anteil der erklärten Varianz durch den 1ten PC. Mit den ersten 3 PCs kann ein Großteil der Geländestruktur beschrieben werden.

Abbildung 4: Ladungen der ersten 3 PCs für das 5km DEM (oben) und das 10km DEM (unten)

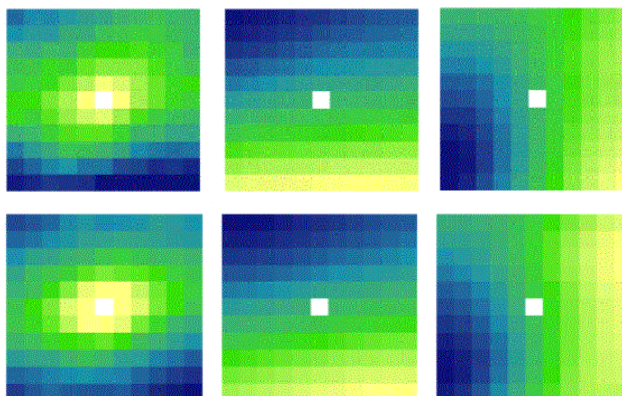
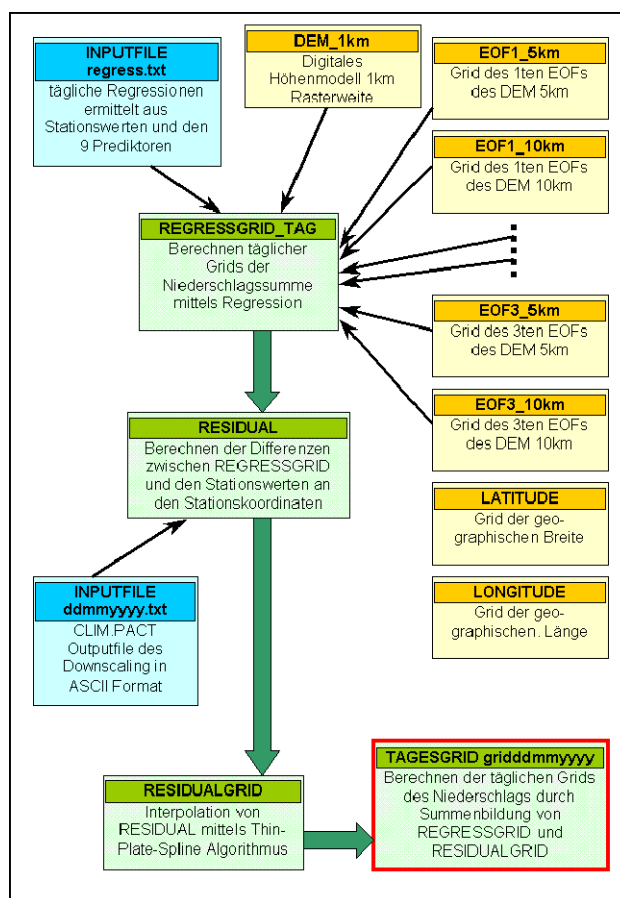


Tabelle 4: Erklärte Varianz (%) an der Orographiestruktur eines 5km und 10km Höhenraster durch die ersten 5 PCs

Raster	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
5km x 5km	44,4	12,7	4,5	2,3	2,0
10km x 10km	40,3	21,8	4,6	2,8	1,8

Abbildung 5: Strukturgramm des Regionalisierungstools mit EOF Feldern der Orographie als Prädiktor (für die Lufttemperatur wurde analog vorgegangen)



Die Stationen, die für die räumliche Interpolation verwendet werden (Inputfile) sind in Abbildung 5 dargestellt.

Abbildung 6: Das Stationsnetz des StartClim Datensatzes

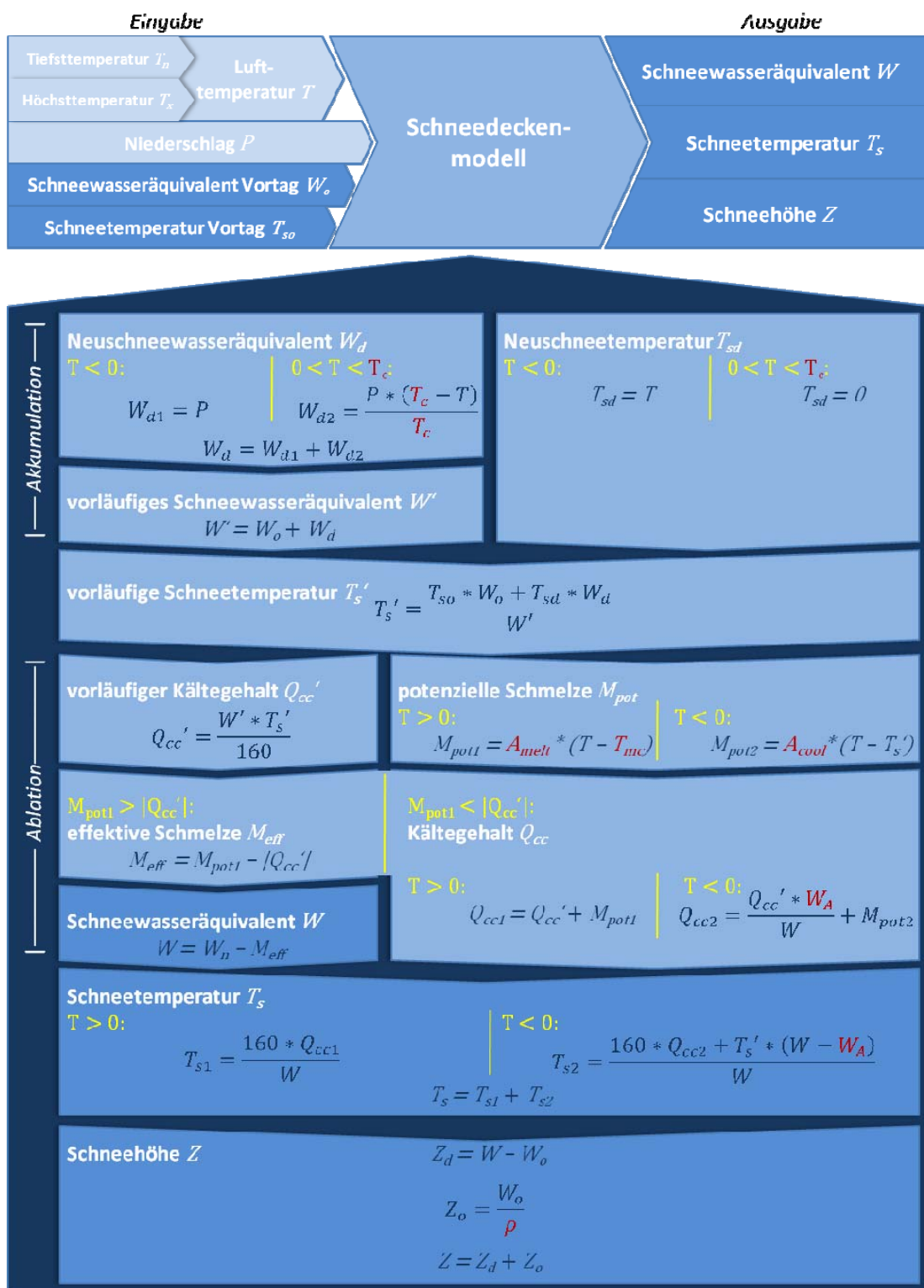


Im Rahmen von webklim (Schöner und Hiebl, 2009) wurde das Gewicht auf die Modellierung der Schneedeckeninformation gelegt. Diese hat in Österreich aufgrund ihrer Bedeutung für Wirtschaft, Energieerzeugung und Ökologie einen hohen Stellenwert. Aus dem zu diesem Zweck einzusetzenden Schneedeckenmodell können neben der Schneehöhe weitere wichtige Informationen wie Schneewasserwert oder Schneetemperatur berechnet werden. Dazu ist insbesondere die starke orographische Strukturierung Österreichs zu berücksichtigen.

Die Schneedeckensimulation baut in wesentlichen Zügen auf ein bestehendes Schneedeckenmodell, welches am Geographischen Institut der Universität Bern entwickelt wurde, auf (Scheppeler, 2000). Dieses verwendet Temperatur- und Niederschlagsdaten und berechnet aufgrund von fünf Parametern das Schneewasseräquivalent, womit Auf- und Abbau der Schneedecke in Tagesschritten nachvollzogen werden. Die Schneedeckenberechnung beruht maßgeblich auf dem Gradtagsverfahren, Abbildung 6 zeigt den modularen Aufbau des Schneedeckenmodells in einer Übersicht.

Wie oben angeführt, wurde der mit der Aurelhy Methode berechnete Rasterdatensatz für „historische“ Zeiträume nämlich 1948 bis 2006 berechnet. Danach liegen Rasterdaten von meteorologischen Parametern, die mit INCA berechnet wurden, routinemäßig vor.

Abbildung 7: Flussdiagramm des verwendeten Schneedeckenmodells. Fallunterscheidungen sind gelb, Modellparameter rot hervorgehoben



Das Modell benötigt nur zwei fixe Eingabegrößen in Form von Rasterfeldern, nämlich die Lufttemperatur als Tagesmittel T und den Niederschlag als Tagessumme P . Auflösung und Ausdehnung der Eingangsfelder müssen übereinstimmen und werden für alle Berechnungen und die Ausgangsfelder übernommen. Als Schneewasseräquivalent am Vortag W_0 und Schneetemperatur am Vortag T_{s0} werden die Ausgabegrößen des Vortags herangezogen, sie müssen also nicht eigens geschaffen werden. Üblicherweise startet ein Modelllauf zu Beginn der Schneesaison, d. h. am 1. Oktober. An diesem Datum wird für W_0 und T_{s0} automatisch ein durchgehend auf Null gesetztes Feld angenommen.

Das eigentliche Modell berechnet Größen und Hilfsgrößen in mehreren Schritten. Gegenüber der zugrunde liegenden Version von (Scheppler, 2000) wurden folgende wichtige Veränderungen vorgenommen:

- Zwei Parameter wurden mit anderen Werten versehen. Dies trifft auf die kritische Temperatur T_c und den Gradtagsfaktor A_{melt} zu.
- Zwei Parameter, die Schneedeckenschichtgrenze W_A (siehe Kapitel Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.) und die Gewichtung der Schneedichte ρ , wurden in das Schneedeckenmodell neu integriert.
- In der Berechnung der Schneetemperatur T_s wurde eine Beschränkung vorgenommen. Die Schneetemperatur errechnet sich vereinfacht aus einer Formel, die das Schneewasseräquivalent W im Divisor führt.

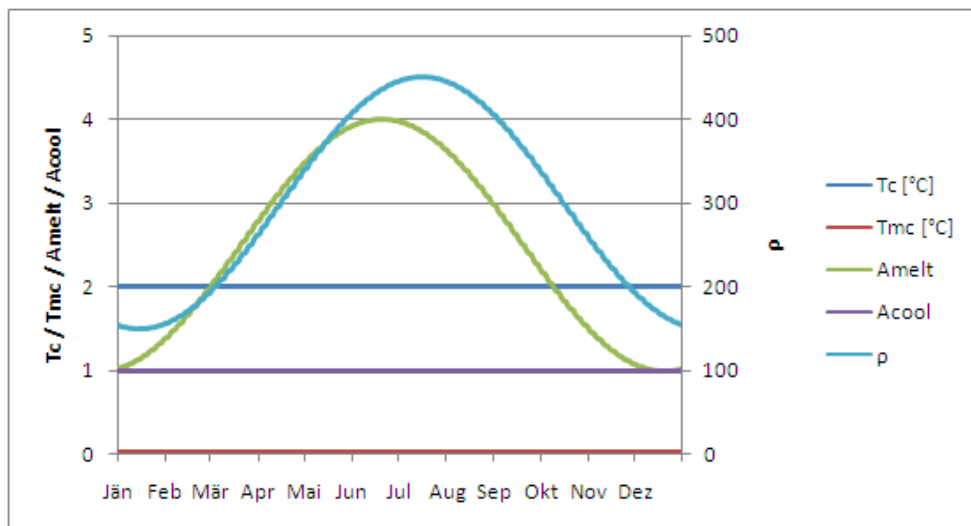
Daraus ergibt sich, dass stark negative Lufttemperaturen und ein folglich großer Kältegehalt angewandt auf ein sehr niedriges Schneewasseräquivalent ($W < 1$ mm) unrealistisch niedrige Schneetemperaturen nach sich ziehen. Für diesen Fall sieht die Beschränkung sieht vor, dass die Schneetemperatur nicht unter die Lufttemperatur absinken darf.

- Gegenüber dem Schneedeckenmodell von (Scheppler, 2000) wurde ein Parameter, die Niederschlagsaddition, fallengelassen. Dieser Korrekturfaktor geht davon aus, dass bei bestimmten Windgeschwindigkeiten mit mehr Schneesiederschlag gerechnet werden muss, als gemessen wird, und spielt im Hochgebirge eine entscheidende Rolle. Weil die Niederschlagsaddition aber neben der Windgeschwindigkeit noch die genaue Kenntnis des Mischungsverhältnisses zwischen Schnee und Regen und des Niederschlagsmessgerätes voraussetzt, ist sie eher in kleinen und homogenen Untersuchungsgebieten anwendbar.

Für weiterführende Informationen zur Schneedeckenmodellierung wird auf (Scheppler, 2000) und (Schöner, et al., 2005) verwiesen.

Durch die Kalibration einer Auswahl der vom Schneedeckenmodell verwendeten Parameter wurde Simulation des Schneewasseräquivalents deutlich verbessert. Als Referenz gilt es, die Schneehöhe-Werte so nah wie möglich an die beobachteten Schneehöhe-Werte zu bringen. Insgesamt lassen sich die Modellergebnisse durch sechs Parameter, vier konstante und zwei sich im Jahreslauf verändernde Parameter, variieren. Einen Überblick über die hier verwendeten Parameter bietet Abbildung 7.

Abbildung 8: Die Modellparameter im Jahreslauf. Während der kritischen Temperatur (T_c), der kritischen Schmelztemperatur (T_{mc}) und dem Auskühlungsfaktor (A_{cool}) konstante Werte zugeordnet sind, entspricht die jahreszeitliche Änderung des Gradtagsfaktors (A_{melt}) und der Dichtegewichtung (ρ) einer Sinus-Schwingung.



Um die die Möglichkeiten künstlicher Beschneigung zu berücksichtigen, wurden einige Modellbedingungen geändert. Wenn die Tagesmitteltemperatur T unter -2 °C liegt und die bereits vorhandene Schneeuunterlage Z_o weniger als 50 cm dick ist, dann wird zwischen dem 1. November und dem 15. März eines Jahres täglich 6cm künstlicher Neuschnee mit einer Dichte von 523 g/l hinzugefügt. Dieses Modell lief für den Zeitraum 1971 bis 2006, für den die Rasterfelder der Kunstschneehöhe nun ebenfalls in täglicher Auflösung vorliegen.

Ab 2007 liegen operationell Rasterdaten, die mit dem Nowcastingsystem INCA berechnet wurden, vor.

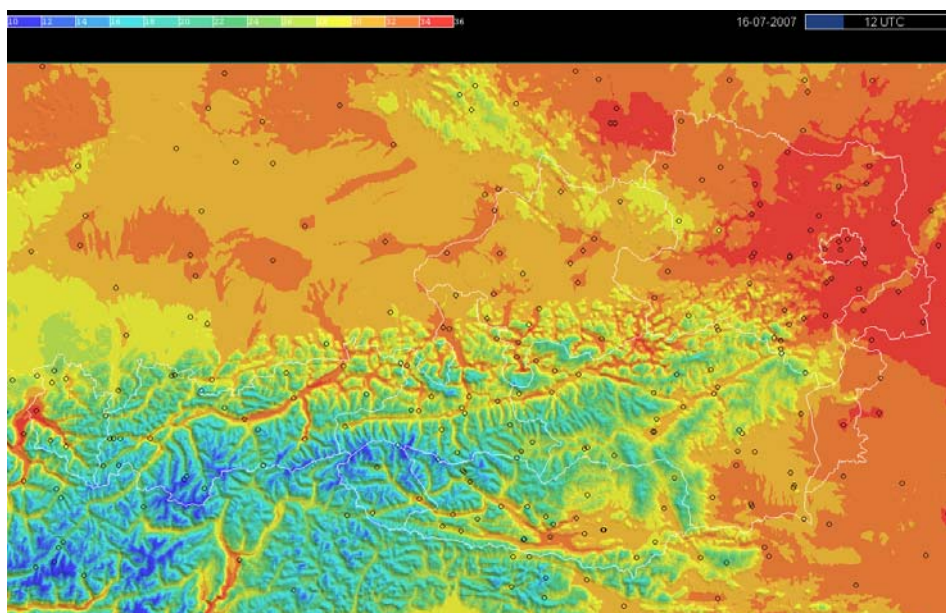


Das Nowcastingsystem INCA

Das an der ZAMG entwickelte Analyse- und Nowcastingsystem INCA (Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis; Haiden et al., 2009) ermöglicht zeitlich und räumlich hochauflösende Analyse und Vorhersage für die nächsten Stunden unter besonderer Berücksichtigung regionaler und kleinräumiger topographischer Effekte. Es liefert auf einem 1-km Raster stündlich aktualisierte Prognosen von Temperatur, Luftfeuchte, Wind, Globalstrahlung und viertelstündlich aktualisierte Prognosen von Niederschlag und Bewölkung. Das Ziel von INCA ist eine zeitlich und räumlich hochauflösenden Analyse und Prognose des aktuellen atmosphärischen Zustandes im Nowcasting- und Kurzfristbereich (3-12h) als Ergänzung zu „klassischen“ numerischen Vorhersageprodukten. Weiters ermöglicht es eine Verbesserung der Qualität von numerischen Vorhersagen durch Downscaling und Biaskorrektur des Modelloutputs auch für längere Prognosezeiten (beispielsweise bis zu +48h).



Abbildung 9: Beispiel der INCA Temperaturanalyse vom 16. Juli 2007 (12 UTC)



Die zentrale Idee von INCA ist die optimierte algorithmische Kombination aller aktuell verfügbaren Datenquellen in Echtzeit für eine möglichst detaillierte, qualitativ hochwertige und verlässliche Analyse und Prognose des aktuellen atmosphärischen Zustandes, insbesondere im Alpenraum. Als Datenquellen dienen einerseits Beobachtungsdaten von automatisierten Stationen sowie Radar- und Satellitendaten und andererseits Vorhersagen von numerischen Modellen. Die wichtigste Datenquelle sind dabei die konventionellen Beobachtungen der TAWES Stationen der ZAMG (~250 Stationen) sowie der hydrologischen Dienste (>100 Stationen). Als Basis für die INCA Temperatur-, Feuchte- und Windanalysen dienen die Vorhersagen des an der ZAMG operationellen Regionalmodells ALADIN-AUSTRIA mit einer räumlichen horizontalen Auflösung von etwa 10 km und 45 vertikalen Schichten (Wang et al., 2006), die in weiterer Folge mit den Beobachtungen kombiniert werden. Bei jenen meteorologischen Feldern, die in INCA dreidimensional analysiert und prognostiziert werden (Temperatur, Feuchte, Wind), gliedert sich der Berechnungsablauf grob in drei Schritte:

First guess: Interpolation der ALADIN Felder (horizontale Auflösung 9.6 km) auf das INCA-Gitter (horizontale Auflösung 1 km) unter Berücksichtigung der kleinskaligen, in ALADIN nicht aufgelösten, topographischen Merkmale (z.B. Alpentäler).

Observation correction: An den Messstationen werden die Differenzen zwischen dem "first guess" und der aktuellen Beobachtung gebildet und diese dreidimensional interpoliert. Bei der Gewichtung der Stationen in der Interpolation spielen sowohl deren räumliche Entfernung als auch die Stabilität der Atmosphäre eine Rolle. Das entstandene Differenzfeld wird als Korrektur zum "first guess" addiert. Das Ergebnis ist die INCA-Analyse. Im Falle des Windfeldes wird zusätzlich ein Algorithmus angewandt, der das Windfeld an die hochauflösende Topographie in INCA anpasst.

Nowcast: Das in der Analyse berechnete Differenzfeld wird mit zeitlich abnehmendem Gewicht auch für die Korrektur der ALADIN-Prognose der nächsten Stunden verwendet. Bei der Temperaturprognose wird außerdem die Wirkung von Fehlern in der ALADIN Bewölkungsprognose (z.B. nicht erkannter Hochnebel) berücksichtigt und kompensiert.

Bei jenen meteorologischen Feldern, die in INCA zweidimensional analysiert und prognostiziert werden (Niederschlag und Bewölkung), gliedert sich der Berechnungsablauf in zwei Schritte:

Analyse: Die Stationsdaten werden mit Fernerkundungsdaten (Radar für Niederschlag, Satellitendaten für die Bewölkung) algorithmisch kombiniert. Bei dieser Kombination wird die größere quantitative Genauigkeit der Stationsdaten und die bessere räumliche Auflösung der Fernerkundungsdaten genutzt. Die resultierende Analyse gibt an den Stationspunkten die dort gemessenen Werte wieder, und weist zwischen den Stationen die in den Fernerkundungsdaten enthaltenen Strukturen auf. Im Falle des Niederschlags wird außerdem die Höhenabhängigkeit berücksichtigt (Haiden und Pistotnik, 2009).

Nowcast: Aus aufeinanderfolgenden Analysen werden mittels Korrelationsverfahren Verlagerungsvektoren ermittelt. Mit Hilfe dieser Vektoren wird die Lage der Bewölkung bzw. des Niederschlags in den nächsten Stunden abgeschätzt. Eine der wichtigsten operationellen Anwendung von INCA ist die Hochwasserprognose (Komma et al. 2007).

Für ein verbessertes Nowcasting konvektiver Zellen (Steinheimer und Haiden, 2007) wird darüber hinaus eine Reihe konvektiver Parameter (CAPE, CIN, Feuchtekonzugenz, etc) berechnet.

5 Kostenerhebung für kommerzielle Zwecke

Die Datenbereitstellungspolitik der ZAMG, einer teilrechtsfähigen Einrichtung des Bundes ist durch das FOG und Durchführungsbestimmungen geregelt.

In den **Durchführungsbestimmungen** zum FOG 2004 steht über Verträge mit Dritten:

5.2: (...) Insbesondere hat der Vertrag auch den Ersatz der Kosten zu enthalten. Die Vereinbarung eines darüber hinausgehenden Entgeltes ist zulässig. (...)

8.1: (...) Im Bereich, in dem den Anstalten (gemeint sind die Geologische Bundesanstalt und die ZAMG) Rechtspersönlichkeit zukommt, haben diese daher bei sämtlichen Tätigkeiten durch Minimierung der zur Erreichung eines geplanten Zieles erforderlichen Kosten bzw. durch Maximierung des durch den Einsatz vorhandener Personal- und Sachkapazitäten erzielbaren Ertrages Gewinnmaximierung anzustreben. (...)

Die Datenbereitstellung für wissenschaftlichen Zwecke ist auf die Arbeitszeit, die für die Datenextraktion aus den Datenbanken benötigt wird beschränkt, zudem haben bereits einige Universitätsinstitute und Forschungseinrichtungen Zugang zu den ZAMG-Datenbanken.

6 Vorschläge für konkrete Umsetzungsmaßnahmen in Österreich

Eine Automatisierung der Daten- und Produktbereitstellung über Webportale wie es bereits von einigen nationalen Wetterdiensten wie dem Norwegischen Wetterdienst und in Ansätzen (für Wissenschaftlich und Bildung) von MeteoSchweiz angeboten wird, wird von der ZAMG nicht nur angestrebt sondern ist vorhanden (siehe Internetportal INCA und Webportal für Versicherer) und ist in weiterer Entwicklung begriffen (wie zum Beispiel webklim – Rasterdaten- Produkte).

7 Schlussfolgerungen

Die ZAMG bietet mit ihrem dichten Messnetz, angepasst an die starke orographische Gliederung Österreichs und der Lage in unterschiedlichen Klimazonen, der historischen Klimadatenbank, der QUALIMET - Datenprüfung, und darauf aufbauend der bereits bestehenden Webportale die Basis für Versicherungen, die auf Wetterderivaten beruhen.

Das Datenspektrum reicht von stationsbezogenen Messdaten und davon abgeleiteten Indizes bis zu Rasterdaten, die mit geeigneten Regionalisierungsverfahren gewonnen werden.

Die zeitliche Auflösung der Daten reicht von Minuten bis Monate/Jahre, die historische Klimadatenbank beginnt im 18. Jahrhundert.

8 Bibliographie

- Auer, I., Böhm, R., Schöner, W. (2001): Austrian long term climate 1767-2000 multiple instrumental climate time series from central Europe. Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 25, ZAMG Publ.Nr. 397, Wien.
- Schöner, W., Dos Santos Cardoso, E. (2004): Reclip:more. Research for Climate Protection: Model Run Evaluation. Project Year 1. Wien : Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien, Teilbericht.
- Benichou, P. (1985): Classification automatique de configurations meteorologiques sur l'Europe occidentale. Note de travail du SCEM, n°18, Meteo-Franc Toulouse, 156p.
- Scheppler, P. (2000): Schneedeckenmodellierung und Kalibrationsmöglichkeiten für ausgewählte Beobachtungsstationen. Bern : Geographisches Institut der Universität Bern, 2000. S. 111 S, Diplomarbeit.
- Schöner, W., Hiebl, J. (2009): webklim.at Präsentation hochauflösender Klimainformation im Internet am Beispiel von Lufttemperatur, Niederschlag und Schneedecke. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien, Endbericht.
- Haiden, T., Pistotnik, G. (2009): Intensity-dependent parameterization of elevation effects in precipitation analysis. Adv. Geosci., 20, 33-38.
- Haiden, T., Kann, A., Pistotnik, G., Stadlbacher, K., Wittmann, C. (2009): Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis (INCA) - System description. ZAMG report, 60p. http://www.zamg.ac.at/fix/INCA_system.pdf
- Komma, J., Reszler, C., Blöschl, G., Haiden, T. (2007): Ensemble prediction of floods - catchment non-linearity and forecast probabilities. Nat. Haz. Earth Syst. Sci., 7, 431-444.
- Steinheimer, M., Haiden, T. (2007): Improved nowcasting of precipitation based on convective analysis fields. Adv. Geosci., 10, 125-131.
- Wang, Y., Haiden, T., Kann, A. (2006): The operational limited area modelling system at ZAMG: ALADIN-AUSTRIA, Österr. Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 37, 33p.