



lebensministerium.at

Mitteilungsblatt

des Hydrographischen Dienstes
in Österreich

Nr. 83



HYDROGRAPHISCHES
ZENTRALBÜRO



MITTEILUNGSBLATT

DES HYDROGRAPHISCHEN DIENSTES
IN ÖSTERREICH

NR. 83

Wien, 2005



lebensministerium.at

I M P R E S S U M

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Abt. VII 3 Wasserhaushalt (Hydrographisches Zentralbüro; Leitung: MR Dipl.-Ing. R. Godina)
A-1030 Wien, Marxergasse 2
Redaktion: OR Dipl.-Hydr. Dr. Gabriele Müller
Fachbeirat: MR Dipl.-Ing. R. Godina, MR Dipl.-Ing. G. Fuchs, OR Dipl.-Ing. P. Lorenz, OR Dr. V. Weilguni
Technische Mitarbeit: ADir. Ing. J. Wurth
Redaktionsanschrift: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Abt. VII 3 Wasserhaushalt (Hydrographisches Zentralbüro), A-1030 WIEN, Marxergasse 2
Tel: ++43 1 71100 6942 Fax: ++43 1 71100 6851
E-mail: wasserhaushalt@bmlfuw.gv.at
Foto Titelblatt: Dipl.Ing. Hans Wiesenegger

Hergestellt im BMLFUW

Gedruckt auf umweltschonend hergestelltem Papier mit
Pflanzenöl – Druckfarben.

©BMLFUW, Wien, 2005 - Alle Rechte vorbehalten



INHALTSÜBERSICHT

ORIGINALARBEITEN

Seite

Das Trockenjahr 2003 (J. Eybl, R. Godina, P. Lalk, P. Lorenz, G. Müller und V. Weilguni)	1
Ergebnisse langjähriger Gletschermessungen in Österreich (W. Gattermayr und B. Thurner)	39
Glazialhydrologische Aspekte des Jahres 2003 im „Hohe Tauern Einzugsgebiet“ der Salzach (H. Slupetzky und H. Wiesenegger)	61
Regionale hydrologische Untersuchungen in Österreich (G. Blöschl, R. Merz, G. Laaha, J. Parajka und J. Skøien)	83
Quantitative Risikobeurteilung von Einzelgrundwasserkörpern auf Grundlage hydrographischer Daten (G. Fuchs, M. Samek und O. Vollhofer)	99
Erfahrung mit der Kalibrierung von Wippengeräten am Beispiel des Grazer Versuchsgebietes (V. Vasvári, M. Hochedlinger und W. Sprung)	121

BERICHTE UND MITTEILUNGEN

Hydrologischer Atlas Österreichs, 2. Lieferung (R. Godina)	141
Hydrographische Daten Österreichs im Internet	142
Österreichische Gesellschaft für Hydrologie	144
In memoriam Ministerialrat i.R. Dipl.-Ing. Ernst Glasel (Min.Rat i.R. Dipl.-Ing. Hans Schimpf)	147
Personalien der Hydrographischen Dienststellen	148
Verzeichnis der staatlichen Hydrographischen Dienststellen in Österreich mit Internet-Adressen für aktuelle Wasserstandsinformationen	151
Hinweise der Redaktion	152

Das Trockenjahr 2003 in Österreich

Jutta Eybl, Reinhold Godina, Petra Lalk, Peter Lorenz, Gabriele Müller, Viktor Weilguni

Kurzfassung

Weite Teile Österreichs zeigten im Jahr 2003 ein markantes Niederschlagsdefizit. Es wurden nur ca. 80% des langjährigen Niederschlag-Normalwertes erreicht, vereinzelt sogar weniger als 70%. Die hohen Sommertemperaturen mit der damit verbundenen höheren Verdunstung verschärften die Situation noch. Von der Trockenheit betroffen waren fast alle beobachteten Gewässer und Grundwassergebiete in Österreich, einige kleinere Fließgewässer fielen sogar trocken. In den alpinen, nicht vergletscherten Gebieten herrschte zumindest von Juli bis September, im mittleren und südlichen Burgenland sowie in der südlichen und südöstlichen Steiermark fast das gesamte Jahr über ausgeprägte Trockenheit, während die Abflüsse der gletscherbeeinflussten Gewässer von der Rekordschmelze der Gletscher profitierten. Die Niederschläge im September und vor allem im Oktober führten in den alpinen Regionen zu einer Entspannung der extremen Trockenheitssituation, brachten aber in den nicht alpinen Gebieten nur eine vorübergehende oder gar keine Verbesserung der Niederwasserverhältnisse an den Gewässern bzw. nur eine geringfügige Unterbrechung im Absinken der seit Februar 2003 auf stellenweise Rekordtiefe gefallen Grundwasserstände. In einigen Regionen wurden 2003 saisonal und zum Teil auch absolut die niedrigsten bisher beobachteten Werte für Niederschlag, Abfluss und Grundwasserstand unterschritten.

Summary

In 2003 large areas in Austria showed a significant precipitation deficit. Only about 80% of the mean annual long term precipitation was reached and occasionally even less than 70% was registered. The situation was intensified by high summer temperatures in connection with increased evapotranspiration. Nearly all observed waters and groundwater areas were affected by the drought with some small streams completely drying up. In alpine, not glaciated areas, this aridity was observed between July and September whilst in the central and southern parts of Burgenland, as well as in the southern and south-eastern parts of Styria, it was noticed almost throughout the whole year 2003. Discharge from glacier influenced rivers was significantly increased by the record melt of the glaciers. In alpine regions precipitation in September but mainly in October relaxed the situation. However, in non-alpine areas this led to no improvement or only to a temporary improvement of the low flow situation in rivers. In groundwater regions only a slight interruption in the sinking of water levels, which had come to a record minimum depth since February 2003, was registered. In some regions precipitation, discharge and groundwater level figures fell below the lowest observed seasonal and sometimes below the lowest ever observed values.

1 Einleitung

Jahrhundertsommer, Temperaturrekorde, mehr Tropentage als je zuvor, das sind die Schlagzeilen, die Mittel-, West- und Südeuropa im Jahr 2003 über fast 3 Monate beschäftigten. Die lange Trockenperiode führte in allen Flussgebieten Österreichs zu extrem niedrigen Wasserständen, die häufig die tiefsten Werte seit Beginn der Aufzeichnungen erreichten und unterschritten. Besonders der Süden Österreichs – südliche Steiermark, Südburgenland und Kärnten – war durch die Trockenperiode 2003 betroffen, da dort Niederschlagsdefizite seit 1999 beobachtet wurden und bereits in den Jahren vor 2003 die Ursache für extreme Niederwasserabflüsse und außergewöhnlich niedere Grundwasserstände waren.

In der öffentlichen Wahrnehmung spielen Hochwasserereignisse und die dadurch verursachten Schäden eine wesentlich größere Rolle als Trockenperioden, obwohl im Vergleich die Schäden durch Trockenheit in Europa teurer sind als Hochwasserschäden. Auch hat sich die Erforschung hydrologischer Extreme in Europa verstärkt auf das Hochwasser konzentriert. Im Niedrigwasserbereich bestehen Wissenslücken zur Einordnung der Ereignisse - vor allem im Bereich der Statistik. Dazu fehlen auch ausreichend lange und in der Qualität gute Datenreihen. Wie Hochwasserereignisse können Trockenperioden nicht verhindert werden. Hochwasserschäden konnten in den vergangenen Jahrzehnten durch geeignete schutzwasserwirtschaftliche Maßnahmen reduziert werden. Situationen mit großräumigem Wassermangel haben sich in Österreich in den vergangenen Jahrzehnten mit Ausnahme des Jahres 2003 jedoch nicht ereignet. Das sollte aber nicht dazu verleiten, die Forschung auf diesem Gebiet zu vernachlässigen. Gerade die Diskussion zum Klimawandel und die damit verbundenen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt hat dieses Thema in die öffentliche Aufmerksamkeit gebracht. Analysemethoden, die eine Aussage hinsichtlich der Variabilität extremer Abflüsse in Raum und Zeit ermöglichen, müssen verfügbar sein, um den Einfluss von Trockenperioden auf die Wirtschaft, die Umwelt und die sozialen Bereiche durch vorbeugende Maßnahmen vermindern zu können.

Die Trockenheit 2003 verursachte in Österreich durch Ernteausfall, durch Reduktion der Stromproduktion aus der Wasserkraft – die Wasserkraftwerke an der Donau produzierten im August 2003 um 1/3 weniger Strom – und durch Probleme in der Trinkwasserversorgung einen Schaden in der Größenordnung der Hochwasserschäden 2002. Diese Tatsache war für die Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt (HZB) ein Grund, sich diesem außergewöhnlichen Jahr zu widmen und die vorliegenden hydrologischen Daten zusammenzufassen und darzustellen. Im Folgenden wird das Jahr 2003 hinsichtlich der Niederschlags- und Temperaturverhältnisse, des Abflussgeschehens sowie hinsichtlich der Situation im Bereich Grundwasser detaillierter charakterisiert. Es wurden Regionen mit ähnlichen hydrologischen Verhältnissen gruppiert und gemeinsam betrachtet. Auch wurde eine statistische Einschätzung des Niederwasser-

ereignisses versucht und die Entwicklung der Niederwasserabflüsse in den vergangenen 50 Jahren aufgezeigt.

Sämtliche zur Analyse verwendeten Daten stammen vom Messnetz des Hydrographischen Dienstes für Österreich. Angesichts der Konsequenzen, die Trockenwettersituationen für die gesamte Wirtschaft und die Versorgung mit sich bringen, soll an dieser Stelle auch die Bedeutung des hydrographischen Messnetzes hervorgehoben werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die dargestellten Auswertungen der Daten den derzeitigen Wissensstand präsentieren. Im Verlauf weiterer Bearbeitungen sind Änderungen, vor allem im Zuge der Qualitätsprüfung für das Hydrographische Jahrbuch 2003, möglich.

2 Die meteorologische Situation 2003

Das Jahr 2003 begann nach einem als feucht einzuschätzenden Jahr 2002, in dem die Jahresniederschlagssumme ca. 120% des Normalwertes 1961-2000 betrug, mit Jännerniederschlagssummen, die in weiten Teilen Österreichs um den Normalwert lagen, in Oberösterreich und Niederösterreich z. T. auch wesentlich darüber. Die Gebiete von Osttirol über Oberkärnten bis ins Murgebiet zeigten in dieser Zeit bereits ein merkliches Niederschlagsdefizit mit Werten um 50% vom Normalwert. Bis Ende April blieben die gemessenen Niederschlagssummen im gesamten Bundesgebiet beträchtlich hinter den zu erwartenden Werten zurück. Vor allem im Süden Österreichs wurden Niederschläge gemessen, die nur Werte zwischen 30% und 50% der Normalwerte erreichten, in Osttirol auch darunter (siehe Abbildung 1). Verantwortlich dafür waren vor allem die niederschlagsarmen Monate Februar und März (siehe Tabelle 1). So wurde an einigen Messstellen im Süden und Osten Österreichs wurden nur 0 mm bzw. 1 mm Niederschlag registriert.

Tabelle 1: Monats- und Jahressummen 2003 in den Flussgebieten in Prozenten von den Normalwerten 1961-1990

Flussgebiete	Jän	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Rhein	104	73	44	51	87	40	78	47	61	253	74	62	75
Donau oberhalb des Inn	110	73	38	78	106	79	81	62	85	259	47	75	86
Inn bis zur Salzach	97	55	38	80	104	92	92	63	69	269	66	71	88
Salzach	105	52	45	79	118	81	97	62	107	209	67	69	89
Inn unterhalb der Salzach	166	52	47	41	83	47	98	48	69	190	22	66	74
Donau vom Inn bis zur Traun	144	47	33	45	69	80	112	46	42	203	28	66	75
Traun	129	44	58	55	98	53	105	55	109	176	46	73	82
Enns	99	35	63	71	108	69	99	57	118	176	58	69	83
Donau - Traun bis zum Kamp	174	29	69	43	102	68	97	49	113	156	36	66	80
Donau - Kamp bis zur Leitha	169	11	50	47	102	63	92	48	102	141	58	101	79
March	151	6	34	49	111	49	94	57	83	176	60	117	79
Leitha	102	25	40	45	120	73	91	75	98	131	82	119	85
Rabnitz und Raab	121	12	21	62	82	61	99	65	76	137	58	102	76
Mur	93	25	20	62	83	70	76	80	76	167	109	99	80
Drau	76	22	6	65	98	71	104	126	48	162	148	85	89
Gesamt	119	36	38	59	97	67	95	66	81	186	71	82	82

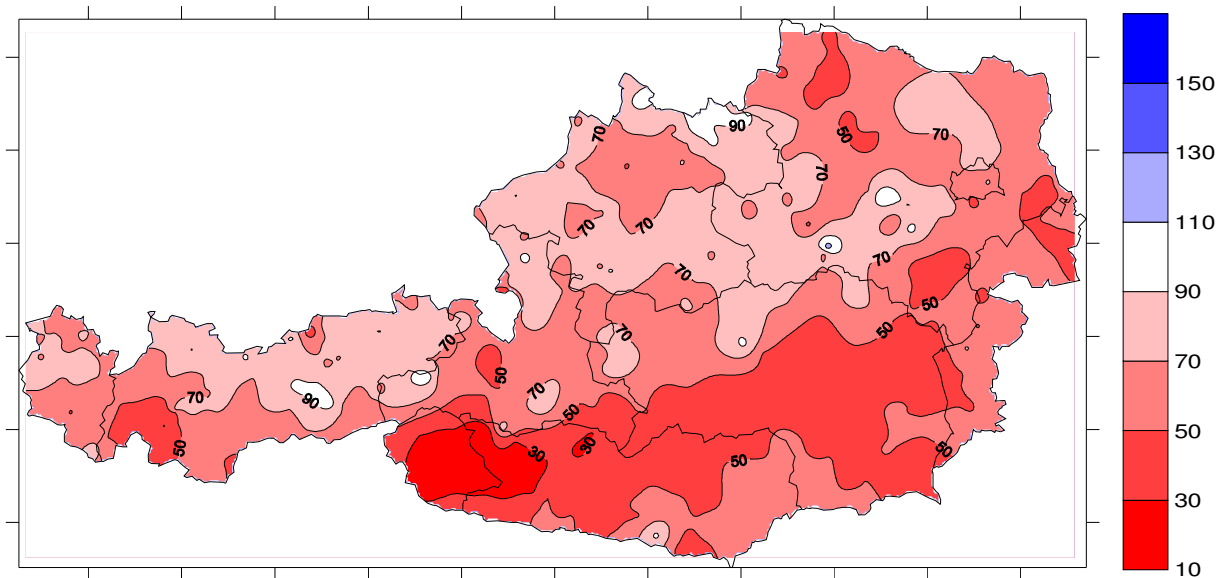


Abbildung 1: Niederschlagssumme Jänner bis April 2003 in Prozent vom Normalwert 1961-1990

In weiten Teilen Österreichs wurden im Mai und Juli – mit einigen Ausnahmen – Niederschlagssummen um den Normalwert gemessen. Juni und August wiesen ein merkliches Niederschlagsdefizit mit Werten um 70% auf. Eine Ausnahme bildete das Draugebiet, in dem die Augustniederschläge über den Normalwerten lagen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Niederschläge erst in den letzten Augusttagen fielen. Somit ergab die 4-Monatssumme Mai bis August Werte, die auch in Osttirol, Oberkärnten und im oberen Murgebiet um den Normalwert lagen. Im übrigen Bundesgebiet erreichten die Niederschläge Werte um 70% des Normalwertes. Im Rheingebiet und im westlichen Oberösterreich, in Teilen Niederösterreichs und im Südosten lagen diese auch darunter (Abbildung 2). Die Aussagekraft von Niederschlagssummen in den Sommermonaten in Bezug auf die Minderung von Trockenheit muss relativiert werden, da sich diese oft durch kurzzeitige, intensive Starkniederschläge ergeben, die manchmal zu mehr Schaden (z.B. Vermurungen) als Nutzen (Auffüllen der Grundwasserspeicher) führen. Bei gleichzeitig hohen Temperaturen verdunstet der gefallene Niederschlag größtenteils unmittelbar und ist so kaum nachhaltig Abfluss bildend. Das war 2003 der Fall: Neben dem vorhandenen Niederschlagsdefizit wurden auch rekordverdächtig hohe Sommertemperaturen gemessen. So lagen z.B. die Mitteltemperaturen des Zeitraums Mai, Juni, Juli, August zwischen 2°C und 4°C über den Temperaturnormalwerten – Juni und August zählten zu den wärmsten seit Messbeginn.

Das Salzachgebiet, der Norden und der Osten des Bundesgebietes wurden im September normal bis leicht übernormal überregnet. Der Westen bis in das westliche Oberösterreich wies jedoch weiterhin ein Niederschlagsdefizit auf. Im Süden war der September trocken. So fielen im Draugebiet nur ca. 50% der zu erwartenden Niederschlagsmenge.

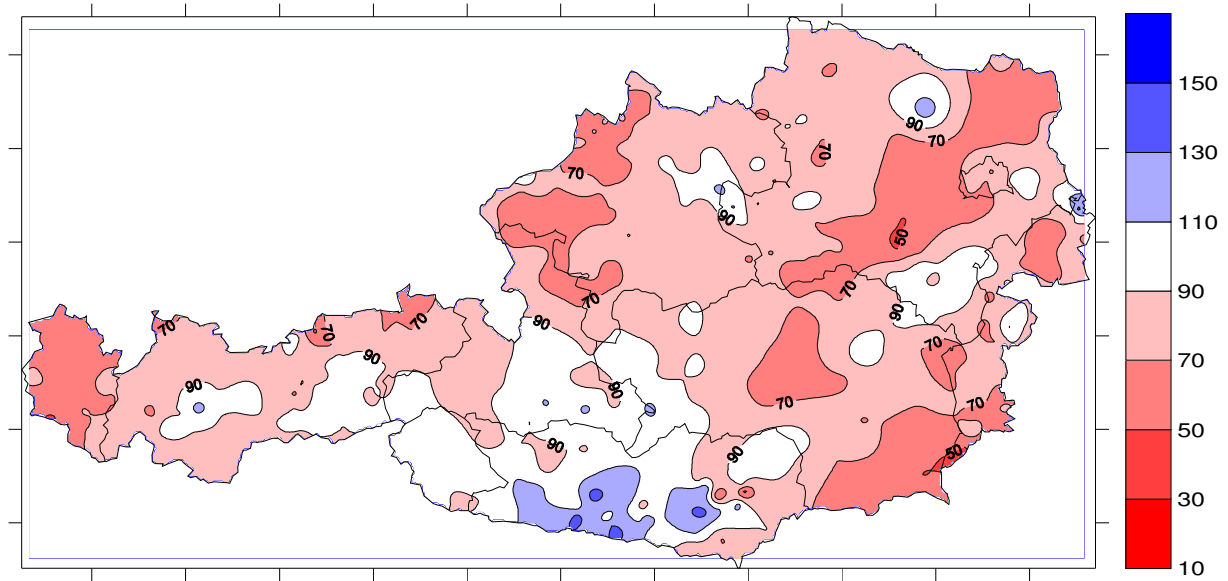


Abbildung 2: Niederschlagssumme Mai bis August 2003 in Prozent vom Normalwert 1961-1990

Erst der Oktober brachte für das gesamte Bundesgebiet Niederschlagssummen, die an manchen Messstellen über 300% des Normalwertes erreichten und dadurch eine merkliche Abminderung des Niederschlagsdefizits bewirkten. Der November war bis auf den Süden niederschlagsarm, ebenso der Dezember, der bis auf den Osten und Nordosten Österreichs, wo annähernd normale Niederschlagsmengen fielen, nur ca. 70% der zu erwartenden Niederschläge aufwies (Abbildung 3).

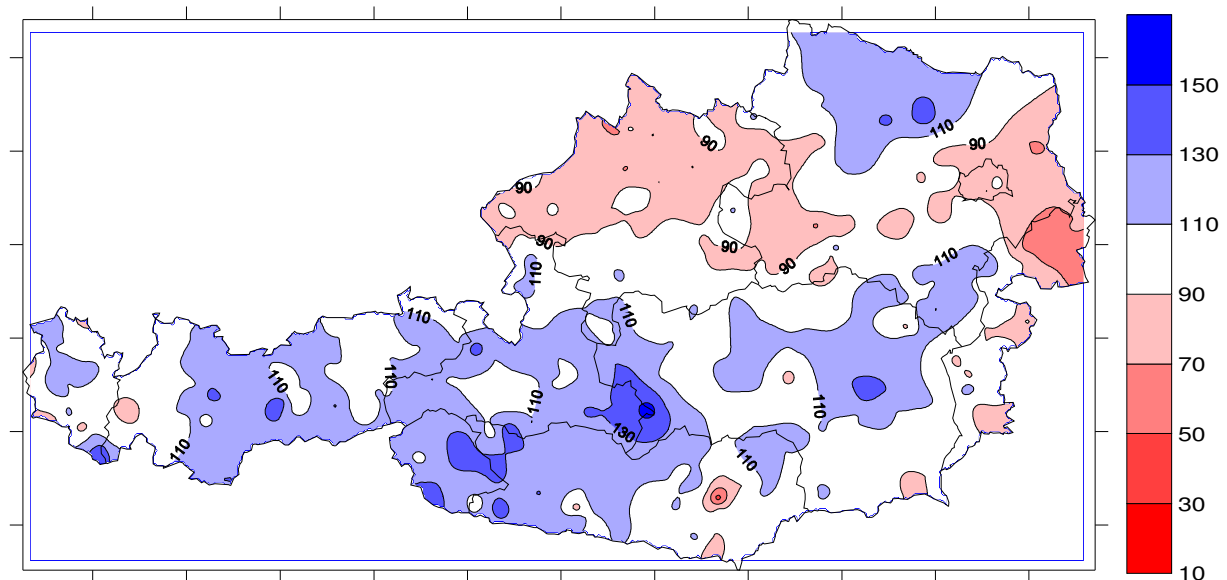


Abbildung 3: Niederschlagssumme September bis Dezember 2003 in Prozent vom Normalwert 1961-1990

Die Niederschlagssummen 2003 zeigen ein deutliches Defizit (70% bis 90%) gegenüber den Normalwerten 1961-1990. Im äußersten Osten um den Neusiedlersee und im Südosten um Bad

Radkersburg (siehe Abbildung 4) war das Defizit mit Werten von 30 bis 50% vom Normalwert noch größer. Die Niederschläge in Teilen Kärntens, Salzburgs und Tirols entsprachen hingegen den Normalwerten (Abbildung 5).

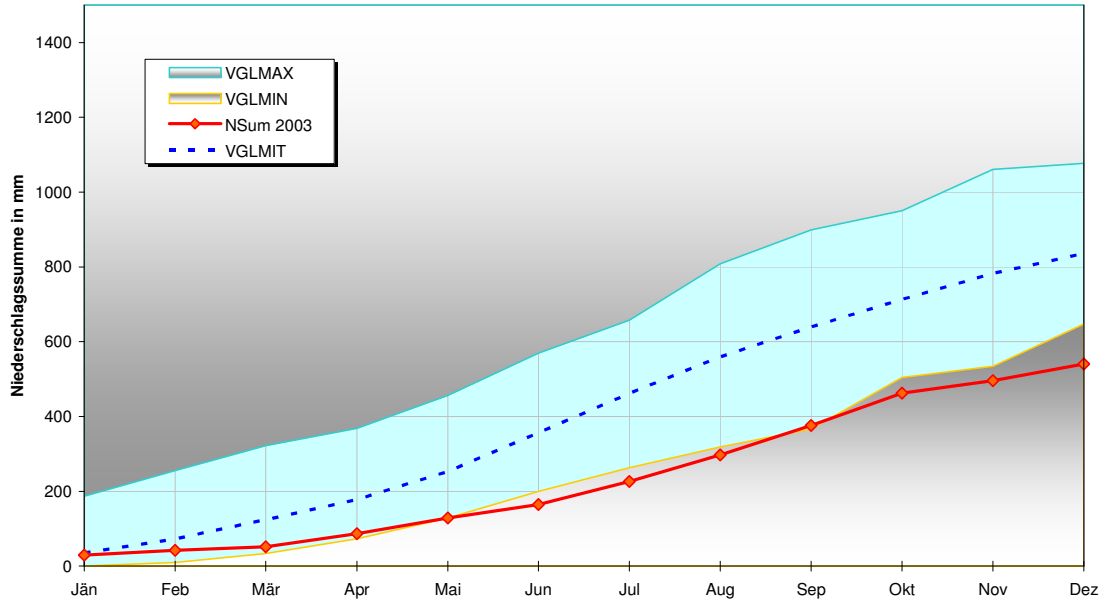


Abbildung 4: Niederschlagssumme 2003 in Bad Radkersburg im Vergleich mit der Reihe 1973 - 2002

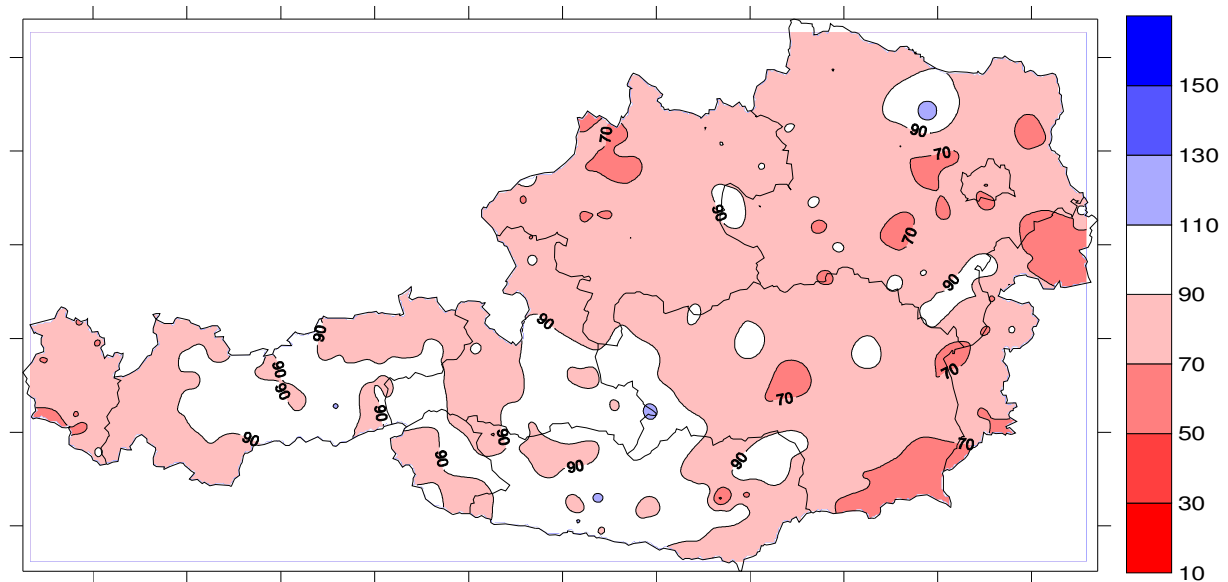


Abbildung 5: Niederschlagssumme 2003 in Prozent vom Normalwert 1961-1990

Die Abbildung 6 zeigt die Jahresniederschlagssummen Österreichs von 1961–2003, ausgedrückt in Prozent vom Mittelwert der Reihe 1901–1950. Das Jahr 2003 war mit 79% das zweitrockenste nach 1971.

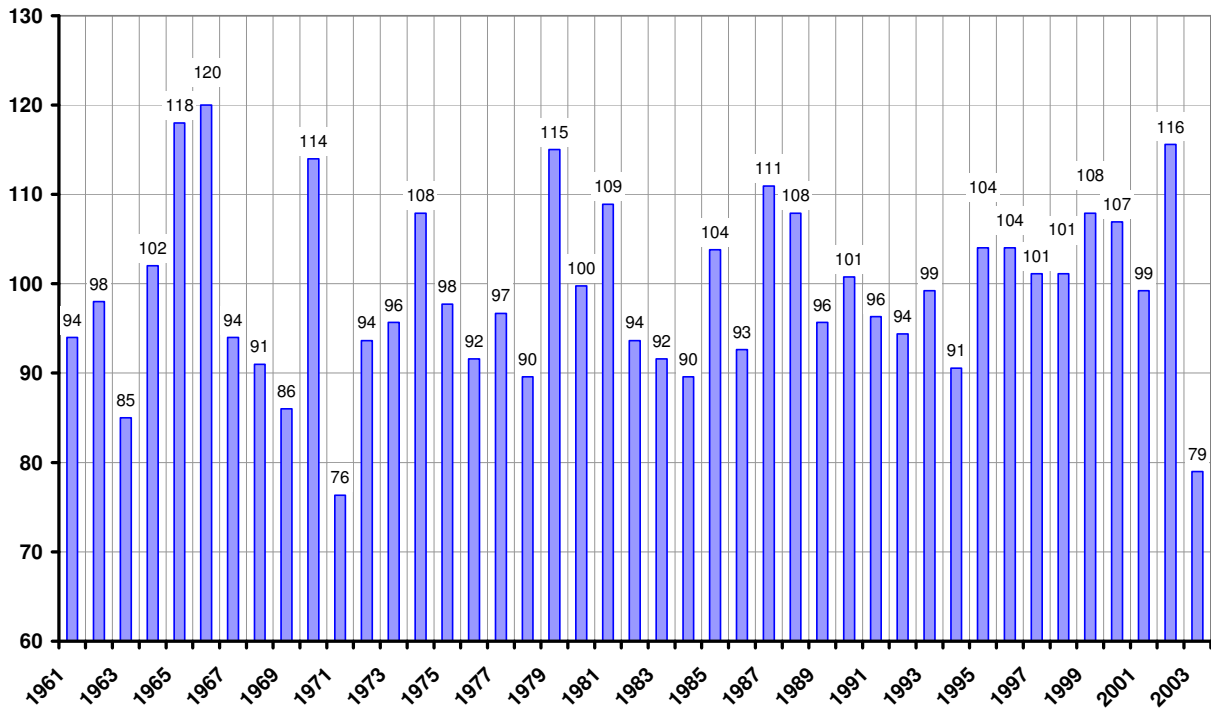


Abbildung 6: Jahresniederschlagssummen für Österreich in Prozent des Mittelwertes der Reihe 1901-1950.

3 Abflussverhältnisse

Die lange Trockenperiode im Jahr 2003 zeigte in allen Flussgebieten Österreichs Auswirkungen, die jedoch je nach Lage, Vorgeschichte, Einzugsgebietseigenschaften und Beeinflussungen unterschiedlich waren. Besonders betroffen waren die Gewässer im mittleren und südlichen Burgenland sowie in der südlichen und südöstlichen Steiermark. Dort wurden bereits seit 1999 Niederschlagsdefizite beobachtet, die in den Jahren vor 2003 zu extremen Niederwasserabflüssen und außergewöhnlich niederen Grundwasserständen führten. Angespannt war die Situation aber auch im nördlichen Flachgau, in Teilen des Innviertels und der Donauzwischen-einzugsgebiete, im Mühl- und Waldviertel, an den südlichen niederösterreichischen Donauzubringern sowie im Wienerwald. Einige kleinere Fließgewässer fielen sogar trocken.

Eine Abmilderung der Trockenheit gab es vor allem in jenen Einzugsgebieten, die durch Gletscher, hohe Grundwasserstände (z. B. Gebiete der Mattig sowie der unteren Leitha) oder Speicherbewirtschaftung beeinflusst waren. Aber auch im sonst eher trockenen Weinviertel fiel die Trockenperiode im Jahr 2003 vergleichsweise weniger extrem aus.

In den alpinen, nicht vergletscherten Einzugsgebieten wurden die Abflüsse im Mai und Juni noch von der Schneeschmelze geprägt. Während der sich anschließenden Trockenperiode wurden in diesen Einzugsgebieten von Juli bis September vielfach die saisonal, teilweise auch die absolut niedrigsten Tagesmittelwerte seit Beobachtungsbeginn erreicht. Erst die Niederschläge im Herbst (September, oft erst im Oktober) führten wieder zu einer Anhebung des Abflussniveaus.

Die Abflüsse aus den vergletscherten Einzugsgebieten profitierten in den Sommermonaten von der starken Gletscherschmelze. Selbst die größeren Talflüsse wie Inn, Salzach oder Drau wiesen während des Höhepunktes der Trockenheit im August 2003 trotz des Niederschlagsdefizits Abflüsse im Bereich der langjährigen Mittelwerte auf. Die Auswirkungen waren zum Teil bis ins Alpenvorland spürbar.

Die nicht alpinen Einzugsgebiete im Norden, Osten und Süden Österreichs wiesen in der Regel eine längere und ausgeprägtere Trockenperiode auf. Sie begann vielfach ab April, im Süden und Südosten Österreichs sogar schon ab Jänner oder Februar und dauerte bis Jahresende an, hier brachten die Niederschläge im Herbst keine Erholung der Abflusssituation. Häufig wurden die tiefsten Werte seit Beginn der Aufzeichnungen erreicht und unterschritten.

Im Jahr 2003 gab es kaum nennenswerte großräumige Hochwasserereignisse an den größeren Gewässern in Österreich. Wie in jedem Jahr verursachten einige Unwetter und Gewitterregen lokale Hochwasserabflüsse und Murenabgänge. Am 29./30. August war Kärnten von

Starkniederschlägen mit Schwerpunkt im unteren Gail- und Kanaltal betroffen. Am Nassfeld wurden 222 mm und in Villach-Hundsmarhof 113 mm Niederschlag registriert. Große Überschwemmungen und Vermurungen gab es im Gailtal und im Kanaltal durch die Wildbäche. Die Gailitz wies einen Höchststand von 280 cm auf, was etwa einer Abflussspitze von 228 m³/s und einem 25- bis 30-jährlichen Ereignis entspricht. Im September und Oktober waren aufgrund der Niederschlagsmengen im Großachengebiet und im Nordalpenraum 1-jährliche Hochwasserspitzen zu beobachten, in Vorarlberg im Oktober lokal auch 5-jährliche Ereignisse.

3.1 Der Westen Österreichs

Bregenzerwald, kleine kalkalpine Einzugsgebiete der westlichen Nordalpen

Nach einem Jänner mit durchschnittlichen Werten für Niederschlag und Abfluss unterschritten in Vorarlberg einige Fließgewässer, z.B. die Bregenzerach, bereits im Februar und weitere ab März die langjährigen Tagesmittelwerte. Dieser Trend hielt das gesamte Jahr über an, lediglich die Schneeschmelze und einige Niederschlagsereignisse, vor allem im Oktober, konnten die Abflussmengen etwas aufbessern, ohne jedoch eine durchgreifende Veränderung zu bewirken. In den Monaten Juni bis September erreichte die Trockenheit ihren Höhepunkt. Ab Mitte Juni bis in den September lagen die Tagesmittelwerte zum Teil sogar unter den langjährigen minimalen Tagesmitteln seit 1951. Im Verlauf des Sommers fielen vor allem in den kalkalpinen, verkarsteten Einzugsgebieten kleine Bäche trocken. Bei den etwas größeren Flüssen, z.B. Bregenzerach, Dornbirnerach oder Leiblach, wurde in den Sommermonaten das mittlere jährliche Niederwasser (MJNQ) unterschritten und annähernd die kleinsten bekannten Abflüsse erreicht. Verbreitet blieben die Abflüsse auch nach den Niederschlägen im Herbst auf einem niederen Niveau.

Bodensee

Ein ähnliches Bild zeigt der Jahresverlauf des Wasserstandes des Bodensees am Pegel Bregenz-Hafen (Abbildung 7). Infolge der langen sommerlichen Trockenwettersituation erreichte der Wasserstand im Zeitraum vom 12. August bis 5. Oktober neue saisonale Tagesminima seit Beobachtungsbeginn im Jahre 1864. Die Niederschläge im Oktober beendeten diese Periode, dennoch blieb der Wasserstand des Bodensees noch um 45 cm unter dem langjährigen Mittel für Oktober und sank im November und Dezember erneut unter die mittleren Werte für diese Jahreszeit. Der absolut tiefste bisher beobachtete Wasserstand (240 cm) wurde im Jänner 1949 registriert. Die Wassertemperatur des Bodensees (Bregenz-Hafen), gemessen in einer Tiefe von 50 cm unter der Wasseroberfläche, lag im Jahresmittel für 2003 um 1,7 Grad über dem Mittelwert der Jahre 1976 bis 2000. Das ist der höchste Jahresmittelwert der Wassertemperatur an dieser Messstelle seit mehr als 30 Jahren.

PEGEL BREGENZ Hafen - BODENSEE

Wasserstandsbewegung von 1864 - 2002; Pegelnullpunkt: 392,14 m ü. Adria

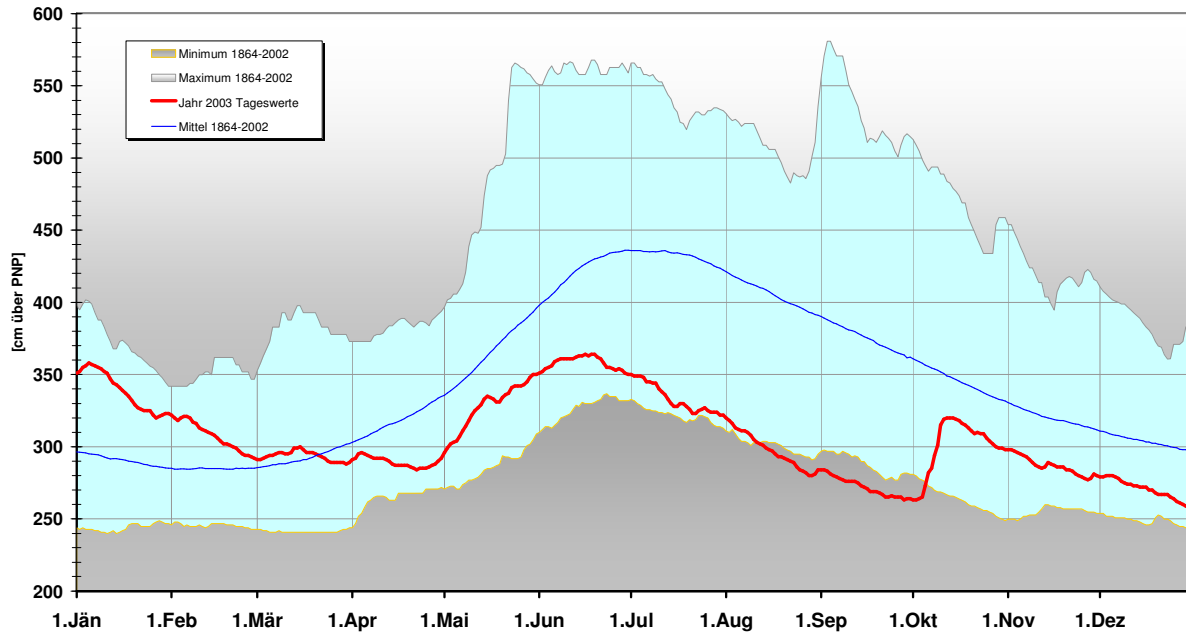


Abbildung 7: Wasserstand des Bodensees an der Messstelle Bregenz-Hafen 2003 im Vergleich zu den täglichen Beobachtungen seit 1864

Unvergleichterte hoch gelegene Einzugsgebiete

Ein etwas anderes Bild als die kleinen Fließgewässer zeigen jene Fließgewässer im Westen Österreichs, deren Einzugsgebiete größere Anteile in höher gelegenen Bereichen aufweisen (Rhein, Ill, Lech, Isar, Leutascher Ache, Inn, Sill, Drau, Tiroler Achen, Saalach). Das Jahr begann ebenfalls mit über- bzw. durchschnittlicher Wasserführung. Je nach Ausmaß der Schneeschmelze blieb die Wasserführung bis Mai bei mittleren Werten oder zeitweise (Ende April) sogar darüber. Ab Ende Mai begann ein deutlicher Rückgang der Abflüsse, der über den gesamten Sommer anhielt. Die ausgesprochene Niederwasserperiode von Juli bis September war allen hier beschriebenen Einzugsgebieten gemeinsam, wobei die Minima aber unterschiedlich auftraten. Das Jahresminimum des Abflusses der alpinen Gebiete liegt in der Regel in den Wintermonaten. Deshalb wurden im Sommer 2003 die absoluten bisher beobachteten Minima kaum unterschritten. Vor allem im Juli und August wurden jedoch vielfach die saisonal niedersten Tagesmittel seit Beobachtungsbeginn verzeichnet, wie das Beispiel der Messstelle Steeg/Lech (Abbildung 8) zeigt.

Lediglich jene Fließgewässer, die einer intensiven energiewirtschaftlichen Nutzung unterliegen, hatten – bedingt durch die zeitliche und mengenmäßige Umverteilung des Wassers durch Speicher und Kraftwerke – nicht so stark unter der Trockenheit zu leiden. So wies z.B. die Ill (Gisingen) 40 bis 65% der Normalabflussmenge auf. Das deutliche Absinken der Abflüsse unter die mittleren langjährigen Tageswerte setzte hier im Mai ein, beim Rhein (Bangs) dagegen erst

im Juni. Am Rhein wurde der langjährige Mittelwert der Wasserführung im Jahr 2003 im Mittel nur um 21% unterschritten (Zeitraum Juni bis September: um 25 bis 50%).

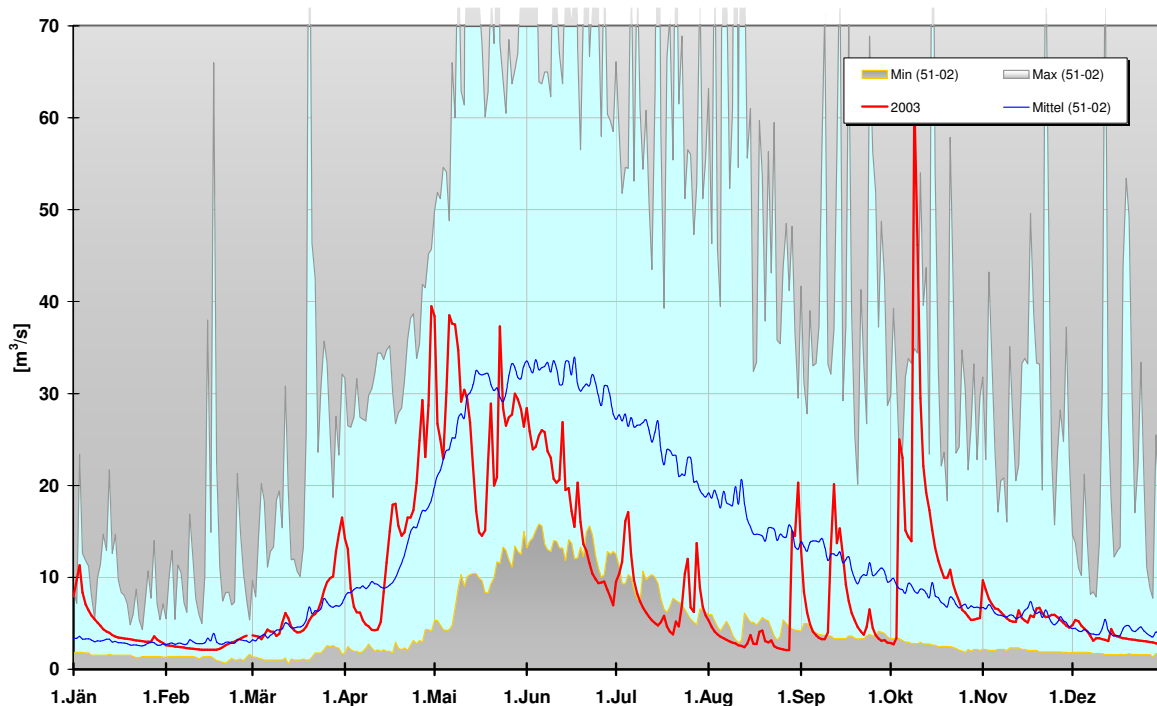


Abbildung 8: Pegel Steeg / Lech; Minima, Maxima und Mittelwert der täglichen Durchflüsse im Vergleich mit 2003

Nach den Herbstniederschlägen erreichten die Fließgewässer vom Alpenhauptkamm und in den Nordalpen gegen Jahresende Werte zwischen Nieder- und Mittelwasserabfluss, einige sogar bis nahezu Mittelwasser (Steeg/Lech, Großbacheengebiet, Weißbach/Saalach, Gisingen/III, Innsbruck/Inn, Puig/Sill, auch Sachsenburg/Drau).

Vergletscherte Einzugsgebiete

Fließgewässer aus vergletscherten Einzugsgebieten haben temperatur- und somit schmelzwasserbedingt ihr Abflussmaximum in den Sommermonaten. Die überdurchschnittlichen Temperaturen des Sommers 2003 (vgl. Abschnitt 1) führten zu einer verstärkten Gletscherschmelze, von der die Abflüsse aus diesen Gebieten in den Sommermonaten profitierten. Eisreserven aus früheren Jahren wurden angegriffen und teilweise zum Abschmelzen gebracht (vgl. auch Artikel Slupetzky & Wiesenegger, 2003 in diesem Heft).

Obwohl mit zunehmender Einzugsgebietsgröße der Einfluss des Gletscherschmelzwassers abnimmt, wurden auch an Messstellen im unteren Teil der entsprechenden Täler (Huben und Tumpen im unteren Ötztal, Tirol, Hinterbichl/Isel, Osttirol, Sulzau im Obersulzbachtal, Salzburg) im Juli und August noch überdurchschnittliche Abflüsse erreicht. Selbst die größeren Talflüsse wie Inn, Salzach oder Drau besserten während des Höhepunktes der Trockenheit im August 2003 ihre Wasserführung durch die Rekordabschmelzungen der Gletscher in den

Einzugsgebieten auf. Sie lag trotz des Niederschlagsdefizits im Sommer im Bereich der langjährigen Mittel, Niederwasser-Extremwerte wurden nicht erreicht (Abbildung 9). Die Auswirkungen waren zum Teil bis ins Alpenvorland spürbar.

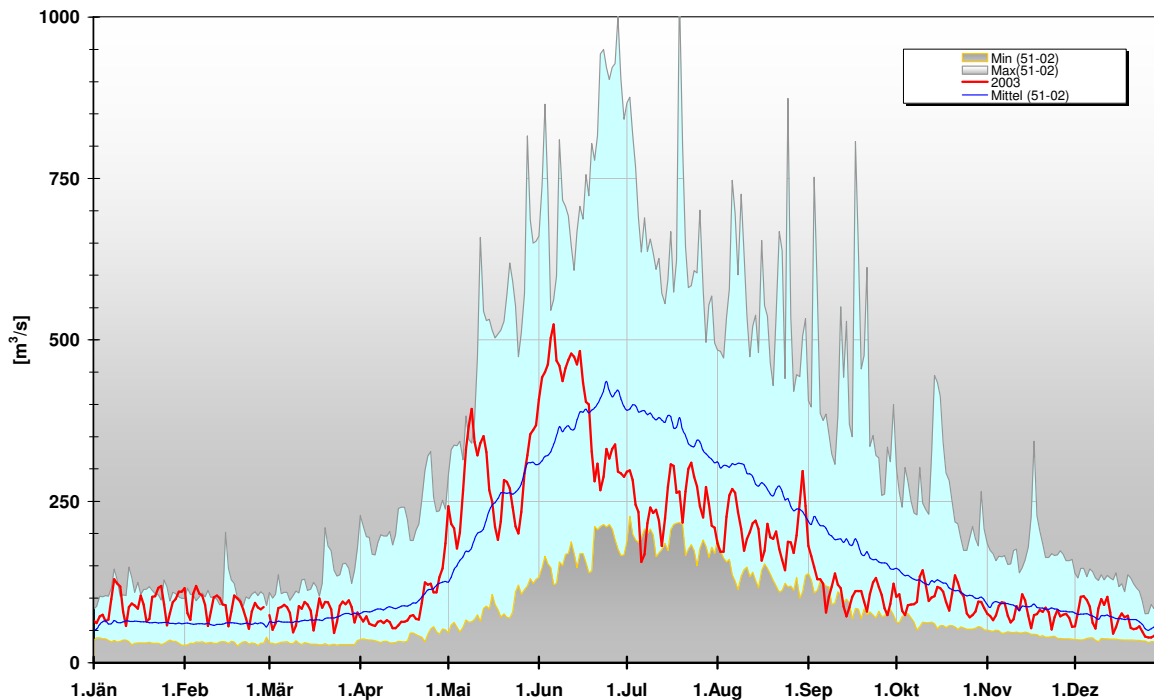


Abbildung 9: Pegel Innsbruck / Inn; Minima, Maxima und Mittelwert der täglichen Durchflüsse im Vergleich mit 2003

Stellvertretend für eine durch Gletscherschmelze geprägte Messstelle ist Vent/Rofenache im Ötztal angeführt. Abbildung 10 stellt die Tagesmittelwerte des Abflusses 2003 den Minima, Maxima und Mittelwerten der Tageswerte der Jahresreihe 1967-2002 und Abbildung 11 die Monatsmittel der Lufttemperatur 2003 den Minima, Maxima und Mittelwerten der Monate der Jahresreihe 1935-1998 gegenüber. Im Jahr 2003 herrschten nahezu ganzjährig überdurchschnittliche Abflussverhältnisse. Entsprechend dem Temperaturverlauf wurden mit der Schneeschmelze Anfang Mai und im Juni bereits die bisherigen Maxima im Abfluss erreicht oder sogar überschritten. Deutlich spiegeln sich die kühleren Witterungsabschnitte mit geringeren Schmelzwasserabflüssen wider. Der Höhepunkt der Gletscherschmelze lag im Juli und August. Die Fotos vom Pegel Ritzenried/Pitze illustrieren sehr eindrucksvoll, dass die messtechnische Erfassung solcher Schmelzwasserabflüsse eine Herausforderung darstellt (siehe Abbildung 12). Ende August setzte eine kühleren Witterungsphase der Schmelzperiode ein Ende, der Abfluss ging bis in den Bereich der niedersten Werte zurück. Erst die Niederschlagsereignisse des Herbstes hoben das Abflussniveau wieder auf jahreszeitlich normale Werte an.

Dass die bisherigen Maxima trotz der immensen Schmelze im Jahr 2003 nicht in größerem Ausmaß erreicht oder überschritten wurden, ist auf fehlende bzw. deutlich geringere Niederschläge als normal zurückzuführen (vgl. auch Artikel Slupetzky & Wiesenegger, 2003 in diesem Heft). In den maximalen Tagesmittelwerten des Abflusses sind neben dem Schmelzwasserabfluss auch Niederschlagsereignisse enthalten. So resultieren z.B. die drei höchsten bisher beobachteten Tagesmittel vom 17. Juni, 19. Juli und 24. August aus Hochwasserereignissen von Juni 1991 und Juli bzw. August 1987 (siehe Abbildung 10).

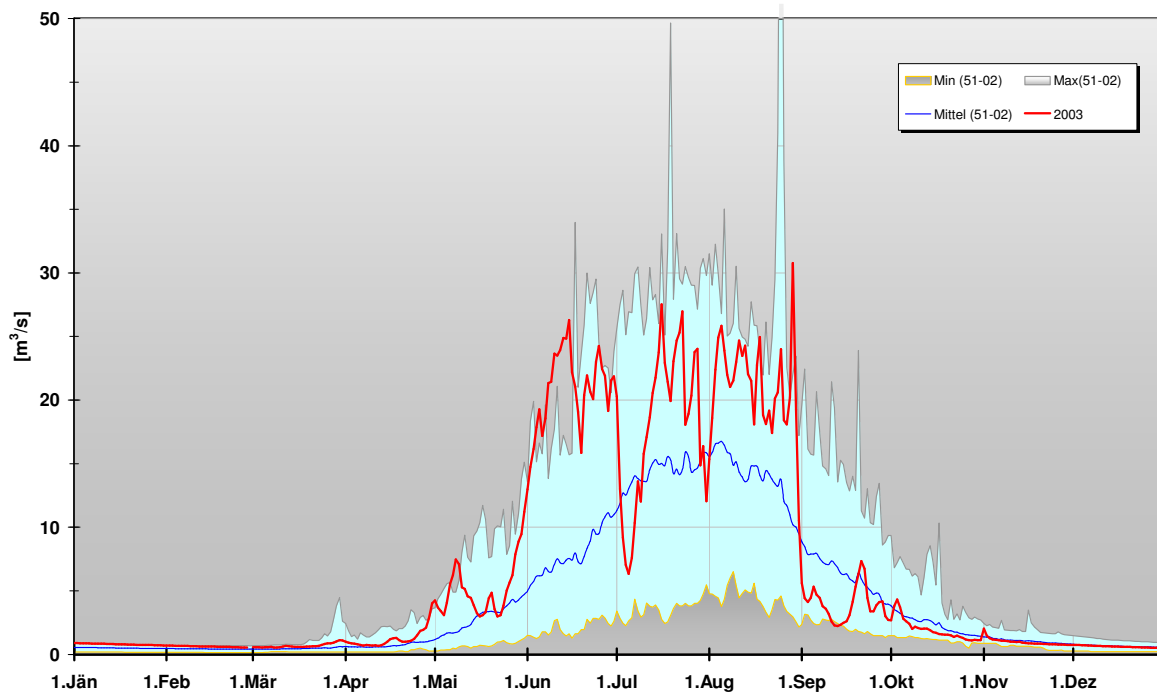


Abbildung 10: Pegel Vent / Rofenache; Minima, Maxima und Mittelwert der täglichen Durchflüsse im Vergleich mit 2003

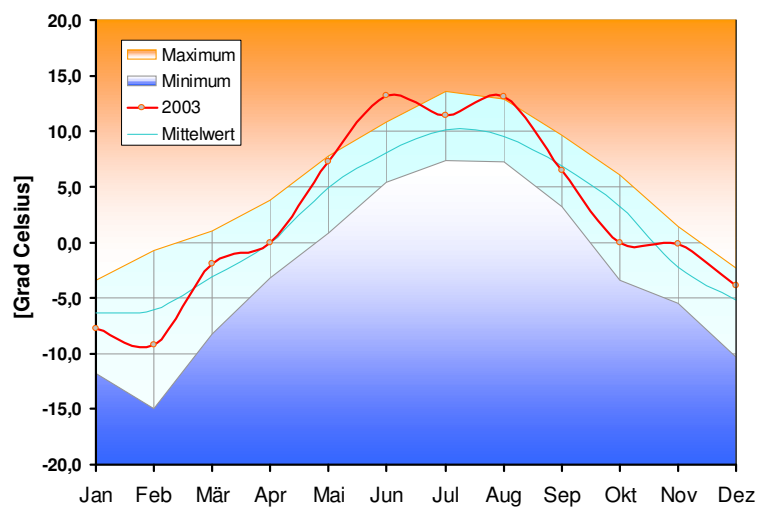


Abbildung 11: Verlauf der Lufttemperatur 2003 an der Messstelle Vent im Vergleich zu langjährigen Minima und Maxima



Abbildung 12: Ritzenried / Pitze (Tirol) am 7. August 2003, Fotos: Tiroler Wasserkraftwerke

3.2 Der Süden Österreichs

Draugebiet

Die Jahregänge der Fließgewässer in Osttirol und Kärnten weisen ganz unterschiedliche Charakteristika auf. Für die höher gelegenen Einzugsgebiete nahe des Alpenhauptkamms und für jene mit Gletscheranteil gilt das bereits oben Beschriebene.

Der Jahresgang des Abflusses der Drau zeigt zunächst von der italienischen Grenze bis zur Einmündung der Isel auf Grund des Niederschlagsdefizites (vgl. Kapitel 1) einen ähnlichen Verlauf wie viele andere Fließgewässer im Süden. Ab der Einmündung der Isel profitierte die Drau jedoch einerseits von der Gletscherschmelze (Isel) sowie von den höheren Abflussbeiträgen der Zubringer vom Alpenhauptkamm. Andererseits entschärfte die durch Speicherbetrieb und Überleitungen bedingte zeitliche und räumliche Umverteilung von Abflussmengen die Niederwassersituation.

An nahezu allen anderen größeren Fließgewässern (Gail – siehe Abbildung 13, Gurk, Glan, Görtschitz, Lavant – siehe Abbildung 14), auch bis hin in die Weststeiermark (Voitsberg), begann der Abfluss nach etwa normalen Werten im Jänner bereits ab Februar zurückzugehen. Vielfach brachte die Schneeschmelze wenig Erhöhung des Abflussgeschehens - Auswirkungen der verbreitet weit unterdurchschnittlichen Winterniederschläge. Teilweise lagen bereits im April die Tagesmittel des Abflusses unter den bisher beobachteten minimalen Tagesmitteln für diese Jahreszeit. Das gesamte Jahr über blieben die Abflüsse - bis auf wenige ereignisbedingte, kurzzeitige Spitzen - immer unter den Mittelwerten. Ab Oktober stiegen infolge der Herbstniederschläge die Abflusswerte bis in den Bereich der Mittelwerte an, wobei diese Anstiege nach Osten hin immer geringer ausfielen. Gleiches gilt auch für den gesamten Jahresgang der Abflüsse: Trotz ähnlichen Verlaufes im gesamten Süden bis hin zur Weststeiermark wird deutlich, dass sich das Niederschlagsdefizit immer stärker bemerkbar

machte, je weiter östlich die Einzugsgebiete liegen. Im Osten Kärntens erreichten die Fließgewässer saisonale Minima des Abflusses.

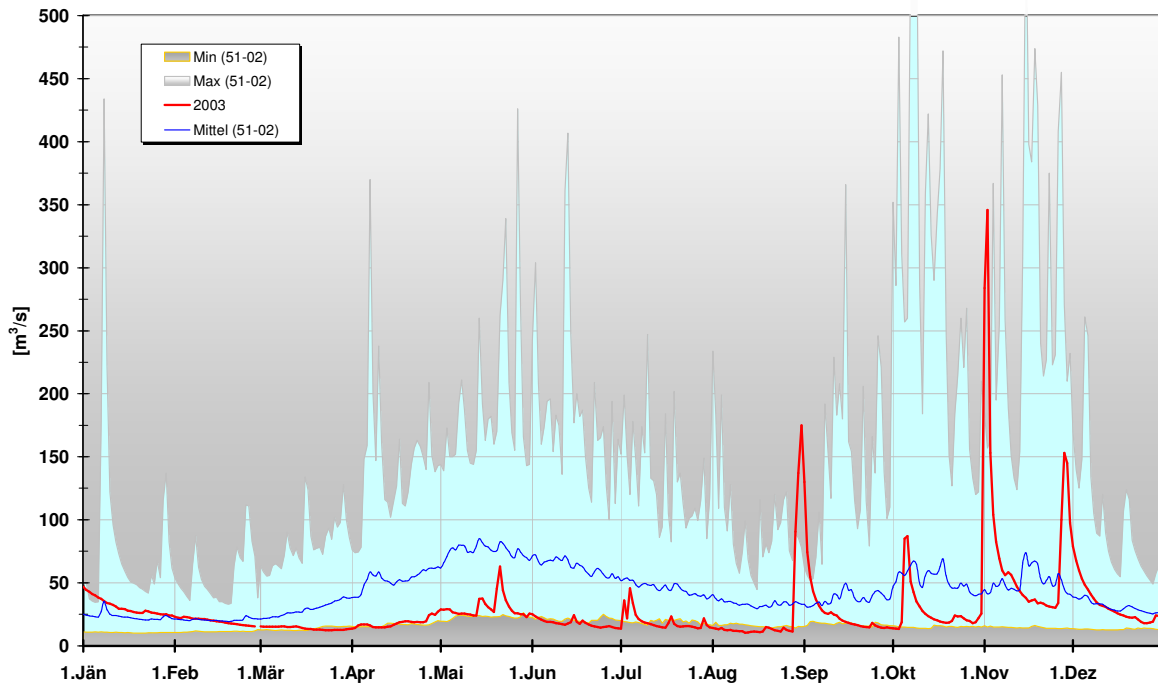


Abbildung 13: Pegel Federaun / Gail: Minima, Maxima und Mittelwert der täglichen Durchflüsse im Vergleich mit 2003

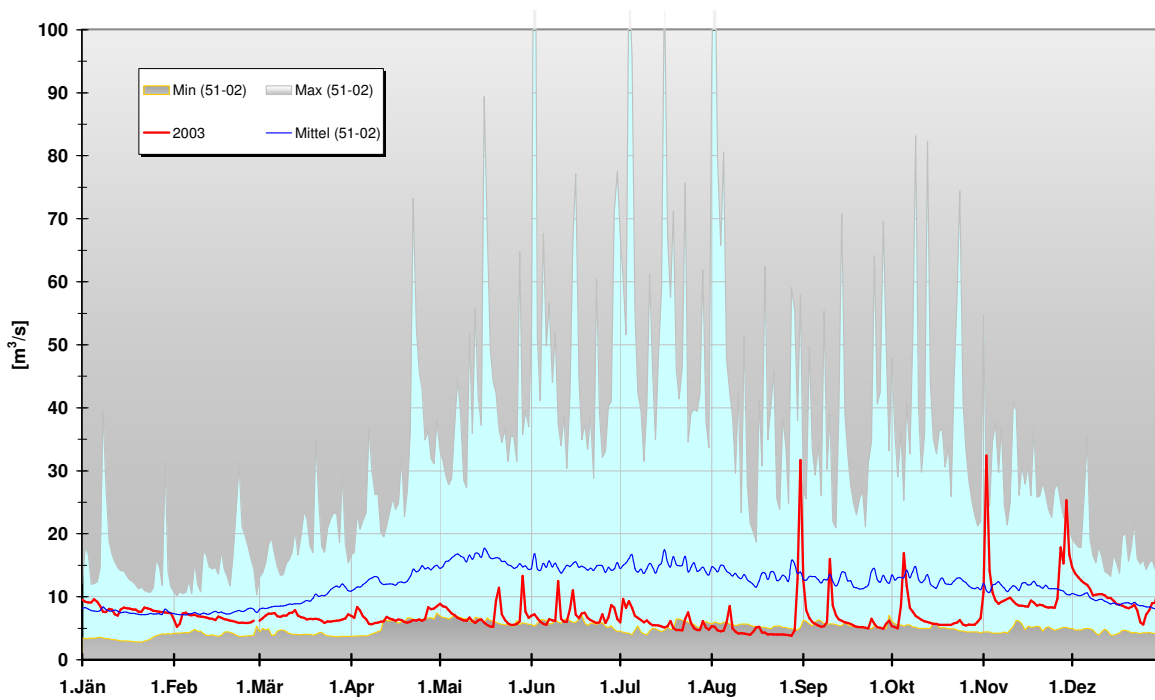


Abbildung 14: Pegel Krottendorf / Lavant; Minima, Maxima und Mittelwert der täglichen Durchflüsse im Vergleich mit 2003

Murgebiet

An der oberen Mur (Kendlbruck, Bruck a. d. Mur) wurden die absolut kleinsten Tagesmittel der vorliegenden Beobachtungsreihen im Verlauf der Trockenperiode 2003 nicht erreicht, wohl aber saisonal. Die Pegelabflüsse lagen im Bereich zwischen Mittel- und Niederwasser, zu Jahresende im Bereich des unteren Mittelwassers (NMQ). Infolge der inneralpinen Lage des Einzugsgebietes der Mur kommen Witterungseinflüsse von Norden wie auch von Süden zum Tragen und spiegeln sich im Abflussgeschehen wider. So ähnelte der Jahresverlauf des Abflusses der Mur 2003 jenen der Gewässer in Kärnten. Nach überdurchschnittlichen Werten im Jänner und etwa normalen im Februar nahm der Abfluss der Mur kontinuierlich ab und unterschritt im April erstmals die bis dahin saisonal niedersten beobachteten Tagesmittel. Die Schneeschmelze besserte das Defizit im Mai und Juni an der oberen Mur (Kendlbruck, Bruck a. d. Mur) etwas auf, während das an der unteren Mur im Süden der Steiermark, z.B. in Spielfeld, schon nicht mehr der Fall war. Etwa ab 20. Juni bis Ende August bewegten sich die Tagesmittelwerte im Bereich der niedersten bisher beobachteten Tagesmittel des Abflusses für diese Jahreszeit. Der Höhepunkt des Niederwassers war im August. Wie bei den Fließgewässern im Süden erholte sich der Abfluss der Mur auf Grund der mit Anfang September einsetzenden Herbstniederschläge wieder bis auf mittlere Abflusswerte.

3.3 Der Norden Österreichs

Flachgau, Innviertel, Trattnach, Innbach

Im nördlichen Flachgau, wo sogar vereinzelt Pegelprofile trocken fielen, im Innviertel und im Donauzwischenzugsgebiet an der Trattnach und am Innbach wurden ab Mitte März die langjährigen mittleren Abflüsse unterschritten, wie das Beispiel von Haging/Antiesen, Abbildung 15, zeigt.

Sie blieben von April bis Jahresende, kurz unterbrochen von einem Ereignis Anfang Oktober, im Bereich der langjährigen Minima. Eine Ausnahme stellt das Gebiet der Mattig dar, welches stark vom Grundwasser beeinflusst ist und auch einige größere Quellenaustritte aufweist. Die Grundwasserstände waren zu Beginn des Jahres wegen des Auguthochwassers 2002 überdurchschnittlich hoch. Daher ging in diesem Gebiet die Abnahme der Abflüsse allmählicher vor sich, sie befanden sich seit Mitte März bis Jahresende zwar ebenfalls unterhalb des langjährigen Mittels, erreichten jedoch die langjährigen Minima nur kurzfristig im Juli/August sowie im November/Dezember.

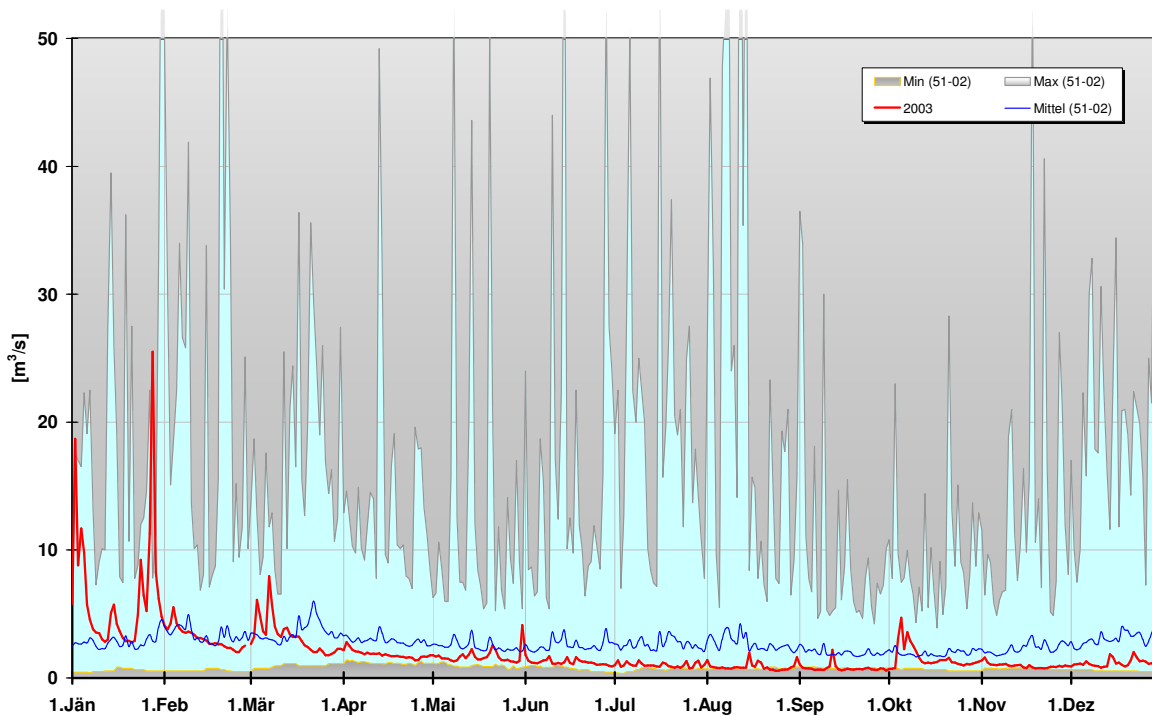


Abbildung 15: Haging / Antiesen; Minima, Maxima und Mittelwert der täglichen Durchflüsse im Vergleich mit 2003

Traun- und Ennsgebiet

Die alpin und durch zahlreiche Karstquellen geprägten Einzugsgebiete der Traun und Enns weisen ein etwas anderes Erscheinungsbild auf. Die Abflüsse unterliegen dort generell einer größeren Schwankungsbreite. Durch die Schneeschmelze und das Anspringen der Karstquellen im Frühjahr, die im Jahr 2003 allerdings keine größeren Reserven beinhalteten, bewegten sich die Abflüsse noch bis Mai 2003 im Bereich zwischen langjährigem Mittel und langjährigem Minimum. Trotz überdurchschnittlicher Niederschläge im Sommer sanken die Abflüsse von Juni bis Ende August dann zeitweise sogar bis unter den Bereich der langjährigen Minima, wodurch neue saisonale Minima entstanden, und stiegen erst durch die Ereignisse ab Mitte September und Anfang Oktober wieder in Richtung langjähriges Mittel an.

An der oberen Enns z. B. in Liezen spielte die Schneeschmelze eine größere Rolle. Der kontinuierliche Durchflussrückgang begann erst Ende Mai. Die Tagesmittel der Abflüsse erreichten im Juni, Juli und vor allem im August die bisherigen niedersten Tagesmittel und unterschritten sie teilweise auch. Erst die Herbstniederschläge füllten das Defizit wieder auf.

Das Einzugsgebiet der Alm weist aufgrund des vorherrschenden Grundwasserbegleitstroms und vorhandener Fließstauhaltungen ein eher ausgeglichenes, gedämpfteres Regime auf, wobei größere Hochwasserwellen, wie im August 2002, trotzdem voll durchschlagen. Diese Eigenschaften treffen auch auf die Einzugsgebiete der Steyrling und krummen Steyrling zu. Bereits im Februar und dann ab Mitte März wurden die langjährigen Mittel deutlich

unterschritten. Die Abflüsse bewegten sich bereits ab April im Bereich der langjährigen Minima, welche Ende Juni/Anfang Juli sogar zeitweise unterschritten wurden, und blieben trotz einiger Ereignisse im September und Oktober bis Jahresende im Bereich der langjährigen Minima.

Die Messstellen an der Ager unterhalb der Salzkammergutseen sind durch die Seebewirtschaftung beeinflusst. Ab Mitte März wurden die mittleren Abflüsse unterschritten, eine ausgeprägte Trockenheitsperiode herrschte aber erst von Anfang Juni bis Anfang September, bei der sich die Abflüsse im Bereich des langjährigen Minimums bewegten. Die Niederschlagsereignisse über den Sommer wurden durch die Seen weggepuffert. Erst die Niederschläge ab Mitte September und insbesondere das größere Ereignis ab Anfang Oktober brachten eine deutliche Entspannung, wodurch die Abflüsse wieder auf Bereiche zwischen langjährigem Mittel und Minimum anstiegen.

An der unteren Steyr und Enns sind die alpinen Einflüsse nur mehr gedämpft, aber doch erkennbar (vgl. Abbildung 16). Auch dort traten saisonale Minima im Juli/August auf, aber im Gegensatz zu den weiter oben liegenden Einzugsgebieten blieben hier die Abflüsse trotz der Herbstniederschläge weiterhin bis zum Jahresende niedrig.

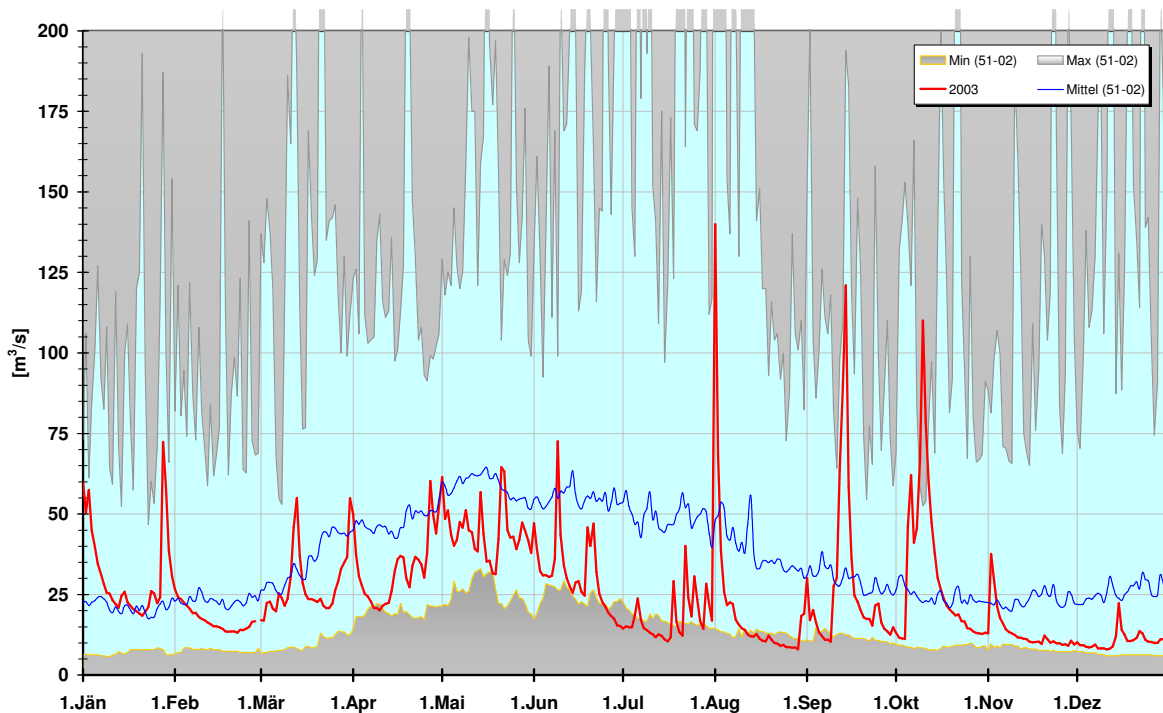


Abbildung 16: Pergern / Steyr; Minima, Maxima und Mittelwert der täglichen Durchflüsse im Vergleich mit 2003

Südliche niederösterreichische Donauzubringer

Ab ca. Mitte März unterschritten die Abflüsse die langjährigen Mittel und blieben von Anfang Mai bis Jahresende, unterbrochen von wenigen kurzen Ereignissen, im Bereich der langjährigen Minima, wie in Abbildung 17 zu sehen ist. Bei den Gewässern im Bereich des Wienerwaldes fielen seit Mitte März bis Jahresende so gut wie keine Niederschläge, die Erleichterung hätten bringen können, viele kleinere Wienerwaldbäche sind zeitweise sogar trocken gefallen.

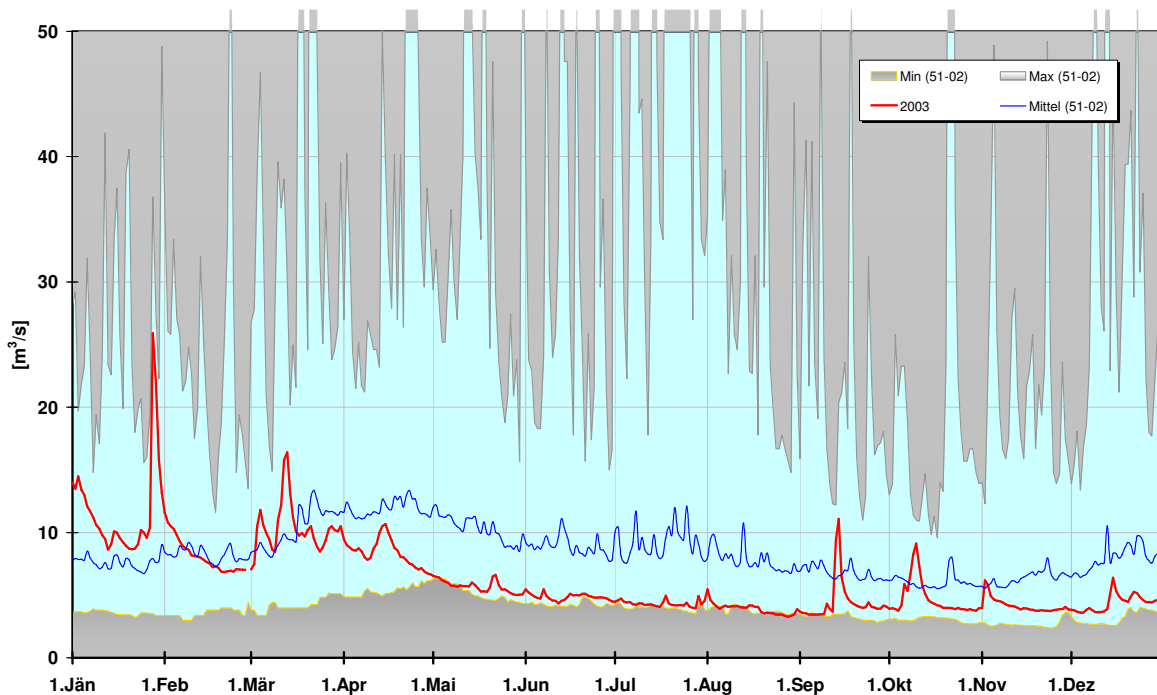


Abbildung 17: Lilienfeld / Traisen; Minima, Maxima und Mittelwert der täglichen Durchflüsse im Vergleich mit 2003

Nördliche Donauzubringer und Elbegebiet

Im Mühl- und Waldviertel, auch im Bereich der Lainsitz und Thaya, unterschritten die Abflüsse bei fast allen Messstellen ab ca. Mitte März die langjährigen Mittel und bewegten sich ab Anfang Mai bis Jahresende im Bereich der langjährigen Minima. Eine Ausnahme stellt Leopoldschlag/Maltsch dar, dort befanden sich die Abflüsse bis Ende März noch über dem langjährigen Mittel, sanken erst ab Anfang April bis ca. Mitte Juli kontinuierlich ab und blieben bis Ende des Jahres leicht über dem langjährigen Minimum.

Im sonst so trockenen Weinviertel fiel die Trockenperiode im Jahr 2003 vergleichsweise weniger extrem aus. Bis Mitte Februar, an der Schmida sogar bis Mitte März (vgl. Abbildung 18), lagen die Abflüsse deutlich über dem langjährigen Mittel und blieben bis Anfang Juni, wo im Weinviertel ein größeres Ereignis stattfand, im Bereich des langjährigen Mittels. Erst ab Mitte

Juni bis ca. Ende September sanken auch hier die Abflüsse in Bereiche des langjährigen Minimums ab und stiegen ab Oktober wieder leicht an.

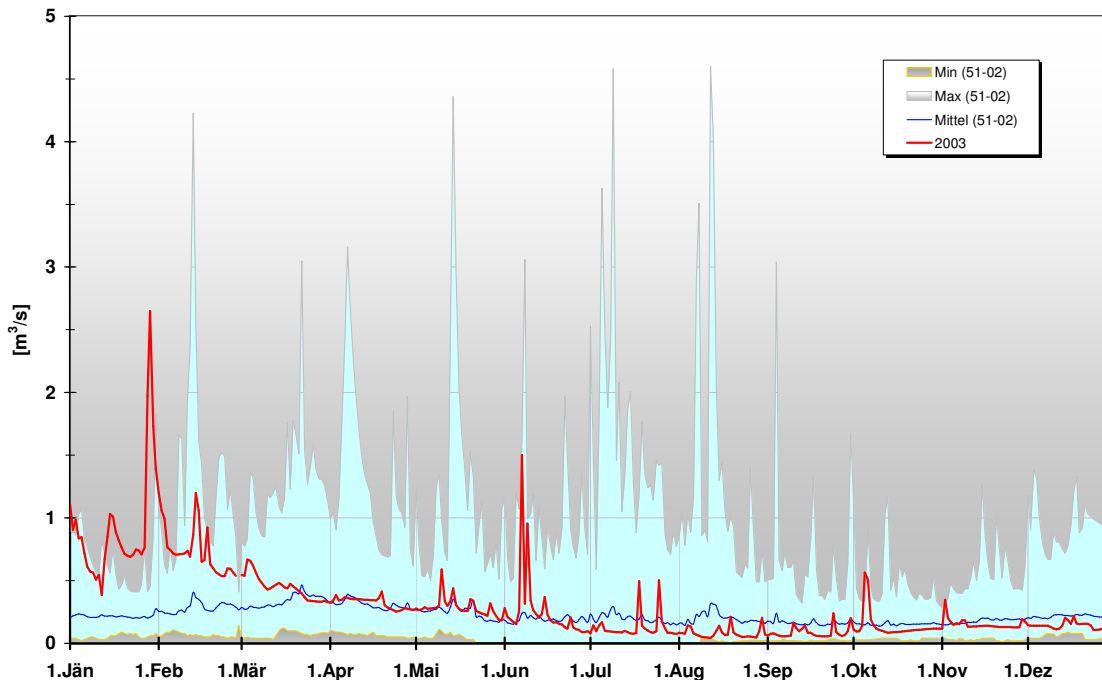


Abbildung 18: Hollenstein / Schmida; Minima, Maxima und Mittelwert der täglichen Durchflüsse im Vergleich mit 2003

Donau und March

An Donau und March unterschritten die Abflüsse bereits Anfang Februar die langjährigen Mittel, stiegen aber durch die Schneeschmelze Anfang März zunächst noch einmal an. Ab Mitte März fielen die Abflüsse abermals unter das langjährige Mittel und bewegten sich an der March ab Mitte Juni und an der Donau ab Ende Juni bis Jahresende im Bereich der langjährigen Minima. An der Donau, die groÙteils alpin geprägt ist, wurden im August 2003 teilweise Wasserführungen beobachtet, die für diese Jahreszeit das absolute Minimum darstellen (vgl. Abbildung 19).

Die für die Schifffahrt wichtige Wassermarke RNW 96 wurde seit Anfang August im Bereich der freien Fließstrecken unterschritten. Die Wasserstände stiegen nur kurzfristig infolge der Niederschläge Mitte September bzw. Mitte Oktober an und unterschritten danach abermals die RNW-Marke. In Kienstock wurde das Abflussminimum für die Sommermonate am 28. August mit ca. 590 m³/s beobachtet. Das absolute Minimum im Jahr 2003 mit ca. 580 m³/s wurde aber am 26. Dezember registriert. Am Pegel Wolfsthal wurde das absolute Minimum am 28. August 2003 mit ca. 775 m³/s erreicht, der Wasserstand lag ca. 50 cm unter dem RNW 96.

Bemerkung: Das Regulierungsniederwasser 1996 (RNW 96) ist, entsprechend den Richtlinien der Donaukommission, als jener Wasserstand anzusehen, der einem Abfluss mit einer Überschreitungsdauer von 94 % entspricht.

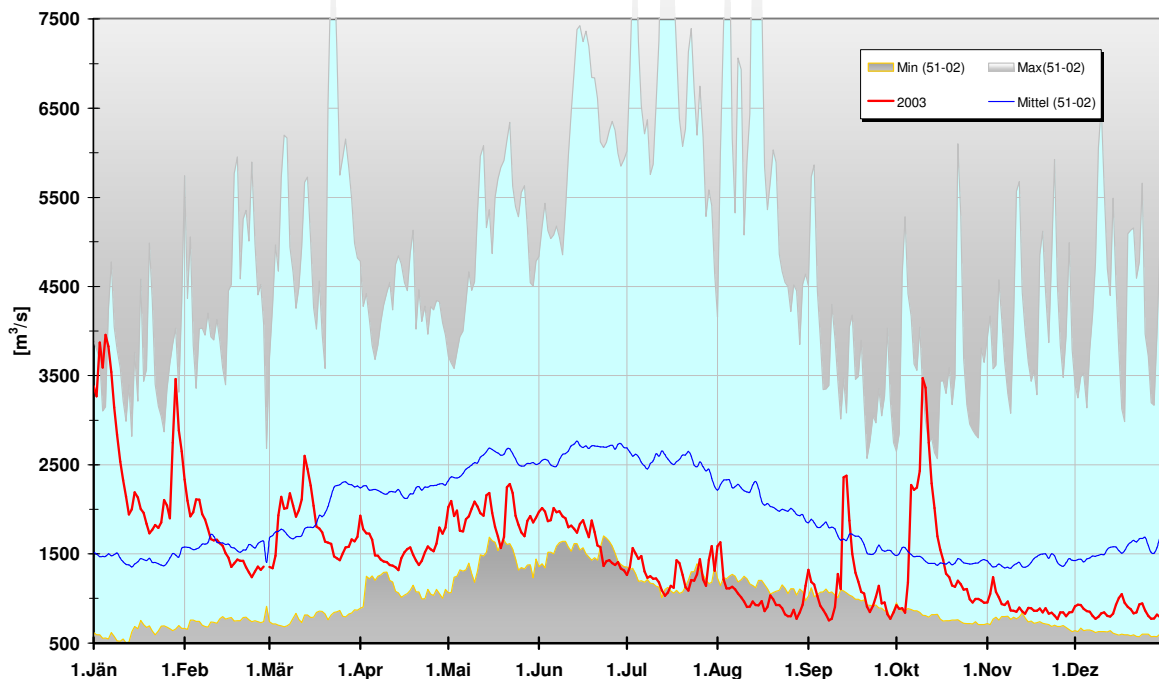


Abbildung 19: Wien-Reichsbrücke / Donau; Minima, Maxima und Mittelwert der täglichen Durchflüsse im Vergleich mit 2003

3.4 Der Osten Österreichs

Leithagebiet

Während die Messstellen an der oberen Leitha mit denen der südlichen niederösterreichischen Donauzubringern vergleichbar sind, fiel die Trockenheit an der mittleren und unteren Leitha weniger extrem aus. Dieses Gebiet ist stark vom Grundwasserstand beeinflusst, welcher nach dem Augusthochwasser 2002 besonders hoch war. Ab ca. Mitte März unterschritten die Abflüsse die langjährigen Mittel und bewegten sich an der mittleren und unteren Leitha bis Jahresende im Bereich zwischen langjährigem Mittel und Minimum, wobei die langjährigen Minima ab Ende Juli bis Jahresende zwar immer wieder, aber nur kurzzeitig erreicht wurden.

Neusiedlersee

Der Wasserstand des Neusiedlersees erreichte im Oktober 2003 mit 115,07 m einen historischen Tiefststand seit dem Beginn der Schleusenregulierung im Jahr 1965 (siehe Abbildung 20). Im Jänner 2004 ist der Wasserstand des Neusiedlersees mit 115,19 m zwar bereits um 12 cm angestiegen, aber immer noch um 10 cm niedriger als das bisherige Minimum im Monat Jänner.

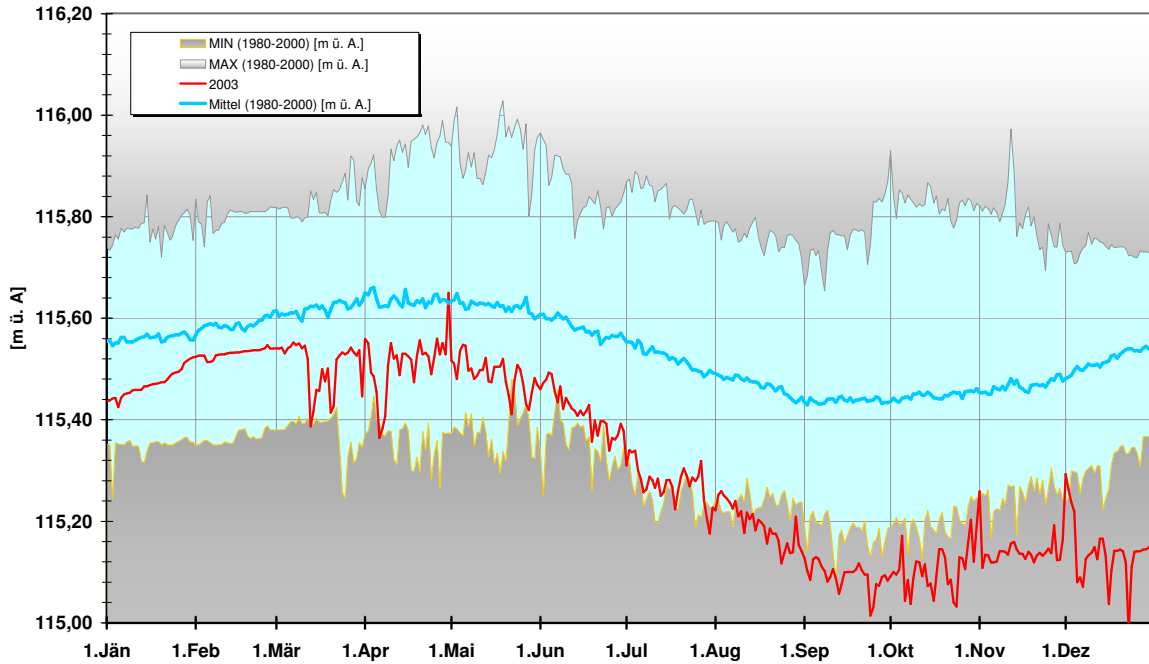


Abbildung 20: Wasserstand Neusiedlersee 2003 im Vergleich zu Beobachtungen seit 1980

Mittleres und südliches Burgenland sowie südliche und südöstliche Steiermark

Besonders betroffen von der Trockenheit 2003 waren die Gewässer im mittleren und südlichen Burgenland sowie in der südlichen und südöstlichen Steiermark. Im Burgenland von der Wulka bis zur Raab unterschritten die Abflüsse die langjährigen Mittel bereits ab Anfang Februar, an der Strem sogar schon ab Anfang Jänner und blieben bis Jahresende im Bereich der langjährigen Minima. Die Güns hatte beispielsweise Anfang September 2003 einen Abfluss von nur ca. 70 l/s bei einem langjährigen Mittel von ca. 1,4 m³/s und war in Ungarn komplett trocken gefallen. Die Niederschläge um Weihnachten und der Schnee danach beendeten jedoch diese extreme Niederwasserperiode.

In der Süd- und Südoststeiermark nahm der Abfluss bereits Ende Jänner von etwa mittleren Werten deutlich ab, unterbrochen von einem nur kurzzeitigen Anstieg infolge der Schneeschmelze Anfang März. Ende Juli herrschte an den Zubringern zur Raab und unteren Mur eine extrem niedere Wasserführung, kleinere Gewässer waren auch trocken gefallen. Bis auf wenige Ereignisse im Herbst, in deren Folge kurzzeitig Mittelwasser erreicht oder auch überschritten war, blieben die Abflüsse ganzjährig auf niederstem Niveau (Feldbach/Mur, Leibnitz/Sulm, Fluttendorf/Gnasbach). Im Gegensatz zu Osttirol und Kärnten brachten die herbstlichen Niederschläge in den großen Becken der Weststeiermark und in der Süd- und Südoststeiermark keine Erholung der Abflusssituation (siehe Abbildung 21).

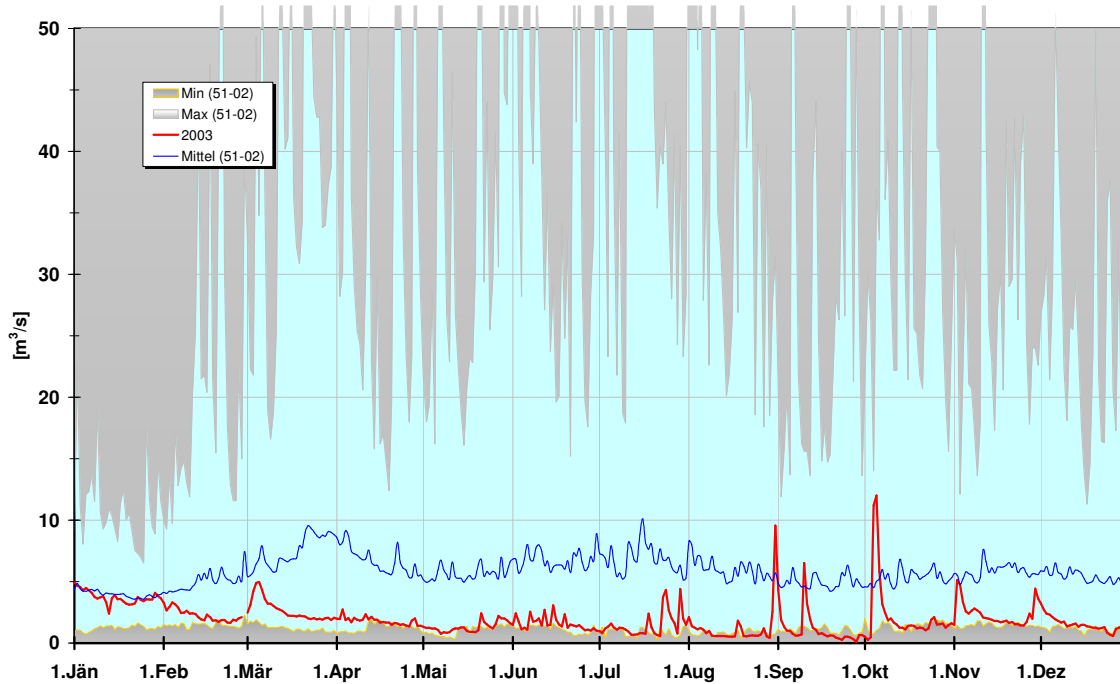


Abbildung 21: Pegel Feldbach / Raab; Minima, Maxima und Mittelwert der täglichen Durchflüsse im Vergleich mit 2003

3.5 Einordnung des Niederwasserjahres 2003

Wahrscheinlichkeitsanalyse

Die Einordnung eines Niederwasserereignisses nach hydrologisch-statistischen Methoden ist ungleich schwieriger als die Einschätzung eines Hochwasserereignisses, das in der Regel zeitlich klar abgegrenzt und einem bestimmten Niederschlagsereignis zugeordnet werden kann. Die absoluten Niederwasserführungen an den Pegeln sind als Kenngröße nur bedingt heranzuziehen, da die Daten an kleinen Gewässern oft anthropogen beeinflusst sind und bei natürlichen Pegelprofilen der Fehler der Wasserstands-Durchflussbeziehung (Pegelschlüssel) im Bereich des absoluten Minimums der Wasserführung beträchtlich sein kann. Im Vergleich zu dokumentierten Hochwasserreihen gibt es für die Niederwasseranalyse weniger lange Zeitreihen mit zuverlässigen Daten. Zur statistischen Analyse wurde daher das NMQ_{7T} – das niedrigste arithmetische Mittel des Durchflusses an sieben aufeinander folgenden Tagen – verwendet. Diese Kenngröße ist zuverlässiger und robuster gegenüber kurzfristigen Beeinflussungen. Die Wahrscheinlichkeitsanalyse wurde mit einem extremwertstatistischen Programm durchgeführt und dazu der Reziprokwert der NMQ_{7T} -Werte verwendet. Die Anpassung an eine theoretische Verteilungsfunktion erfolgte graphisch. Dabei zeigte sich, dass die Datenkollektive der untersuchten 21 Messstellen bis auf wenige Ausnahmen mit der „log Pearson III“ – bzw. mit der „generalisierten Extremwertverteilung – GEV“ extremwertstatistisch beschrieben werden konnten. Zur Berechnung wurden die vorhandenen Tagesmittelwerte der Reihe von 1951 bis 2003 verwendet. Die Tabelle 2 zeigt das Ergebnis der

Wahrscheinlichkeitsberechnung für das Auftreten eines Niederwasserereignisses im Ausmaß des Jahres 2003, angegeben in Jährlichkeiten (mittlere Zeitspanne - in Jahren - innerhalb derer ein Niederwasserereignis in der Größenordnung 2003 einmal erreicht oder unterschritten wird). Betrachtet man die Ergebnisse der Berechnung mit der Jahresreihe (der kleinste NMQ_{7T} -Wert jedes Jahres, unabhängig vom Zeitpunkt seines Auftretens) so sieht man sehr unterschiedliche Jährlichkeiten von $n=1$ bis > 1000 Jahren.

Tabelle 2: Jährlichkeit der NMQ_{7T} - Minima im Jahr 2003

Messstelle	Gewässer	NW-Regime	Land	NMQ_{7T} [a]		NMQ_{7T} [a]	
				Jahresreihe		August	
				von	bis	von	bis
Rattersdorf	Güns	So,Wi,He	Bgl	50	60		60
Dobersdorf	Lafnitz	So	Bgl		> 1000		> 1000
Heiligenbrunn	Strem	So	Bgl		150		150
Zell	Glan	So	Ktn	10	15	20	25
Brückl	Görtschitz	Wi	Ktn	15	20		> 100
Krottendorf	Lavant	Wi	Ktn		20	150	200
Federaun	Gail	Wi,He	Ktn	15	20	150	200
Gumisch	Gurk	Wi,So	Ktn		100	100	150
Zwettl	Kamp	So,He	Noe	10	15	75	100
Angern	March	So,He	Noe		100	100	125
Opponitz	Ybbs	He,Wi	Noe		60	75	100
Wien	Donau	Wi	Noe	2	5	80	100
Lilienfeld	Traisen	Wi,He	Noe	5	10	50	100
Obertraun	Traun	Wi,He	Ooe		< 5	75	100
Haging	Antiesen	Wi,So,He	Ooe	5	10	60	100
Pergern	Steyr	Wi,He	Ooe	5	10	150	200
Salzburg	Salzach	Wi	Sbg	1	5	20	50
Fluttendorf	Gnasbach	So	Stmk		100		> 100
Voitsberg	Kainach	Wi,So	Stmk	5	10		100
Bruck/Mur	Mur	Wi	Stmk		1	100	150
Leibnitz	Sulm	Wi,So,He	Stmk		10	25	50
Feldbach	Raab	Wi,So,He	Stmk	100	150	100	150
Liezen	Enns	Wi	Stmk	2	5		200
Innsbruck	Inn	Wi	Tir	3	5	5	10
Kennelbach	Bregenzerach	Wi,He	Vbg	30	40		> 1000

Schränkt man das Datenkollektiv auf den Monat August ein, in dem an den meisten Gewässern im Jahr 2003 der Höhepunkt der Trockenwetterperiode beobachtet wurde, so erkennt man, dass die Jährlichkeit der Niederwasserperiode 2003 in ganz Österreich in der Größenordnung zwischen $n=100$ und $n=200$ liegt. An zwei Pegeln – Dobersdorf/Lafnitz und Kennelbach/Bregenzerach – ist der NMQ_{7T} -Augustwert mit den genannten theoretischen Verteilungen nur sehr schwer einzuschätzen und als „Ausreißer“ bzw. als ganz seltenes Ereignis mit $n > 1000$ einzustufen. Die Spalte NW-Regime gibt die Saisonalität (So ... Sommer, Wi ... Winter, He ... Herbst) des Auftretens der Niederwasserführung am Pegel an.

Extremwertstatistische Berechnungen setzen homogene, unabhängige Datenkollektive voraus. Das bedeutet auch, dass zur Analyse verwendete Daten keinen Trend enthalten sollten. Diese

Voraussetzung gilt - vor allem für die Werte des Monats August – *nicht*. Das Ausmaß des Trendverhaltens wird für die untersuchten Messstellen im Kapitel Trendanalyse dargestellt. Bei der Interpretation der Wahrscheinlichkeitsanalyse ist zu berücksichtigen, dass die dazu verwendeten Daten nicht „trendbereinigt“ wurden. Zum Beispiel wurde nur für eine Messstelle – Rattersdorf/Güns – das Datenkollektiv um den Trend bereinigt. Bei signifikant abnehmendem Verlauf der NMQ_{7T} -Werte im August ergibt sich dabei eine Verkürzung des Wiederkehrintervalls auf ca. 1/3 des in der Tabelle 2 angegebenen Intervalls. Daraus lässt sich schließen, dass bei Fortbestand der in den letzten 50 Jahren an einigen Messstellen festgestellten Abnahme der NQ_{7T} -Werte im Frühjahr und Sommer Niederwasserführungen wie im Sommer 2003 häufiger auftreten werden.

Trendanalyse

Im Zusammenhang mit der Frage Klimaänderung und deren Auswirkung auf hydrologische Kennwerte wurde für diesen Bericht die Entwicklung der NMQ_{7T} -Werte über den Zeitraum 1951 bis 2003 untersucht. Dafür wurden die niedersten jährlichen NMQ_{7T} -Werte für jeden Monat ermittelt und eine Trendanalyse durchgeführt. Die Neigung des linearen Trendverlaufes wurde durch den t-Test auf seine Signifikanz untersucht. Vor allem an den Messstellen im Süden Österreichs (Kärnten und Steiermark) zeigt sich eine Abnahme der saisonalen Niederwasserabflüsse im Frühling und im Sommer. Eine Reduktion der NMQ_{7T} -Abflüsse ist aber auch an einigen Messstellen in Oberösterreich (Steyr und Antiesen) und an der Salzach zu erkennen. Die jährlichen NMQ_{7T} -Extremwerte zeigen keine derartig signifikante Reduktion im Verlauf der Untersuchungsperiode, was mit einem leichten Anstieg der Wasserführungen in den Winter- und Herbstmonaten erklärt werden kann. Messstellen, deren Abflussregime durch Gletscher beeinflusst ist, zeigen ein wesentlich anderes Ergebnis.

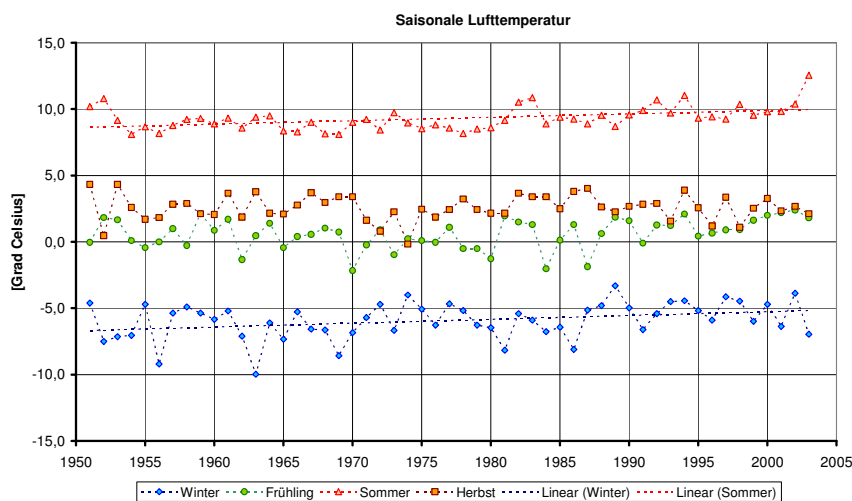


Abbildung 22: saisonale Mittelwerte der Lufttemperatur und deren Entwicklung seit 1951 an der Messstelle Vent

Am Beispiel der Messstelle Vent/Rofenache (Abbildung 22) ist ersichtlich, dass fast alle Monate im Jahr einen signifikanten Anstieg der Niederwasserabflüsse aufweisen.

Der Grund dafür ist der Anstieg der Lufttemperatur - vor allem in den Sommermonaten – und die damit verbundene erhöhte Gletscherschmelze, die für genügend Abfluss aus dem Einzugsgebiet auch bei niederschlagsfreien Perioden sorgt. Die Zunahme der Niederwasserabflüsse am Pegel Innsbruck/Inn, vor allem im Winter, zeigt, dass zusätzlich zum erhöhten Gletscherabfluss die Umlagerung der Abflüsse vom Sommer in den Winter durch den Speicherbetrieb das Niederwasserregime beeinflussen kann.

Tabelle 3: Trendanalyse, Signifikanz auf 5% (---, +++), 10% (--, ++) und 20% (-, +) Niveau

Messstelle	Gewässer	Land	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Rattersdorf	Güns	Bgl			-	--		--	--	-				
Dobersdorf	Lafnitz	Bgl			---			--	---	-			-	
Heiligenbrunn	Strem	Bgl	++									+++		
Brückl	Görtschitz	Knt	+				-	---	-					
Federaun	Gail	Knt				---	---	---	---	--	-			
Krottendorf	Lavant	Knt		-	--	--	---	---						
Zell	Glan	Knt		--	---	---	---	---	---	---	--			
Gumisch	Gurk	Knt			--	---	--	---	--	--				
Zwettl	Kamp	Noe						--	-					
Angern	March	Noe							--	--				
Singerin	Schwarza	Noe	+++	++	++						+++	+++	++	+
Dtsch.-Brod	Leitha	Noe											--	-
Opponitz	Ybbs	Noe		++	+			-	---	---				
Lilienfeld	Traisen	Noe	+	+	+		-	-	-					
Obertraun	Traun	Ooe	+++	+++	++		+++		--	---	+++		++	+++
Pergern	Steyr	Ooe							---	---		+		
Haging	Antiesen	Ooe				--	---	---	---	---	---	--		
Salzburg	Salzach	Sbg	++	++			+	---	---		+			+
Feldbach	Raab	Stmk		-	---	-			-			+		
Bruck	Mur	Stmk		++				---	-			+++	+++	+++
Leibnitz	Sulm	Stmk			---		--	---	---			+		
Voitsberg	Kainach	Stmk			---	--	---	---	-					
Fluttendorf	Gnasbach	Stmk												
Liezen	Enns	Stmk							--		++	++		
Innsbruck	Inn	Tir	+++	+++	+++	+++	+++					+++	+++	++
Steeg	Lech	Tir	+++	+++	+++		+++					+	+++	+++
Vent	LT	Tir	+		++	+	+++	+++	+++	+++				+
Vent	Rofenache	Tir	+++	+++	+++	+	+++	+++	+++	+++			+++	+++
Kennelbach	Bregenzerache	Vbg			+	---		-	-					
Hainburg	Donau	WSD	++	+				-	---	---			+	
Wien	Donau	WSD	++	+				--	---	---			+	+

Die Ursache der in der Tabelle 3 zusammengefassten Ergebnisse ist wahrscheinlich eine Kombination mehrerer Auswirkungen. Diese können sein:

- die Umlagerung durch die Speicherbewirtschaftung;
- der Anstieg der Schneefallgrenze im Winter und damit mehr Niederschläge in Form von Regen;
- ein Anstieg des Verdunstungspotentials durch erhöhte Sommertemperaturen und damit eine Reduktion der Niederwasserabflüsse im Sommer.

Betrachtet man die Donau, so zeigen die untersuchten Pegel Kienstock und Wien ein einheitliches Bild. Die NMQ_{7T} -Jahresminima ergeben einen signifikanten Anstieg, die Monate Juni, Juli und August eine ebenso signifikante Reduktion der Niederwasserführung, die durch eine mehr oder weniger starke Erhöhung im Winter kompensiert wird (Abbildung 23). Die Abbildung 24 zeigt, stellvertretend für viele Gewässer im Süden Österreichs, auffallend geringe Wasserführungen in den Jahren 2000 bis 2003.

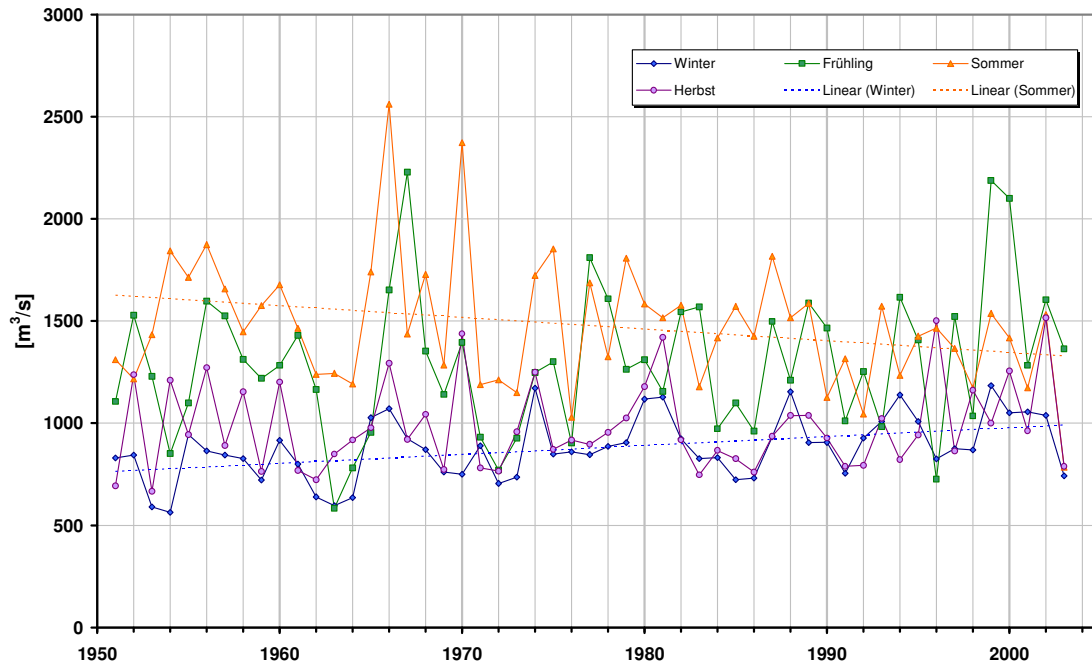


Abbildung 23: Verlauf der saisonalen NMQ_{7T} -Jahresminima am Pegel Kienstock / Donau

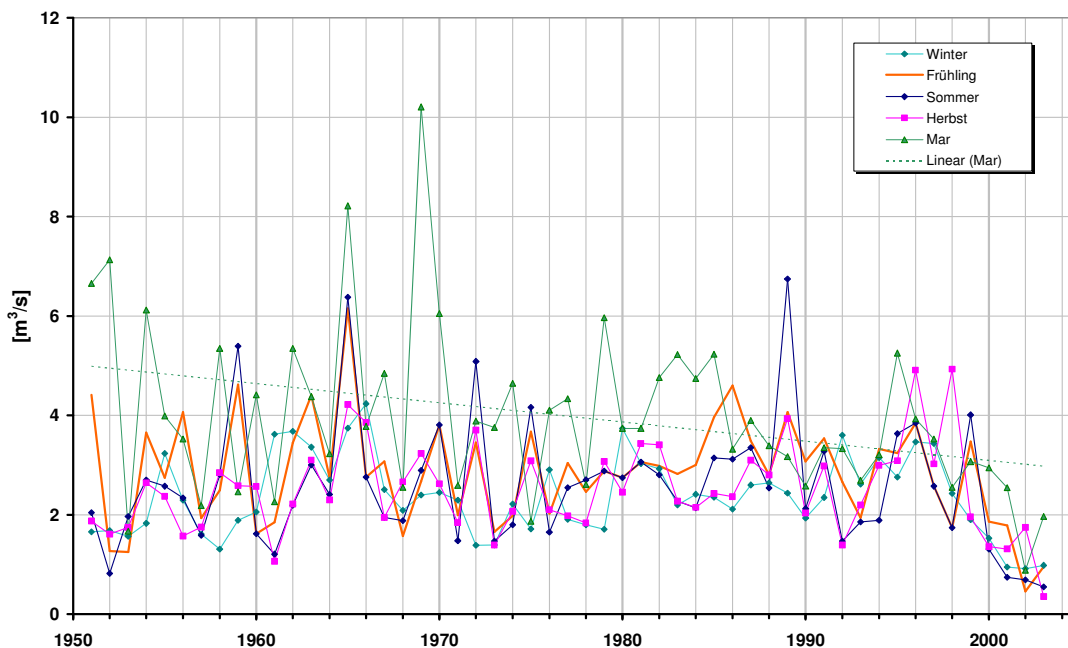


Abbildung 24: Verlauf der saisonalen NMQ_{7T} -Jahresminima am Pegel Feldbach / Raab

4 Die Grundwassersituation 2003

2003 war für sämtliche österreichischen Grundwassergebiete ein Jahr der Extreme. In fast allen Grundwassergebieten, mit Ausnahme jener in der Steiermark und des Burgenlandes, wurden in Folge des Hochwassers im August bzw. der intensiven Niederschläge im Herbst 2002 neue Maxima für den Monat Jänner gemessen, mancherorts auch noch für die Monate Februar und März. Andererseits wurden aber auch neue Monatsminima oder Werte im Bereich der bisher gemessenen Monatsminima registriert, und zwar in ganz Österreich, je nach Gebiet unterschiedlich zwischen April und Dezember. Die Ganglinie nahm oft nicht den üblichen jahreszeitlichen Verlauf, sondern zeigte zwischen den beiden Extremen ein kontinuierliches Absinken. Im Burgenland und in der Steiermark lagen die Grundwasserstände infolge der seit 2001 anhaltenden trockenen Witterung schon zu Beginn des Jahres meist unter dem langjährigen Mittelwert.

Lokal starke Niederschläge im Herbst führten in Tirol, Kärnten, der Steiermark und dem Burgenland zu zwar in Einzelfällen extremen, aber immer nur kurzfristigen Anstiegen, und so waren die Grundwasserstände am Ende des Jahres nahezu flächendeckend wieder unterdurchschnittlich oder im Bereich des Minimums.

4.1 Der Westen Österreichs

Vorarlberg

Im westlichsten Bundesland Österreichs waren zu Beginn des Jahres 2003 die Grundwasserstände überdurchschnittlich hoch und teilweise wurden die bisher höchsten Werte für Jänner gemessen. Mitte Jänner begannen jedoch die Grundwasserstände zu sinken und Anfang Juni lagen sie etwa im Bereich des langjährigen Mittelwertes. Der Abwärtstrend setzte sich kontinuierlich fort und Anfang Oktober wurde verbreitet das Jahresminimum erreicht. Im Klostertal wurden sogar Werte registriert, die bis zu 5 m unter dem bisherigen Minimum für Oktober lagen. An einigen Messstellen bedeutet dies den absoluten Minimalwert seit dem Messbeginn 1987 (siehe Abbildung 25). Danach begannen die Grundwasserstände wieder zu steigen und zu Jahresende lagen sie zwischen dem Mittelwert und dem bisher bekannten Minimum für Dezember.



Abbildung 25: Messstelle 332015 Lorüns-Stallehr, BI 60.1.01 im Klostertal, Mittelwerte und Extrema des Grundwasserstands von 1987 bis 2002, Ganglinie 2003

Nordtirol

Im Ober- und Unterinntal, beide werden seit Anfang der achtziger Jahre beobachtet, schwankten die Grundwasserstände bis Mitte Juni um den langjährigen Mittelwert. Zu diesem Zeitpunkt erreichte das Grundwasser seinen Jahreshöchststand in diesen Gebieten. Im Anschluss begannen die Grundwasserstände zu sinken und lagen Anfang Oktober im Bereich des bisherigen Minimums für Oktober oder etwas darunter. Danach kam es zu einem leichten Anstieg des Grundwasserspiegels, gefolgt von dem der Jahreszeit entsprechenden Rückgang. Ende Dezember wurde verbreitet der Tiefststand für 2003 gemessen. In der Regel lag er zwischen dem Mittelwert und dem bisher bekannten Minimum für Dezember.

Lagen im Unteren Lechtal zu Beginn des Jahres die Messwerte noch im Bereich des langjährigen Mittelwertes, so wurden Mitte März 2003 bereits zum ersten Mal Werte unter dem bisherigen Minimum für diese Jahreszeit gemessen, dann wieder Mitte April und Mitte Mai. Von Mitte Juni bis Anfang Oktober schließlich lagen die Grundwasserstände fast durchwegs unter den bisher bekannten Minimalwerten. Der folgende Grundwasseranstieg fiel im Lechtal so extrem aus, dass ein neues Maximum für Oktober und der Höchststand 2003 erreicht wurden. Fast ebenso schnell wie der Anstieg erfolgte aber auch der neuerliche Rückgang und Ende des Jahres waren die Werte wieder unterdurchschnittlich.

Im Großachengebiet waren die Grundwasserverhältnisse im Jänner noch überdurchschnittlich, ab Juni jedoch lagen die Werte bei ständig sinkender Tendenz unter den bisher bekannten Minimalwerten und erreichten Ende August den Jahrestiefststand, der an manchen Messstellen das absolute Minimum seit Messbeginn bedeutet. Mitte September und Oktober kam es jeweils zu einem starken Anstieg des Grundwasserspiegels, aber Ende des Jahres lagen die Messwerte wieder im Bereich des Minimums für Dezember.

Salzburg

Im unteren Salzachtal, das seit 1976 beobachtet wird, waren bis Anfang März 2003 überall überdurchschnittliche Grundwasserverhältnisse zu verzeichnen. Südlich der Stadt Salzburg bewegte sich der Grundwasserstand noch bis Anfang Juli um den Mittelwert. In der folgenden Absinkphase wurden im August vereinzelt Werte unter dem bisher bekannten Monatsminimum gemessen. Ein starker Grundwasseranstieg jeweils in der Mitte der Monate September und Oktober sorgte dafür, dass zu Jahresende wieder mittlere oder etwas unterdurchschnittliche Verhältnisse vorlagen.

Im Bereich von Salzburg und nördlich davon sanken die Grundwasserstände bereits ab Anfang Februar kontinuierlich, bereits Anfang Mai wurden Werte unter dem bisherigen Minimum zu dieser Jahreszeit gemessen. Im September wurde dann das Jahresminimum erreicht, das an einigen Messstellen auch das absolute Minimum darstellt. Ein geringer Grundwasseranstieg im Oktober sorgte nur kurzfristig für eine Verbesserung der Situation, bereits Mitte November wurden die bisher gemessenen Minima wieder unterschritten.

4.2 Der Norden Österreichs

Oberösterreich

Die von der Donau beeinflussten und schon seit 1966 beobachteten Grundwassergebiete (Nördliches und Südliches Eferdinger Becken, Nördliches und Südliches Linzer Feld, Nördliches Machland) und die Welser Heide wiesen nach den Hochwasserereignissen im August 2002 auch im Jänner 2003 noch immer extrem hohe Grundwasserstände auf. Zum Teil wurden neue Maxima für Jänner festgestellt. Dann begann der Grundwasserstand aber kontinuierlich zu sinken. Im Dezember lagen die Grundwasserstände zwischen dem langjährigen Mittelwert und dem bisherigen Minimum für Dezember (siehe Abbildung 26).

Auch in anderen Grundwassergebieten, die noch nicht so lange unter Beobachtung stehen, zum Beispiel im Mattigtal (ab 1986) und im Vöckla-Agergebiet (ab 1993) im Westen und im Freistädter Becken (ab 1993) im Norden Oberösterreichs, wurden im Jänner 2003 neue Monatsmaxima registriert. Im Freistädter Becken wurde erst im März der Jahreshöchststand und damit ein neues absolutes Maximum erreicht. Aber ab Mitte Juni wurden bis zum

Jahresende bei fast ständig fallender Tendenz in allen Gebieten Werte unter den bisher gemessenen Monatsminima verzeichnet und somit neue saisonale Minima erreicht.

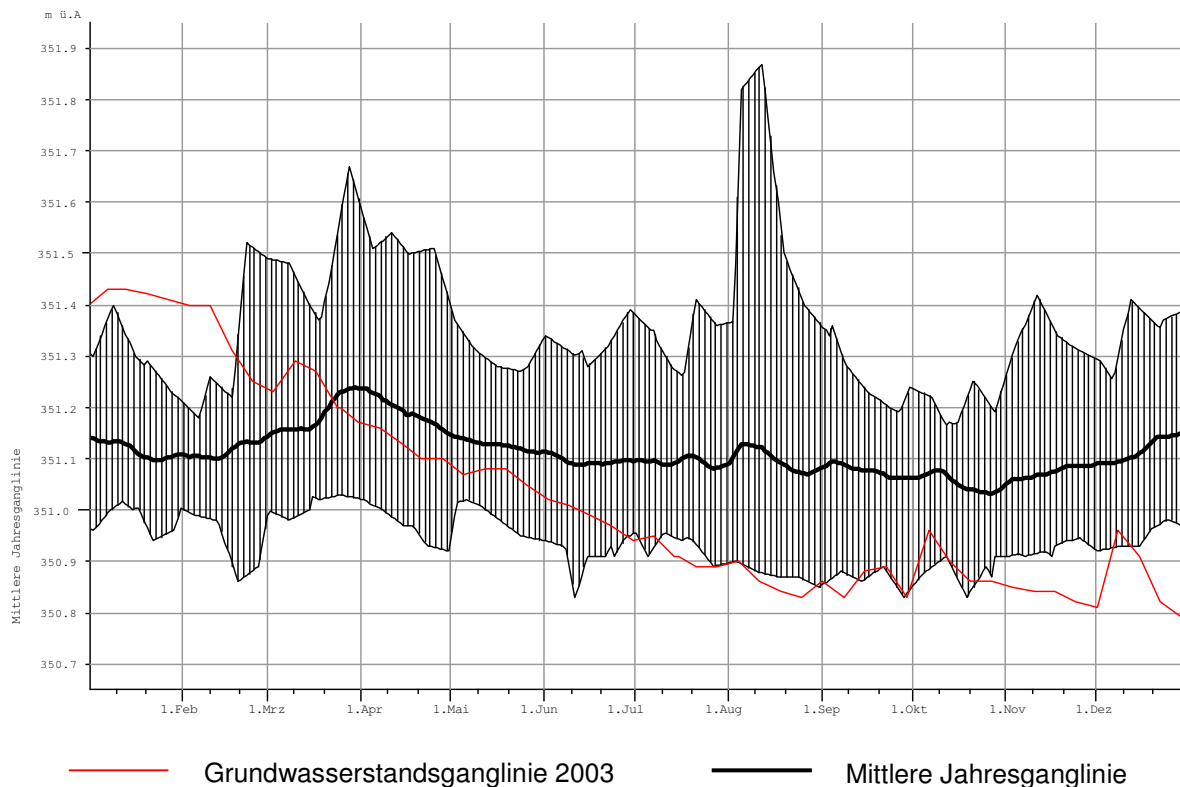


Abbildung 26: Messstelle 324491 St. Peter, Br 2.2 im Mattigtal, Mittelwerte und Extrema des Grundwasserstands von 1986 bis 2002, Ganglinie 2003

Niederösterreich (einschließlich Wien)

In den durch die Donau beeinflussten, lange beobachteten Grundwassergebieten vor Wien (Südliches Machland, Pöchlerner Feld, Nördliches und Südliches Tullnerfeld) begann das Jahr 2003 in Folge der Hochwasserereignisse im August 2002 und der hohen Niederschlagsmengen im Herbst 2002 mit überdurchschnittlichen Grundwasserständen und teilweise neuen Maximalwerten für Jänner und Februar. Anfang Februar begannen die Grundwasserstände langsam zu fallen und lagen Ende des Jahres etwas unter dem langjährigen Mittelwert.

Auch die von südlichen Donauzubringern beeinflussten Gebiete (alle seit den frühen achtziger Jahren beobachtet) wiesen seit dem Hochwasserereignis im August bis in den Februar 2003, teilweise auch bis in den März, ein sehr hohes Grundwasserniveau auf. Dabei wurden immer wieder neue Monatsmaxima gemessen. Besonders im Ennstal lagen von Mitte August 2002 bis Anfang März 2003 die Grundwasserstände zwischen 1,5 und 2 m über dem langjährigen Mittelwert und damit ca. 1 m über den bisherigen Maximalwerten.

Durch den dann einsetzenden fallenden Trend lagen die Grundwasserstände im Enns- und im Traisental zum Ende des Jahres im Bereich des Mittelwertes. Im Erlauftal und dem Pielachtal

wurden die bisherigen Minimalwerte seit Mai unterschritten und im Dezember wurden schließlich neue absolute Minima erreicht. Im Ybbstal-Urtal lagen die Werte ab Juni im Bereich des jeweiligen Monatsminimums.

In den nördlich der Donau gelegenen Grundwassergebieten (Lainsitzgebiet, Horner Becken, Göllersbachtal, Zayatal), die seit den frühen neunziger Jahren beobachtet werden, stieg ab Mitte Oktober 2002 der Grundwasserspiegel nach dem durch das Hochwasser im August verursachten Anstieg nochmals bzw. weiter bis zu einem Höchststand Anfang Februar 2003 an. Von November 2002 bis Februar 2003 wurden durchwegs neue Monatsmaxima erreicht, im Lainsitzgebiet noch bis Juni. Hier lagen auch trotz fallender Tendenz zu Jahresende noch überdurchschnittliche Werte vor. Im Göllersbachtal hielt sich der Grundwasserstand ab Anfang März auf einem annähernd gleich bleibenden überdurchschnittlichen Niveau. In den anderen beiden Gebieten sanken die Grundwasserstände von Februar bis Anfang Juni leicht und in der Folge stark, so dass im September der Jahrestiefststand erreicht wurde, der zwischen dem langjährigen Mittelwert und dem Minimalwert für September lag. Während im Zayatal der Grundwasserstand auf diesem Niveau verharrte, stieg er im Horner Becken bis Jahresende wieder auf mittlere Verhältnisse an.

Im Marchfeld waren die Grundwasserstände 2003 durchschnittlich.

Im Marchtal und im Gebiet Hainburger Pforte stieg der Grundwasserstand seit Oktober 2002 bis in den Februar 2003 auf etwas überdurchschnittliche Werte an. Danach fiel er langsam und lag Ende des Jahres etwa in der Hälfte zwischen langjährigem Mittelwert und jahreszeitlichem Minimum.

Im Südlichen Wiener Becken im Gebiet um Wiener Neustadt stieg der Grundwasserstand seit April 2002 kontinuierlich, erreichte im November den Mittelwert und Anfang März 2003 einen Höchststand nahe dem jahreszeitlichen Maximum. Dann setzte ein ebenso kontinuierliches Absinken ein. Anfang September war wieder der Mittelwert erreicht und Ende des Jahres lag der Grundwasserstand zwischen Mittelwert und jahreszeitlichem Minimum.

Im nördlichen Bereich des Südlichen Wiener Beckens folgte auf einen starken Anstieg im August 2002 ein weiterer ab Oktober, der sich größtenteils bis Anfang Februar 2003 fortsetzte. Dabei wurden an manchen Messstellen neue Monatsmaxima für Februar erreicht. Danach kam es wie nahezu überall zu einem Absinken des Grundwasserstandes, ab April waren die Verhältnisse verbreitet unterdurchschnittlich und ab August bis zum Jahresende wurden an einigen Messstellen Werte nahe am bekannten jahreszeitlichen Minimum gemessen.

4.3 Der Osten Österreichs

Burgenland

Die Grundwassergebiete Parndorfer Platte, Seewinkel, Wulkatal und Heideboden im Nordburgenland werden seit 1966 beobachtet. In der Parndorfer Platte waren die Grundwasserverhältnisse 2003 größtenteils unterdurchschnittlich, aber nicht extrem. Im Seewinkel zeigte der Grundwasserstand 2002 zwar den üblichen Jahrgang, lag aber das ganze Jahr zwischen 0,5 und 1 m unter dem Mittelwert und unterschritt von Juni bis September 2002 die bisherigen Monatsminima. 2003 lag der Grundwasserspiegel bis Ende September etwas höher als 2002 und blieb im Anschluss aber auf niedrigem Niveau. Daher wurden im November und Dezember 2003 neue Monatsminima gemessen. Im Heideboden und im Wulkatal wurde Anfang Februar der Jahreshöchststand im Bereich des jahreszeitlichen Mittelwertes registriert. Das ständige Absinken des Grundwasserspiegels in den Folgemonaten führte dazu, dass im Heideboden ab April Werte im Bereich von 0,5 m unter dem langjährigen Mittelwert gemessen wurden. Im November und Dezember lagen die Grundwasserstände dann schon 1 m unter dem Mittelwert. Im Wulkatal befanden sich die Werte ab Juli im Bereich der bisherigen Minima und unterschritten diese ab September bis Jahresende geringfügig.

Das Rabnitztal und das Günstal im Mittelburgenland werden erst seit 1993 beobachtet. Im Rabnitztal wurden 2002 das ganze Jahr über neue Minimalwerte beobachtet, die bis zu 1,5 m unter den bisher bekannten Minima lagen. Im Jahr 2003 waren die Grundwasserstände etwas weniger extrem als im Jahr 2002, nur zu Beginn und Ende des Jahres befanden sie sich auf gleich niedrigem Niveau. Im Günstal waren die Grundwasserverhältnisse bis zum März 2003 noch durchschnittlich, ab Juni lagen die Werte jedoch im Bereich des bisherigen Minimums, das 2002 bzw. 2001 registriert wurde.

Im Südburgenland wird in den Grundwassergebieten Lafnitztal, Tauchenbachtal und Pinkatal seit 1988, im Raabtal seit 1993 gemessen. Im Lafnitz- und im Tauchenbachtal wurden im Jänner 2003 überdurchschnittliche Werte gemessen, im Pinkatal etwas unterdurchschnittliche. Die Grundwasserstände im Lafnitz- und im Tauchenbachtal sanken im Februar und März ab und bewegten sich ab April bis zum Jahresende im Bereich der bekannten Monatsminima (siehe Abbildung 27). Im Pinkatal wurden ab April die bisherigen Minima unterschritten. Der Jahrestiefststand Ende August stellt ein neues absolutes Minimum dar. Trotz eines leichten Grundwasseranstiegs im September lagen die Werte am Ende des Jahres immer noch unter dem bisherigen Minimum für Dezember. Im burgenländischen Raabtal wurden im gesamten Jahr 2002 Werte im Bereich der bisherigen Minima gemessen (anders im steirischen Teil, der schon seit 1981 beobachtet wird). 2003 lagen die Werte größtenteils noch darunter, im Oktober wurde das absolute Minimum registriert.

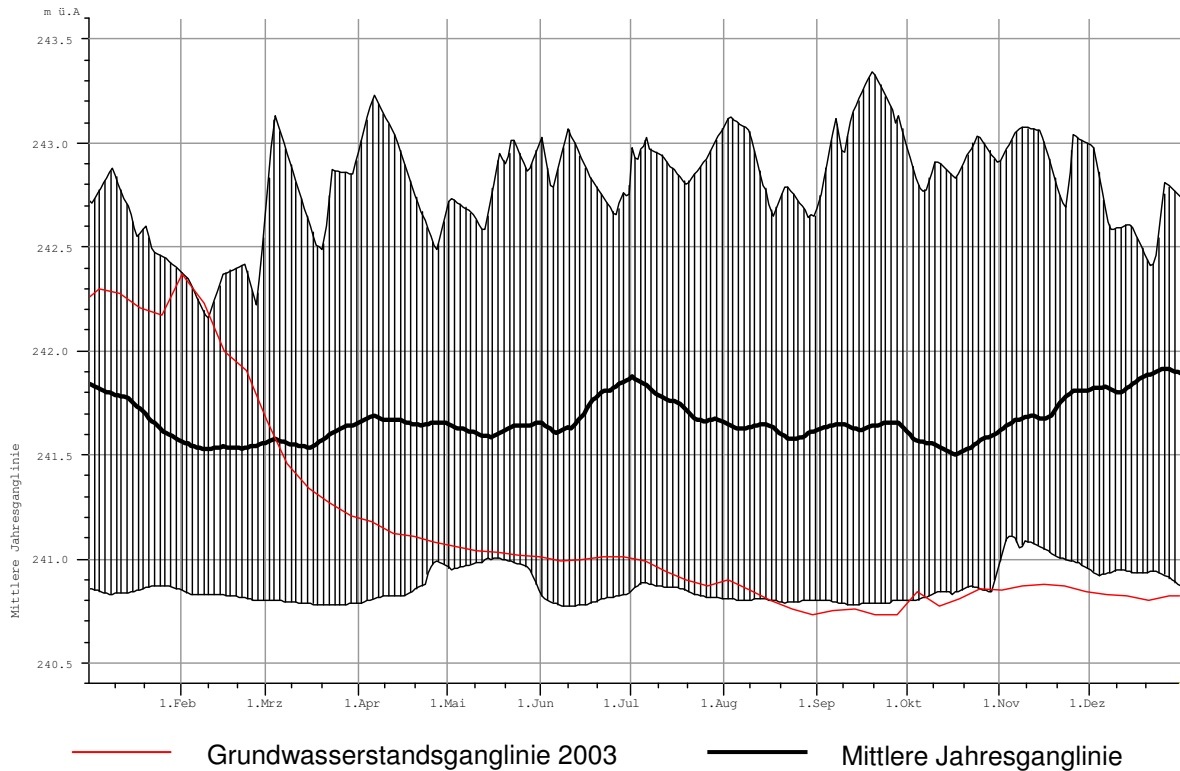


Abbildung 27: Messstelle 326322 Burg, Br 3 im Tauchenbachtal, Mittelwerte und Extrema des Grundwasserstands von 1988 bis 2002, Ganglinie 2003

4.4 Der Süden Österreichs

Steiermark

Größere Niederschlagsmengen im Dezember 2002 ließen die Grundwasserstände in der nördlichen Steiermark (Oberes Ennstal, Oberes Murtal, Mittleres Murtal, beobachtet seit Ende der achtziger Jahre, und Aichfeld-Murboden, beobachtet seit 1966) ansteigen, welche zu Jahresbeginn 2003 über dem langjährigen Mittelwert und nur im Mürztal (beobachtet seit 1977) etwas darunter lagen. Im Mürztal blieb der Grundwasserspiegel fast das ganze Jahr über auf dem Niveau, welches bereits 2001 vorherrschte und von April bis September das bisherige Minimum für diesen Zeitraum darstellte. Von September bis November gab es drei geringe kurzfristige Grundwasseranstiege, aber bereits ab Mitte November lagen die Werte wieder nahe dem bisherigen Minimum. In den anderen nördlichen Grundwassergebieten änderten sich die Wasserstände bis Mitte April nicht wesentlich und so wurden im April verbreitet neue Monatsminima gemessen. Dann stieg das Grundwasser bis Anfang Juni an, bewegte sich dabei aber auch nur im Bereich der bisher gemessenen Minima. Im Mittleren Murtal lagen in der Folge die Grundwasserstände immer 20 bis 30 cm über dem bisher bekannten Minimum, während in den anderen drei Gebieten von Juni bis September neue Monatsminima gemessen wurden. Nach einem Grundwasseranstieg im Oktober herrschten im Oberen und Mittleren Murtal wieder

mittlere Verhältnisse, im Oberen Ennstal und im Aichfeld-Murboden jedoch etwas unterdurchschnittliche.

In der südlichen Steiermark (Grazer Feld, Leibnitzer Feld und Unteres Murtal, beobachtet seit 1966) hatten starke Niederschläge den Grundwasserstand im Dezember 2002 wieder angehoben, nachdem vielerorts nahezu das ganze Jahr 2002 über neue Minima gemessen wurden. Im Leibnitzer Feld und im Unteren Murtal waren die Verhältnisse zu Beginn des Jahres 2003 durchschnittlich, im Grazer Feld noch immer stark unterdurchschnittlich. Während des ganzen Jahres 2003 sank der Grundwasserspiegel in der Südsteiermark kontinuierlich ab, so dass ab Oktober im Leibnitzer Feld und im Unteren Murtal neue saisonale Minima und an manchen Orten auch neue absolute Minima verzeichnet wurden. Im Grazer Feld lag der Grundwasserstand seit Juni ca. 50 cm unter dem bis 2001 aufgetretenen Minimum und 1 m unter dem langjährigen Mittel, allerdings über den Minimalwerten von 2002 (Abbildung 28).

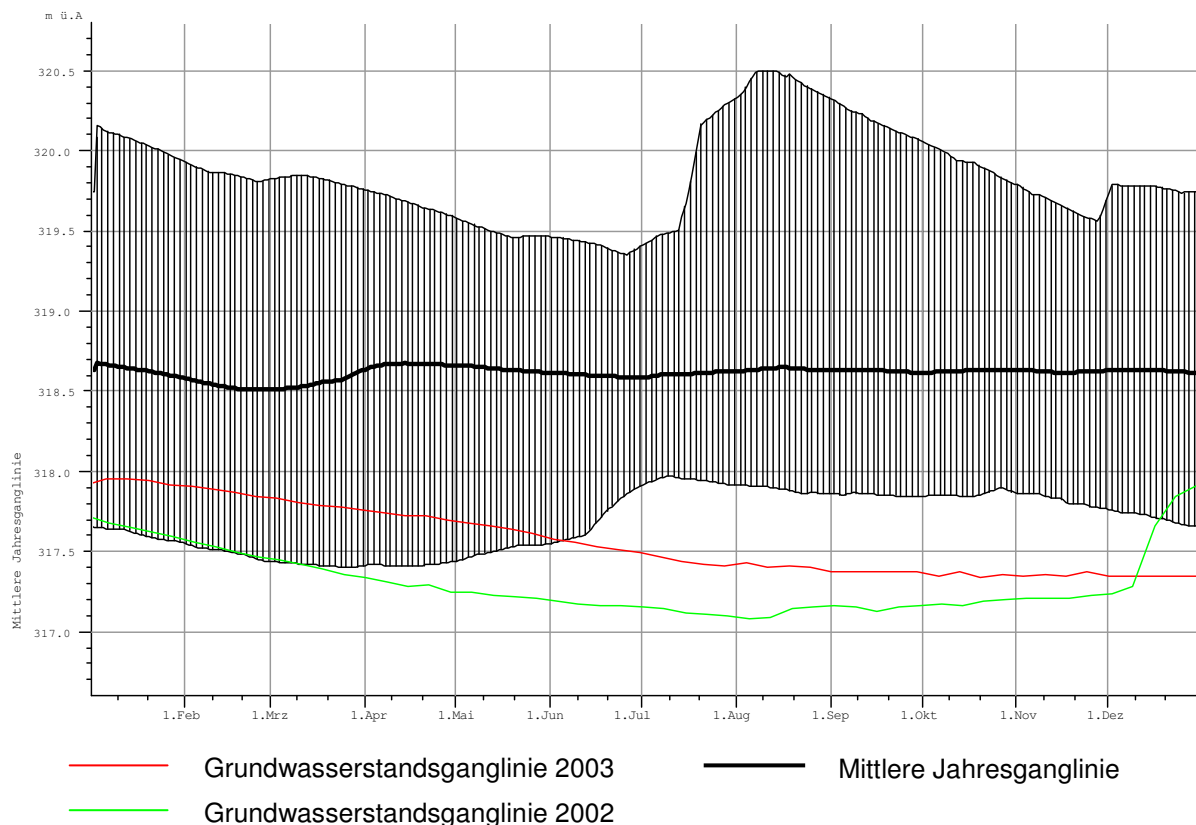


Abbildung 28: Messstelle 310821 Zettling, Br 3552 im Grazer Feld, Mittelwerte und Extrema des Grundwasserstands von 1966 bis 2000, Ganglinien 2002 und 2003

Auch in der Oststeiermark (Ilztal, Raabtal und Feistritztal, beobachtet seit Anfang der achtziger Jahre) lagen zu Jahresbeginn die Grundwasserstände im Bereich des langjährigen Mittelwerts. Während des Jahres fielen sie dann auch hier, lediglich von kurzfristigen Anstiegen z.B. Anfang März und Ende Mai unterbrochen, bis Anfang Oktober durchwegs. Spätestens ab Juli wurden überall Werte im Bereich des jahreszeitlichen Minimums registriert. Auch die Anstiege im

Oktober und November brachten nur kurzzeitig eine Verbesserung der Lage. Ab Mitte November lagen die Werte wieder im Bereich des bisherigen Minimums.

Kärnten

Ende November 2002 stiegen die Grundwasserstände in ganz Kärnten infolge intensiver Niederschläge sehr stark an, so dass überall überdurchschnittliche Verhältnisse herrschten und im Oberen Drautal neue Monatsmaxima für November und Dezember gemessen wurden. Von diesem hohen Stand im Dezember fielen, mit Ausnahme des jahreszeitüblichen Anstiegs im Oberen Drautal, die Grundwasserstände 2003 kontinuierlich bis Ende August. Die Werte lagen zu dieser Zeit verbreitet im Bereich des bisher gemessenen Minimums oder leicht darunter. Anschließend folgte ein kontinuierlicher Grundwasseranstieg und Ende des Jahres lagen weitestgehend wieder mittlere Verhältnisse vor.

Osttirol

Die 2003 zunächst überdurchschnittlich hohen Grundwasserstände im Lienzer Becken und dem Oberen Drautal (beide seit 1986 beobachtet) sanken bis April auf mittlere Werte. Nach einem Anstieg im Mai und Juni sanken die Grundwasserstände erneut und von September bis November wurden neue Minimalwerte gemessen. Im Dezember lagen die Werte etwas über dem bisherigen Minimum (siehe Abbildung 29)

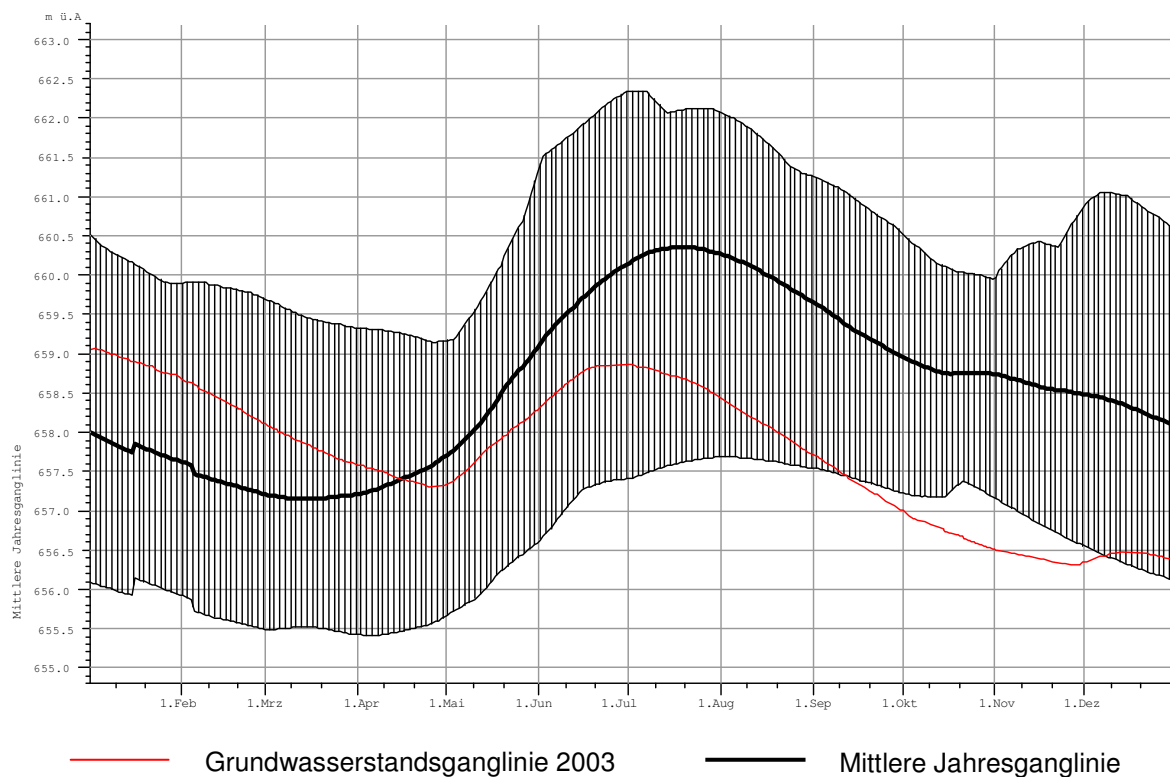


Abbildung 29: Messstelle 330670 Lienz, BI 2 im Lienzer Becken, Mittelwerte und Extrema des Grundwasserstands von 1986 bis 2002, Ganglinie 2003

5 Literatur und Quellennachweis

- Monatsberichte des Hydrographischen Dienstes für Vorarlberg (<http://www.vorarlberg.at> -> Wasser und Energie -> Wasserwirtschaft)
- Hydrologische Übersicht Jahr 2003; Hydrographischer Dienst Tirol (<http://www.tirol.gv.at/themen/umwelt/wasser/wasserkreislauf>)
- Situationsbericht über Niederschläge, Abflüsse, Grund- und Seewasserstände in Kärnten; Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 18-Wasserwirtschaft, Unterabteilung Hydrographie; 2003
- Das Niederschlags- und Abflussverhalten in der Steiermark im Jahr 2003; Amt der Steiermärkischen Landesregierung, FA19a Wasserwirtschaftliche Planung und Hydrographie; 2004 (<http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at>)
- Die Grundwasserverhältnisse in der Steiermark im Jahr 2003; Amt der Steiermärkischen Landesregierung, FA19a Wasserwirtschaftliche Planung und Hydrographie; 2004 (<http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at>)
- Interne Meldungen und Daten der Hydrographischen Dienste Oberösterreich, Niederösterreich, Wien und Burgenland.

Anschrift der Verfasser:

Jutta Eybl, Gabriele Fuchs, Reinhold Godina, Petra Lalk, Peter Lorenz, Gabriele Müller, Viktor Weilguni

Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft,

Umwelt und Wasserwirtschaft

Abteilung VII/3 (Wasserhaushalt – HZB)

Marxergasse 2

1030 Wien

E-Mail: wasserhaushalt@bmlfuw.gv.at

Internet: www.lebensministerium.at

Ergebnisse langjähriger Gletschermessungen in Österreich

Wolfgang Gattermayr und Bernhard Thurner

1 Stand der Gletscherforschung in Österreich

1.1 Gesetzliche Grundlage

Die Erhebung des Wasserkreislaufes hat sich laut Hydrographiegesetz, § 1, unter anderem auch auf die Eisbildung in den Gewässern und im Hochgebirge zu beziehen.

In § 4, Abs. 2 sieht das Hydrographiegesetz vor, dass die vom Landeshauptmann beobachteten und gemessenen und die ihm gemäß § 5 bekannt gegebenen Daten unter Bedachtnahme auf ihren Zusammenhang so zu verarbeiten sind, dass sie als Grundlagen für wasserwirtschaftliche Planungen und wasserrechtliche Entscheidungen herangezogen werden können und ...

Bei diesen Daten handelt es sich nach § 4 (4) Hydrographiegesetz um Umweltdaten im Sinn des Umweltinformationsgesetzes, BGBl. Nr. 495/1993.

Gemäß § 8 (1), Hydrographiegesetz, sind diese Daten vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft zusammenfassend zu bearbeiten.

1.2 Erster Bildflug über sämtliche Gletscher

Im Rahmen der Internationalen Hydrologischen Dekade hat sich im Jahre 1965 der damalige Leiter des Hydrographischen Zentralbüros im BMLF, MR. Dipl.-Ing. Hans SCHIMPF, als Vorsitzender des Österreichischen Nationalkomitees um die Koordinierung der Gletscherforschung in Österreich bemüht und Herrn Univ.-Prof. Dr. Herfried HOINKES, den damaligen Vorstand des Institutes für Meteorologie und Geophysik an der Universität Innsbruck, mit der detaillierten Weiterverfolgung der Koordinierung betraut.

Mit der Gesamtbefliegung der österreichischen Gletscher im Jahre 1969 durch das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen wurde der erste wesentliche Schritt für eine Bestandsaufnahme des Gletscherinventars gesetzt. Mit der anschließenden Luftbildauswertung war die Basis für den österreichischen Gletscherkataster geschaffen.

Seit dem Jahre 1981 werden im Jahrbuch des Hydrographischen Dienstes in Österreich im Abschnitt „Hydrographische Charakteristik“ in einer Übersicht die laufenden Gletschermessergebnisse (Längenänderungen und Massenhaushaltskennzahlen) zusammengestellt, wodurch man der angestrebten ganzheitlichen Erfassung des Wasserkreislaufes einen weiteren Schritt näher

gekommen ist. Im laufenden Bemühen um diese Komponente des Wasserkreislaufes werden vom Hydrographischen Dienst seit Jahren in enger Zusammenarbeit mit den Universitäten Innsbruck, Institut für Meteorologie und Geophysik, und Salzburg, Institut für Geographie, glaziologische Messungen auf Basis von Werkverträgen in Auftrag gegeben und ausgeführt.

1.3 Zweiter Bildflug über sämtliche Gletscher

Auch die 2. Befliegung aller österreichischen Gletscher (1996-1999) zur Erlangung einer weiteren Serie von Luftbildaufnahmen zur vergleichenden Betrachtung des Gletscherinventars geht auf die Initiative des Hydrographischen Dienstes in Österreich zurück.

Univ.-Prof. Dr. Michael KUHN, Vorstand des Institutes für Meteorologie und Geophysik der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, hat sich bereit erklärt, im Rahmen der Bund-Bundesländer-Kooperation als Projektwerber das Projekt „Flächen und Volumina der österreichischen Gletscher“ einzureichen und hat anschließend die Projektabwicklung begleitend betreut. Im Laufe des Jahres 2005 wird die Luftbilddauswertung abgeschlossen sein.

Es bedurfte großer Anstrengungen, diesem Projekt zum Durchbruch zu verhelfen. Maßgeblich beteiligt waren dabei die Herren Univ.-Prof. MR. Dr. Franz NOBILIS vom Hydrographischen Zentralbüro im BMLFUW und MR. Dr. Wolfgang REITER vom Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr. An der Aufbringung der erforderlichen Mittel beteiligten sich das Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr, das Hydrographische Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie die Bundesländer Tirol, Salzburg und Kärnten.

Als weitere Kooperationspartner fungierten (Reihung alphabetisch):

- Amt der Tiroler Landesregierung
- Bayerische Akademie der Wissenschaften und TU-München
- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
- GLOWA-Projekt des deutschen BMWT
- Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck
- Nationalparkverwaltung Hohe Tauern
- OMEGA-Projekt EVK2
- Österreichische Akademie der Wissenschaften
- Österreichischer Alpenverein
- Österreichisches Bundesheer
- Technische Universität Wien

1.4 Sammlung der Daten beim Hydrographischen Dienst Tirol

Im Sommer 2002 wurde beim Hydrographischen Dienst Tirol begonnen, die Ergebnisse der Gletschermessungen, die von verschiedenen Institutionen und wissenschaftlichen Instituten betrieben wurden und werden, zusammenzutragen und verfügbar zu machen.

Damit verbunden war unsere Kontaktnahme mit allen maßgeblichen Damen und Herren, die Unterlagen und Messergebnisse zur Verfügung stellen konnten und Kommentare und Mitteilungen für dieses Vorhaben beisteuerten.

Die hohe Kooperationsbereitschaft all dieser Personen war unverzichtbar für das gedeihliche Wachsen dieser Datensammlung, weswegen wir unseren besonderen Dank aussprechen wollen an (Reihung alphabetisch):

- Dr. Reinhard Böhm/Dr. Wolfgang Schöner, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien
- Dr. Ludwig Braun/Dr. Heidi Escher-Vetter, Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
- Mag. Günther Groß/Österreichischer Alpenverein
- Dr. Paul Kirchlechner/ Austrian Hydro Power (AHP), Kaprun
- Univ.-Prof. Dr. Michael Kuhn, Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck
- Univ.-Prof. Dr. Gernot Patzelt, Institut für Hochgebirgsforschung der Universität Innsbruck
- Univ.-Prof. Dr. Heinz Slupetzky, Institut für Geographie der Universität Salzburg
- Dipl. Ing. Hans Wiesenegger/Hydrographischer Dienst Salzburg

Dass nun diese Datensammlung beim Hydrographischen Dienst Tirol erfolgt, stützt sich auf zwei Umstände: Einerseits ergab sich für den Hydrographischen Dienst Tirol durch Herrn Mag. Bernhard Thurner als Praktikanten und freien Dienstvertragnehmer beim Amt der Tiroler Landesregierung die Möglichkeit, einen Absolventen des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck einzusetzen, der ein Kenner der Materie ist. Er kann nicht nur einschlägige Vorkenntnisse auf dem Gebiet der Glaziologie nachweisen, sondern verfügt auch über sehr gute Kenntnisse der Örtlichkeiten der Gletscher. Dies erleichtert ihm auf jeden Fall die Arbeit, die ihm außerdem persönlich Freude bereitet. Andererseits liegen rund zwei Drittel der 925 österreichischen Gletscher (Stand 1969) in Tirol. Diese geographische Nähe und auch die Verbundenheit der Verfasser mit dem Institut für Meteorologie und Geophysik der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck waren am Entstehen der Datensammlung gerade beim Hydrographischen Dienst Tirol ausschlaggebend.

2 Der Beginn der Gletschermessungen

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts setzte an der Wende vom damals herrschenden Höchststand zum einsetzenden allgemeinen Rückgang der Gletscher ein breiteres und allmählich organisiertes Befassen mit den Verhältnissen und Veränderungen an den Gletscherzungen ein. Waren es davor nur einzelne Personen und Unternehmungen, z.B. F. Simony in der Dachsteingruppe, so entwickelte sich jetzt – durch den Alpenverein initiiert und gefördert – ein wachsender Personenkreis, der regelmäßig Nachmessungen an neu angelegten Gletschermarken ausführte und photographische Aufnahmen von genau festgelegten Standpunkten aus machte.

Hintergrund der auflebenden Beobachtungstätigkeit war unter anderem die latente Gefahr durch Ausbrüche von Gletscherseen. Die damals noch bis in höhere Tallagen vorgedrungenen Gletscherzungen haben vereinzelt den Gebirgsbächen zeitweilig den Weg ins Tal versperrt und hinter ihren Eisbarrieren beträchtliche Wassermengen aufgestaut, die seenähnliche Ausmaße angenommen hatten. Meist sind diese Seen schwallartig ausgebrochen und haben mit ihren verheerenden Flutwellen tiefere Teile der Talschaften verwüstet, mit Auswirkungen auf das Hochwassergeschehen weit flussabwärts. Solche Ausbrüche sind zum Beispiel im inneren Ötztal in der Zeit von 1600 bis 1868 am Rofener- und Gurgler Eisseer erfolgt, die jeweils noch in Innsbruck am Pegelstand des Inns erkennbar waren. Aber auch die allgemeine Meinung, dass die seit etwa 1850 frei gewordenen Gletschervorfelder möglichst rasch kartographisch aufgenommen werden sollten, bevor ein – damals befürchtetes – erneutes Vorstoßen der Zungen dies wieder für längere Zeit unmöglich machen könnte, veranlasste die Gletscherforscher zu einem sehr sorgfältigen und regelmäßigen Nachmessen einer recht großen Anzahl von Gletschern gegen Ende des 19. Jahrhunderts. Tatsächlich sind bereits um 1890 wieder zahlreiche vorstoßende Gletscherzungen beobachtet worden. Auch im 20. Jahrhundert gab es zum Teil bedeutende Vorstöße, bis heute wurden jedoch nie mehr die Ausmaße von 1850 erreicht.

In allen damals gerade relativ neu errichteten Schutzhütten wurde mittels eines Aushanges dazu aufgerufen, dass sich auch regelmäßig vorbeikommende Alpenwanderer, also „nicht wissenschaftlich geschulte“ Personen, an der Gletschervermessung „nach Kräften“ beteiligen sollten, um möglichst bald Informationen über eine große Anzahl von Gletschern, die noch keiner regelmäßigen Kontrolle unterlagen, zu bekommen. Von den Sektionen der alpinen Vereine wurden für die wissenschaftliche Erforschung der Gletscher besonders geeignete Personen entsandt und ihre Tätigkeiten finanziell kräftig unterstützt. Bekannte Persönlichkeiten der Gletscherforschung des Alpenvereins waren Eduard Richter, Ferdinand Seeland, Sebastian Finsterwalder und etwas später Adolf Blümcke, Hans Hess und Georg Kerschensteiner.

3 Datengrundlagen

3.1 Allgemeines

Für das Eis im Hochgebirge sind verschiedene Einflussfaktoren von Bedeutung, die miteinander in komplexer Wechselwirkung stehen. Dazu zählen u. a. das regionale Klima, die Geländeform, Geländehöhe und –neigung, aber auch die großräumige atmosphärische Zirkulation, die z.B. fallweise Saharastaub bis in unsere Breiten verfrachtet und über den Alpen zur Ablagerung bringt. Deshalb gibt eine rein zahlenmäßige Beschreibung der Längenänderung eines Gletschers oft ein eher „mageres“ Bild von den Vorgängen während eines Haushaltsjahres. Aus diesem Grund wurde bei der Zusammenstellung der Daten auch darauf geachtet, begleitende Texte über die Beobachtungen mit zu erfassen, um etwas mehr Information über das Verhalten eines Gletschers zu bekommen.

3.2 Plausibilisierung der Daten

Vorrangiges Ziel war die Sammlung aller auffindbaren Daten und Messwerte. Eine eingehende Datenprüfung schien zu diesem Zeitpunkt jedoch verfrüht. Selbstverständlich wurden aber beim Aufbereiten und Eingeben der Daten offensichtliche Fehler, z.B. Druckfehler oder vermutete Unstimmigkeiten, kritisch hinterfragt und bei Zweifelsfreiheit korrigiert bzw. mit einem Vermerk versehen.

Im Großen und Ganzen wurden die Daten aber original aus den (meist veröffentlichten) Quellen übernommen, was besonders bei den sehr alten oder nur mit Lücken vorhandenen Daten praktiziert wurde.

3.3 Längenmessungen

Die meistverbreitete Methode der Gletschervermessung stellt die Längenmessung dar. Dabei wird nicht etwa die Gesamtlänge eines Gletschers vermessen, sondern es wird – im besten Fall an mehreren Stellen des Zungenendes – deren Längenänderung innerhalb eines angegebenen Zeitraumes (meist ein Jahr) ermittelt. Vom Österreichischen und Deutschen Alpenverein initiiert und auch finanziert, wurden diese Messungen schon von Eduard Richter um 1878 begonnen. Bis in die Gegenwart herauf werden seither jährlich rund einhundert österreichische Gletscher aus verschiedenen Gebirgsgruppen hinsichtlich der Längenänderung der Zunge nachgemessen.

Quellen hierfür sind die Zeitschriften für Gletscherkunde und Glazialgeologie sowie die Mitteilungen des Alpenvereins, in denen die jährlichen Messungen veröffentlicht werden. Auf nicht veröffentlichte Messergebnisse z.B. einzelner Beobachter konnte im Allgemeinen nicht eingegangen werden; in Einzelfällen war dies aber möglich. Es besteht außerdem die Absicht, nachträgliche

Korrekturen von bereits veröffentlichten Messwerten (die nicht mehr veröffentlicht wurden) noch zu erfassen und in die Datenbank einzubauen, sofern auf diese zurückgegriffen werden kann.

3.4 Massenbilanzbestimmungen

Die Anzahl der Gletscher in Österreich, an denen Massenhaushalterhebungen stattfinden oder -fanden, ist kaum zweistellig. Dabei werden die gesamten Einnahmen eines Gletschers (Massengewinn durch Niederschlag bzw. Schneedrift und Lawineneintrag) und die Ausgaben (Wasserverlust durch Abschmelzen von Eis und Verdunstung) während eines Haushaltsjahres bestimmt und in Bilanzform gegenüber gestellt. Es gibt drei verschiedene Methoden der Massenbilanzbestimmung:

- hydrologische Methode
- geodätische Methode
- direkte glaziologische Methode

Die genauesten Ergebnisse werden mit der direkten glaziologischen Methode erzielt; diese erfordert jedoch den weitaus größten Aufwand vor Ort, d.h. auf dem Gletscher selbst.

Bei der Darstellung der Ergebnisse der Massenhaushaltsbestimmung kam die „Innsbrucker Schule“ zur Anwendung, d.h. es wurden etwaige andere Formen der Ergebnispräsentation auf diese umgelegt. Dabei stehen für die Massenbilanz eines Gletschers in erster Linie die absoluten Volumina der Akkumulation bzw. der Ablation im Vordergrund. Aus diesen wird dann in weiterer Folge die spezifische Massenbilanz „b“ berechnet. Im Fall von nichtberechenbaren Bilanzen „b“ wurde in der Datenbank die Möglichkeit einer separaten Eingabe anderer Kenngrößen wie abgeschätzte Bilanz „b“, Sommerbilanz „bSo“ oder Winterbilanz: „bWi“ geschaffen.

Quellen sind:

- Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck, an dem die meisten jährlichen Haushaltsbestimmungen durchgeführt werden oder wurden (Öztaler Alpen, Silvretta und Lechtaler Alpen)
- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien, die für Gletscher in der Goldberggruppe Massenbilanzen bestimmt
- Institut für Geographie der Universität Salzburg (für den Raum Stubachtal)
- Tauernkraft AG (Austrian Hydro Power), für einige Gletscher in den Hohen Tauern
- Bayerische Akademie der Wissenschaften - Kommission für Glaziologie (speziell für den Vernagtferner)

3.5 Volumsbestimmungen

Zur Bestimmung des Eisvolumens eines Gletschers ist es notwendig, dessen Eisdicke und die Form des Untergrundes zu kennen.

Für die Messung der Eisdicke werden zwei Methoden angewendet. Die ältere Methode ist die Sprengseismik, bei der die Laufzeit der am Untergrund reflektierten seismischen Wellen – ausgehend von einer Sprengung an der Gletscheroberfläche – gemessen wird. Daraus können Rückschlüsse auf die Eismächtigkeit gezogen werden.

Als neuere Entwicklung hat sich der Einsatz eines Radioecholots bewährt, bei dem mittels der Ausbreitung und Reflexion von Radarwellen die Eisdicke eines Gletschers bestimmt wird.

3.6 Geschwindigkeitsmessungen

Auf wenigen Gletschern (Pasterze, Hintereis-, Kesselwand- und Vernagtferner) bestehen Messpunkte, deren Positionen jährlich geodätisch oder mittels GPS eingemessen werden, woraus sich die mittlere Fließgeschwindigkeit der Gletscheroberfläche ergibt. Eisgeschwindigkeiten können auch aus der Verschiebung von Steinen auf der Gletscheroberfläche aus zwei aufeinander folgenden Luftbildern ermittelt werden.

4 Von der Datensammlung zur Datenbank

Der Hauptzweck der neu erstellten Datenbank besteht darin, schnell und übersichtlich charakteristische Daten für bestimmte Gletscher aus einer oder mehreren Gebirgsgruppen verfügbar zu machen und auszugeben. Dabei können alle zur Verfügung stehenden Daten oder auch nur bestimmte Zeiträume gewählt werden. Wahlweise besteht die Möglichkeit, die gesamten vorhandenen Daten abzurufen oder eine reduzierte, auf die wesentlichsten Parameter beschränkte Ausgabeform (zwecks der Übersichtlichkeit) zu wählen.

Weiters sind die Möglichkeiten zur Erstellung einfacher kumulativer Berechnungen, Statistiken oder Diagramme vorhanden, sie stehen aber nicht im Vordergrund. Die kumulativen Berechnungen ermöglichen einem Anwender die rasche Ausgabe von aufsummierten Längenänderungen oder Massenbilanzwerten über einen frei wählbaren Zeitraum. Die Diagramme ermöglichen eine visuell erfassbare Ausgabe der Daten über alle Haushaltsjahre.

Beispiele für mögliche Datenausgaben:

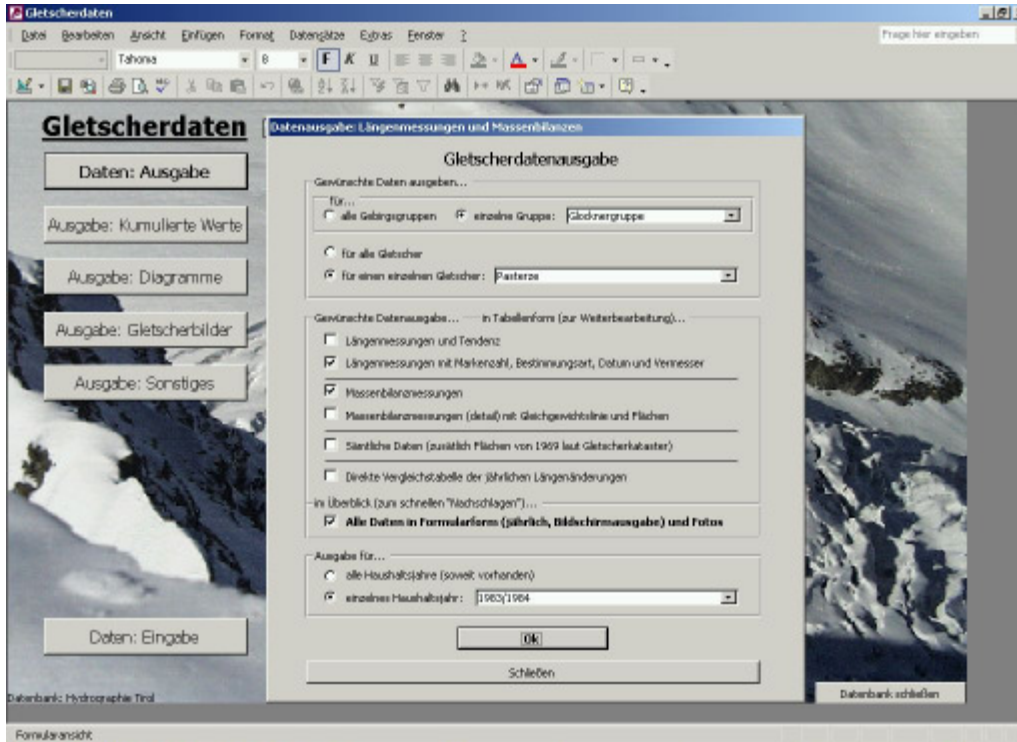


Abbildung 1: Die Datenbankoberfläche und die Optionen zur direkten Ausgabe von Gletscherdaten.

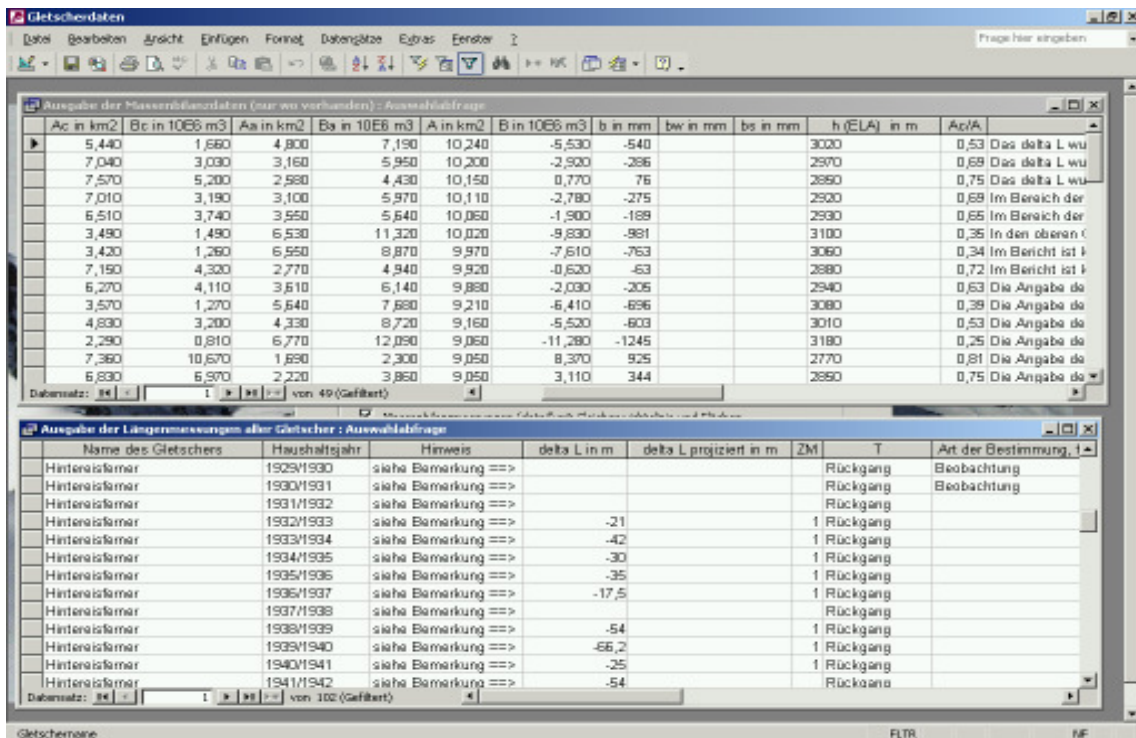


Abbildung 2: Zwei Beispiele für Tabellen als Ausgabe von Gletscherdaten zur weiteren, PC-unterstützten Verwendung.

Legende zu den ausgegebenen Daten:

Name des Gletschers	Gebräuchlicher Gletschernamen (auch mehrere Namen möglich)
Haushaltsjahr	1.10. bis 30.9.; eindeutige Zeitzuordnung für alle weiteren Angaben
Hinweis	Längerer, beschreibender Text für das Haushaltsjahr vorhanden
Ac in km ²	Akkumulationsfläche in Quadratkilometer
Bc in 10E6 m ³	Akkumulationsvolumen in Millionen Kubikmeter Wasser
Aa in km ²	Ablationsfläche in Quadratkilometer
Ba in 10E6 m ³	Ablationsvolumen in Millionen Kubikmeter Wasser
A in km ²	Gesamtfläche des Gletschers
B in 10E6 m ³	gesamtes Bilanzvolumen in Millionen Kubikmeter Wasser
b in mm	spezifische Massenbilanz in Millimeter Wasserwert
bw in mm	spezifische Winterbilanz in Millimeter Wasserwert
bs in mm	spezifische Sommerbilanz in Millimeter Wasserwert
h (ELA) in m	Seehöhe der Gleichgewichtslinie in Meter (Elevation Level)
Ac/A	Verhältnis Akkumulationsfläche zur Gesamtfläche
delta L in m	mittlere Längenänderung der Zunge seit der letzten Messung (ΔL)
delta L projiziert in m	mittlere projizierte Längenänderung der Zunge (ΔL projiziert)
ZM	Messmarkenanzahl für die Bestimmung der mittleren Längenänderung
T	Bewegungstendenz der Gletscherzunge
Art der Bestimmung, falls ohne Marken oder Ähnliches	Methode zur Ermittlung von T, wenn keine direkte Messung vorhanden
Datum (bei Längenmessung)	Messdatum
Vorname	Vorname des Berichterstatters
Nachname	Nachname des Berichterstatters
Bemerkungen zum Datensatz	Textbemerkungen zum beobachteten Haushaltsjahr und Messprobleme
Bemerkungen zum Gletscher	Textbemerkungen zum beobachteten Gletscher

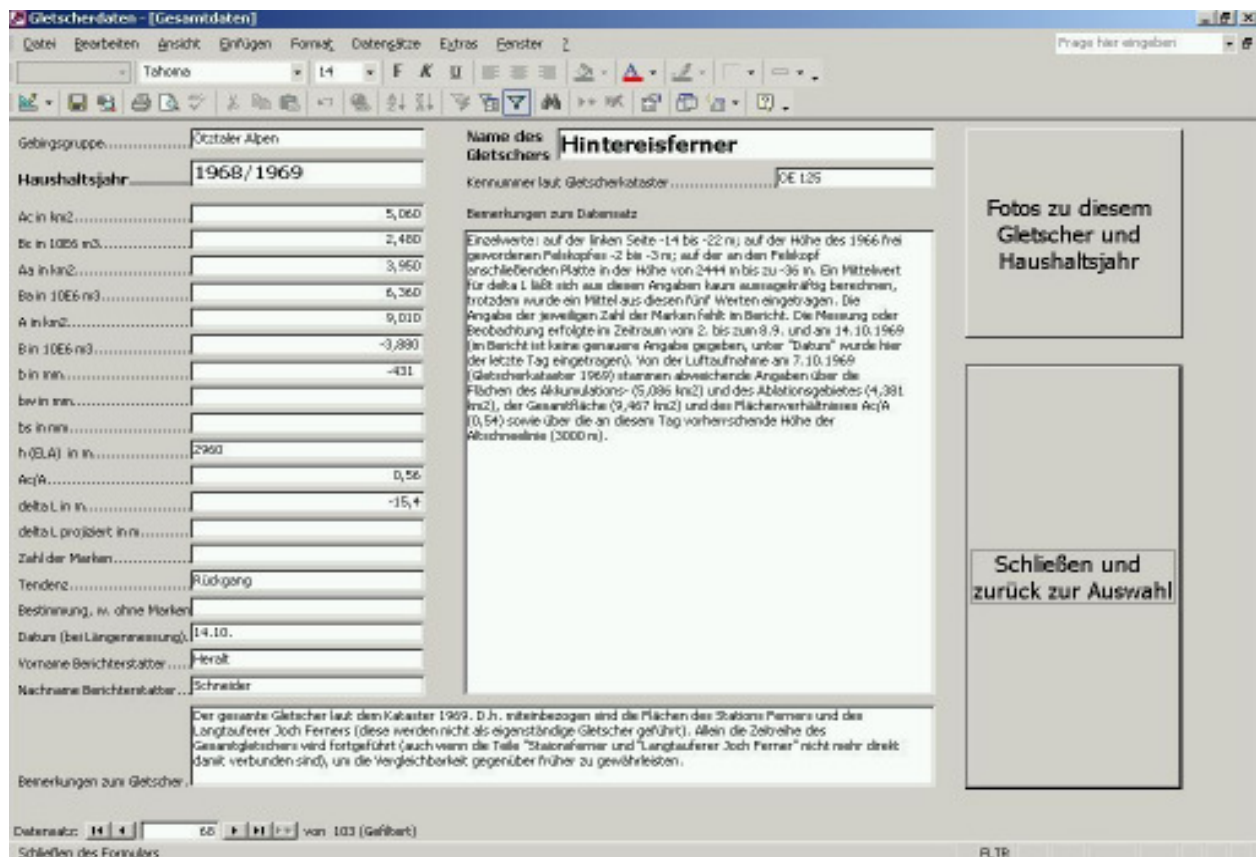


Abbildung 3: Ausgabe von Gletscherdaten als Formular zur raschen Information am Bildschirm bzw. zum Ausdrucken.

Kreuztabelle der jährlichen Längenänderungen : Kreuztabelleabfrage

Haushaltsjahr	Goldbergkees	Kleines Fleißkees	Kleines Sonnblickkees	Krummkees	Neunerees	Östliches Wüten-Schreckkees	Schlappereben
1973/1974	0,7	-1,8					-15
1974/1975	3,3	2,8					-16
1975/1976	-3,3	-6,8					-960
1976/1977							-6
1977/1978	5,1	11,5					-25
1978/1979	-1,7	5,8	-2,6				-8
1979/1980	4	-7,3					-3
1980/1981	-7,5	-14,8					-19
1981/1982	-6,3	-14,9					-28,5
1982/1983	-3,3	-10					-10,3
1983/1984	-4,1	-5,8					-3,3
1984/1985	0	-5,5					-4,7
1985/1986	-1	-11,6		-1,8			-8,6
1986/1987	-3,4	-8,7		-1,1			-12,3
1987/1988	-7,5	-11,2					-8,9
1988/1989	-1,9	-3,3			-23,2		-0,6
1989/1990	-5,2	-11,7			-3,8		-9,3
1990/1991	-2,5	-2,6			-1,5		-10,3
1991/1992	-12,1	-20,8			-7		-12,5
1992/1993	-5,5	-13			-6,5		-5,5
1993/1994	-15	-10,8					-14,8
1994/1995	-4,2	-2,2					-2,6
1995/1996	-9,6	-13,3					-13,4
1996/1997	-2,8	-4,3					0
1997/1998	-9,1	-15,1					-13
1998/1999	-9,1	-24,2					-5,2
1999/2000	-28,2	-12,5					-7,4
2000/2001	-3,7	-14,5					-10
2001/2002	-8,5						-15,1
2002/2003	-10,3	-160,5					-22,4

Datensatz: 154 von 154

Abbildung 4: Ausgabe von Längenmessungen zum direkten Vergleich der einzelnen Gletscher.

Gletscherdaten Welche Gletscher sind in der Datenbank enthalten? --> zur Schnellansicht

Daten: Ausgabe
 Ausgabe: Kumulierte Werte
 Ausgabe: Diagramme
 Ausgabe: Gletscherbilder
 Ausgabe: Sonstiges

Daten: Eingabe

Datenbank: Hydrographie Tirol

Datenausgabe: Kumulierte Werte

Kumulierte Werte

Ausgabe...
 für ...
 alle Gebirgsgruppen einzelne Gruppe: Dachalpegruppen
 für alle Gletscher
 für einen einzelnen Gletscher: Halbtätter Gletscher

Gewünschte Datenausgabe...
 Jährlich kumulierte Werte
 Aktuelle (letzte) kumulierte Längenänderungen Sämtliche Daten
 Aktuelle (letzte) kumulierte Massenbilanzen
 Kumulierte Längenänderungen: von 1990/1991 bis 2003/2004

OK
 Schließen

Datenbank schließen

Abbildung 5: Die Datenbankoberfläche und die Optionen zur Berechnung von kumulierten Werten.

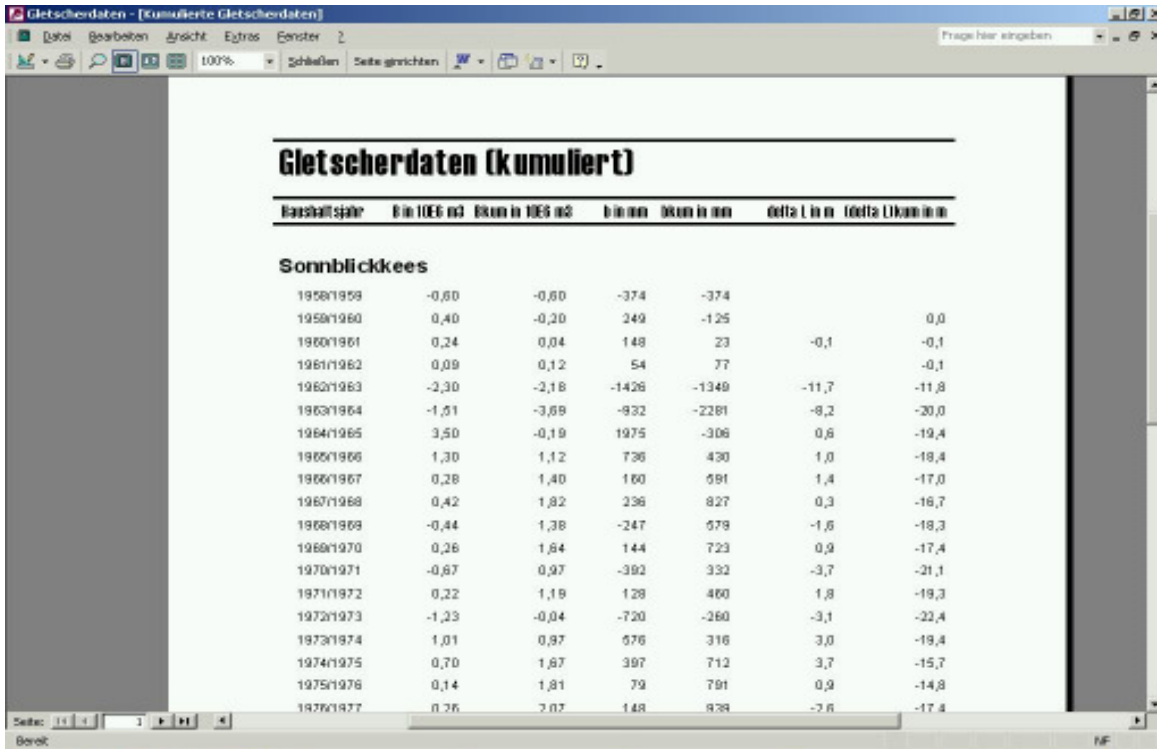


Abbildung 6: Ausgabe einer kumulierten Messreihe am Beispiel des Stubacher Sonnblückeesses (Granatspitzgruppe).

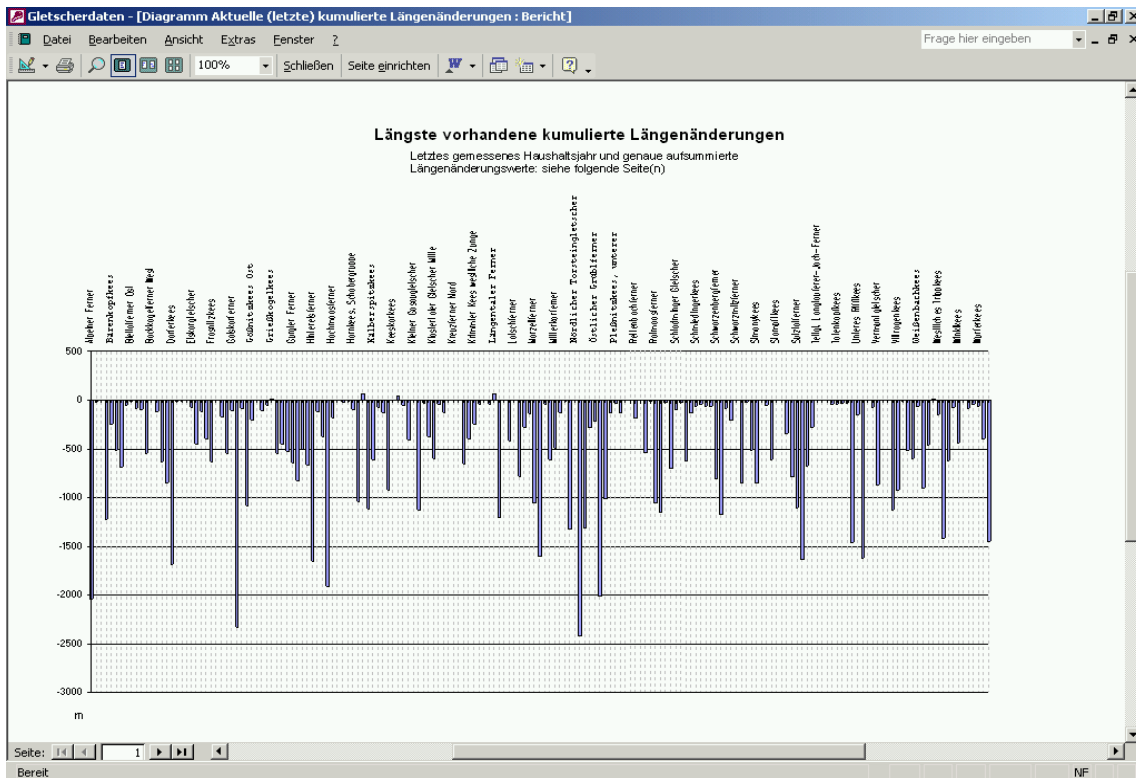


Abbildung 7: Ausgabe der einzelnen kumulierten Messreihen aller Gletscher als Diagramm.

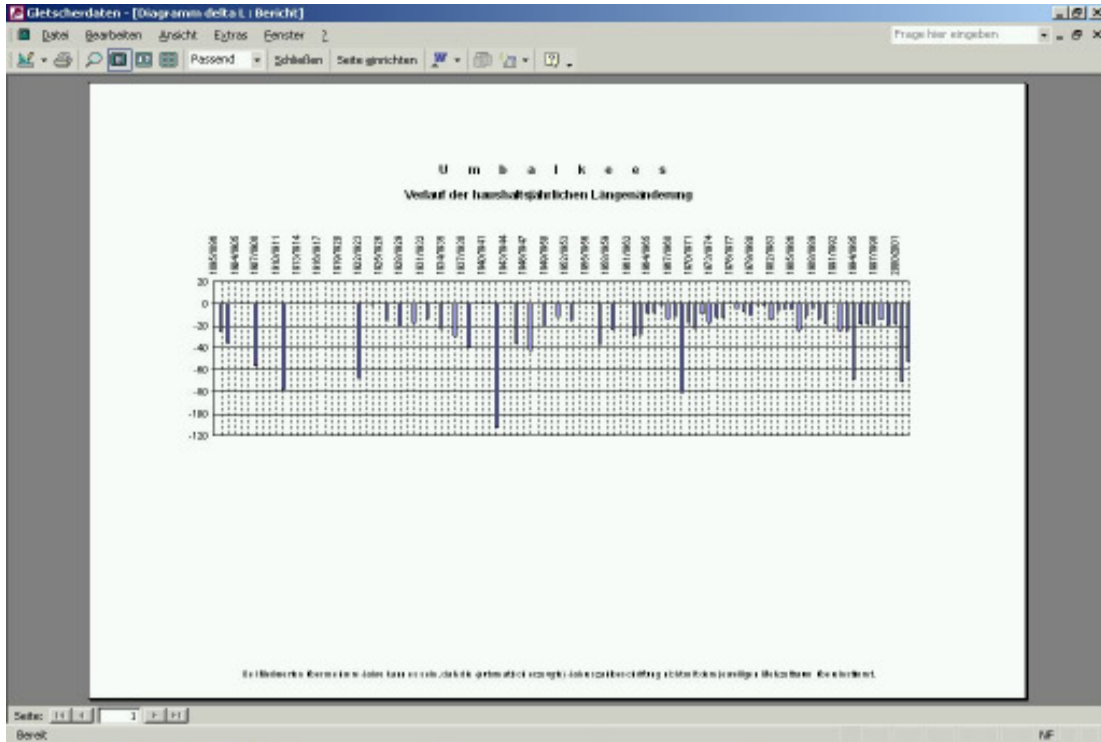


Abbildung 8: Ausgabe der jährlichen Längenänderungen am Beispiel des Umbalkeeses (Venedigergruppe) als Diagramm.

Berichtsjahr: 2001/02

Das Winterhalbjahr (19.12 bis April '02) war, wie in den Jahren davor, wieder durch einen „Jahrtausend“-Winter gekennzeichnet. Vor- und Spätsommer waren wieder zu kühl bis normaltemperat, der Hochwinter dagegen blieb relativ warm, wobei der Jänner-Temperaturerwartung die 7°C über dem Normalwert lagen. Die Niederschlagsmengen waren im Winter, besonders im Dezember/Januar, überdurchschnittlich gering, im Jänner dagegen fast im Normalbereich mit 25 Prozent der normalen Schneemengen. Der März brachte im Monatsvergleich zu stark reduzierte Schneemengen, während der Alpenregion im Vergleich weniger als 20 Prozent der normalen Schneemengen auf dem Oberrhein waren. März- und Aprilmonate waren überdurchschnittlich trocken, im April sogar unterdurchschnittlich.

Das Sommerhalbjahr begann mit einem 2°C wärmeren und sehr trockenem Mai, der die Schneeschmelze nach vorne schob. Neuschneefälle in der ersten Junihälfte, verbunden mit Windstößen und hochalpenen Neuschneefällen im Bergland im Juli 2002, führten dazu, dass die Ausdehnung der Gletscher nach zurück. Am 12.7. begann dann aber die anfangs recht langsam andauernde Schneeschmelze, die mit einer letzten Unterbrechung am 19.8. bis zum 21. August andauerte. Mit bis zu 4,5°C warmer Mitteltemperatur erreichte der August vielfach Temperaturrekorde, die im südlichen Bergland höher lagen als im Norden. Am 1. September brachte ein Kaltfronteinbruch ein ersten Neuschnee, dem bis 10. noch weitere Schneefälle folgten. Dieser Neuschnee ist in höheren Südalpenlagen in dieser Höhe ganz ungewöhnlich. In den tieferen Gletscherbereichen kam die Neuschneefall aber aufgrund der warmen zu einem geringeren Maße noch häufig zu Gange.

Die ersten Sommermonate (Mai-September) lag im Berggebiet mit 2°C über dem langjährigen Mittelwert, somit in diesem Jahr bei fast 1047 der normaltemperierten Sommer überdurchschnittlich.

Berichtsjahr: 2001/02

Das globale Winterhalbjahr (19.12 bis April '02) war gekennzeichnet durch große Trodenheit bzw. Schneemangel von Jänner bis Mitte April, von der vor allem die Mitteltemperatur südlich der Alpenregion betroffen waren. Im Juli/März Spätsommer mit einem um 3,5°C wärmeren März begann die ganz großartige Schneeschmelze auch in höheren Berglagen ohne vor Damm abzuschmelzen, und die Vegetationsperiode setzte vorwärts ein. Der Kälteeinbruch am 17. April brachte allerdings wieder ein erhebliches Maß Schnee mit Neuschnee bis in Tallagen und tieferen Gebirgsregionen.

Für die Gletscher bedeutet dies eine sehr gute, etwas zu warme Situation, die sich zwischen 5 und 9. März mit einer hochalpinen südlichen Höhenerschneung einigte und die Schneeflächen zwischen Oberrhein und Ostobergruppe an Fläche und Gefälle neu verteilte.

Das Sommerhalbjahr begann sehr trocken. Der Mai war im Mittel um 4°C wärmer und brachte gebietsweise das zweit-höchste der normalen Niederschlagsmengen, die im Bergland durchwegs als Subsee fielen. Am 1. Juni bis 10. wurde im gesamten Alpenraum die Schneefläche von 818 km² gemessen. Auf den Gletschern lag Ende Mai überdurchschnittlich viel Schnee, wegen der großen Lagen von den Bergflanken Klüften der Meldeflagen zusätzlich die Schneemengen zu. Auch der Juni war im Mittel zu kühl, brachte zu dem Mittelwert mehrheitlich Neuschneefälle im Bergland und vorwiegend den Abbau der Schneehöhe stark.

Diese gletscherartige Situation änderte sich ab Anfang Juli grundlegend. Juli, August und September waren jeweils um 4°C wärmer und von langer anhaltender Schneeschmelze gekennzeichnet. Die letztjährigen Kälteeinbrüche am 27.7. und 30.8. brachten nur geringe Neuschneemengen und unterbrehten die Abschmelzung an den Gletschern nicht merkenswert. Schon in der Julihälfte kam im Schnee der Subnormalwert, wobei wieder die Oberfläche und besonders die Schneehöhe abgebaut werden, nach dem Berichtswert um das 7-10-fache in der Sommerzeit bis September. Die Schneehöhe der Gletscher bis in die obersten Schichten und Mittelstufen bis in die Talbereiche der Mittelstufe der Sommerperiode (Mai - September) 1901 nur 8,2°C über dem Normalwert liegt.

Berichtsjahr: 2001/02

SEITE 18 VON 15

Abbildung 9: Ausgabe des Witterungsverlaufes in einem Haushaltsjahr (speziell auf die Hochgebirgsregion der Alpen bezogen).

Tabelle 1: Die vorläufige Jahresstatistik der im heutigen Staatsgebiet von Österreich beobachteten Gletscher.

Haushalts-jahr	Gesamtzahl (ist 100%)	Zahl Rückgang	Zahl stationär	Zahl Vorstoß	Rückgang in Prozent	stationär in Prozent	Vorstoß in Prozent
2002/2003	109	109	0	0	100,0	0,0	0,0
2001/2002	97	92	5	0	94,9	5,2	0,0
2000/2001	95	86	8	1	90,5	8,4	1,1
1999/2000	105	100	2	3	95,2	1,9	2,9
1998/1999	103	92	9	2	89,3	8,7	1,9
1997/1998	93	93	0	0	100,0	0,0	0,0
1996/1997	107	76	17	14	71,0	15,9	13,1
1995/1996	90	85	5	0	94,4	5,6	0,0
1994/1995	97	87	6	4	89,7	6,2	4,1
1993/1994	117	114	3	0	97,4	2,6	0,0
1992/1993	111	100	7	4	90,1	6,3	3,6
1991/1992	120	118	1	1	98,3	0,8	0,8
1990/1991	126	108	11	7	85,7	8,7	5,6
1989/1990	122	105	11	6	86,1	9,0	4,9
1988/1989	119	68	23	28	57,1	19,3	23,5
1987/1988	125	102	15	8	81,6	12,0	6,4
1986/1987	128	78	25	25	60,9	19,5	19,5
1985/1986	132	96	13	23	72,7	9,9	17,4
1984/1985	131	46	31	54	35,1	23,7	41,2
1983/1984	122	39	21	62	32,0	17,2	50,8
1982/1983	125	62	18	45	49,6	14,4	36,0
1981/1982	122	56	16	50	45,9	13,1	41,0
1980/1981	115	32	12	71	27,8	10,4	61,7
1979/1980	107	22	9	76	20,6	8,4	71,0
1978/1979	118	38	18	62	32,2	15,3	52,5
1977/1978	106	23	15	68	21,7	14,2	64,2
1976/1977	88	24	17	47	27,3	19,3	53,4
1975/1976	89	57	11	21	64,0	12,4	23,6
1974/1975	104	27	20	57	26,0	19,2	54,8
1973/1974	102	35	19	48	34,3	18,6	47,1
1972/1973	100	76	7	17	76,0	7,0	17,0
1971/1972	90	43	15	32	47,8	16,7	35,6
1970/1971	96	79	10	7	82,3	10,4	7,3
1969/1970	100	64	16	20	64,0	16,0	20,0
1968/1969	98	74	13	11	75,5	13,3	11,2
1967/1968	87	53	17	17	60,9	19,5	19,5
1966/1967	73	39	12	22	53,4	16,4	30,1
1965/1966	75	41	12	22	54,7	16,0	29,3
1964/1965	52	27	9	16	51,9	17,3	30,8
1963/1964	82	78	3	1	95,1	3,7	1,2
1962/1963	86	83	3	0	96,5	3,5	0,0
1961/1962	60	56	3	1	93,3	5,0	1,7
1960/1961	64	52	8	4	81,3	12,5	6,3
1959/1960	76	72	3	1	94,7	4,0	1,3
1958/1959	54	47	7	0	87,0	13,0	0,0
1957/1958	76	73	3	0	96,1	4,0	0,0
1956/1957	51	44	6	1	86,3	11,8	2,0
1955/1956	69	61	7	1	88,4	10,1	1,5
1954/1955	46	41	5	0	89,1	10,9	0,0
1953/1954	75	70	4	1	93,3	5,3	1,3
1952/1953	57	52	3	2	91,2	5,3	3,5

Haushalts- jahr	Gesamtzahl (ist 100%)	Zahl Rückgang	Zahl stationär	Zahl Vorstoß	Rückgang in Prozent	stationär in Prozent	Vorstoß in Prozent
1951/1952	77	77	0	0	100,0	0,0	0,0
1950/1951	54	51	2	1	94,4	3,7	1,9
1949/1950	77	76	1	0	98,7	1,3	0,0
1948/1949	48	47	1	0	97,9	2,1	0,0
1947/1948	70	60	5	5	85,7	7,1	7,1
1946/1947	53	51	1	1	96,2	1,9	1,9
1945/1946	71	69	2	0	97,2	2,8	0,0
1944/1945	38	36	2	0	94,7	5,3	0,0
1943/1944	56	53	1	2	94,6	1,8	3,6
1942/1943	43	43	0	0	100,0	0,0	0,0
1941/1942	54	52	1	1	96,3	1,9	1,9
1940/1941	56	55	0	1	98,2	0,0	1,8
1939/1940	44	43	0	1	97,7	0,0	2,3
1938/1939	52	50	1	1	96,2	1,9	1,9
1937/1938	60	57	2	1	95,0	3,3	1,7
1936/1937	61	61	0	0	100,0	0,0	0,0
1935/1936	66	63	2	1	95,5	3,0	1,5
1934/1935	63	58	3	2	92,1	4,8	3,2
1933/1934	61	59	1	1	96,7	1,6	1,6
1932/1933	64	59	5	0	92,2	7,8	0,0
1931/1932	55	51	4	0	92,7	7,3	0,0
1930/1931	60	59	0	1	98,3	0,0	1,7
1929/1930	57	55	2	0	96,5	3,5	0,0
1928/1929	53	50	2	1	94,3	3,8	1,9
1927/1928	54	47	3	4	87,0	5,6	7,4
1926/1927	53	39	2	12	73,6	3,8	22,6
1925/1926	49	28	10	11	57,1	20,4	22,5
1924/1925	34	22	2	10	64,7	5,9	29,4
1923/1924	52	40	4	8	76,9	7,7	15,4
1922/1923	20	13	2	5	65,0	10,0	25,0
1921/1922	27	22	0	5	81,5	0,0	18,5
1920/1921	22	12	2	8	54,6	9,1	36,4
1919/1920	24	5	2	17	20,8	8,3	70,8
1918/1919	21	6	4	11	28,6	19,1	52,4
1917/1918	26	7	3	16	26,9	11,5	61,5
1916/1917	26	9	4	13	34,6	15,4	50,0
1915/1916	24	12	2	10	50,0	8,3	41,7
1914/1915	36	21	7	8	58,3	19,4	22,2
1913/1914	10	7	3	0	70,0	30,0	0,0
1912/1913	23	16	3	4	69,6	13,0	17,4
1911/1912	35	31	2	2	88,6	5,7	5,7
1910/1911	14	14	0	0	100,0	0,0	0,0
1909/1910	19	13	3	3	68,4	15,8	15,8

Beispiele für weiterführende Darstellungen:

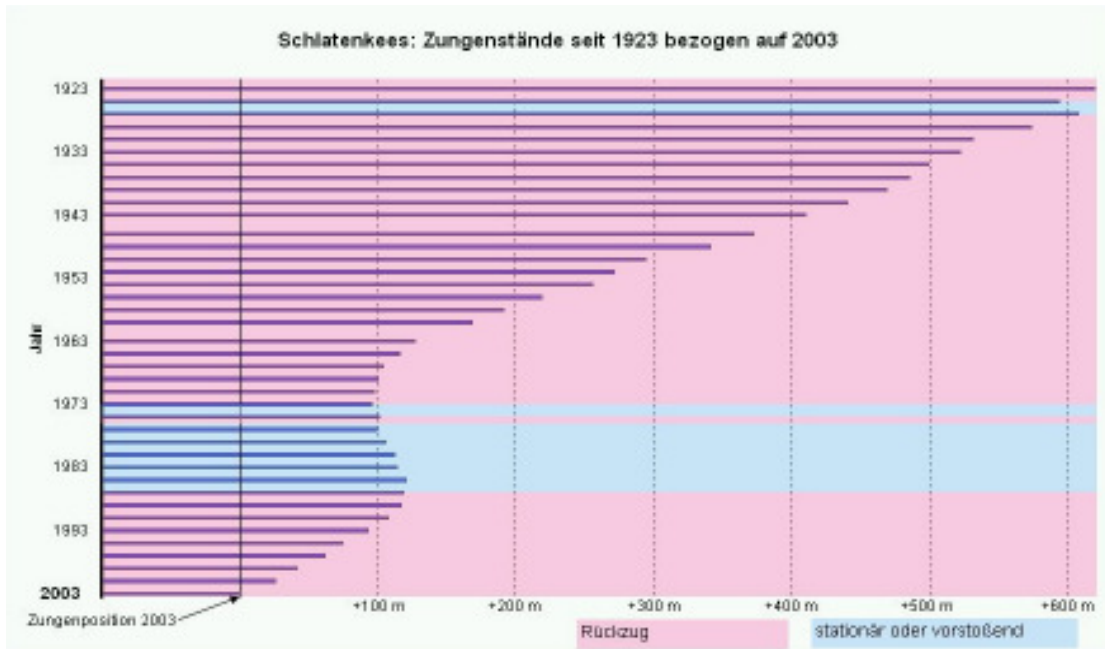


Abbildung 10: Beobachtete Zungenstände des Schlatenkeeses (Venedigergruppe), als horizontale Balken dargestellt.

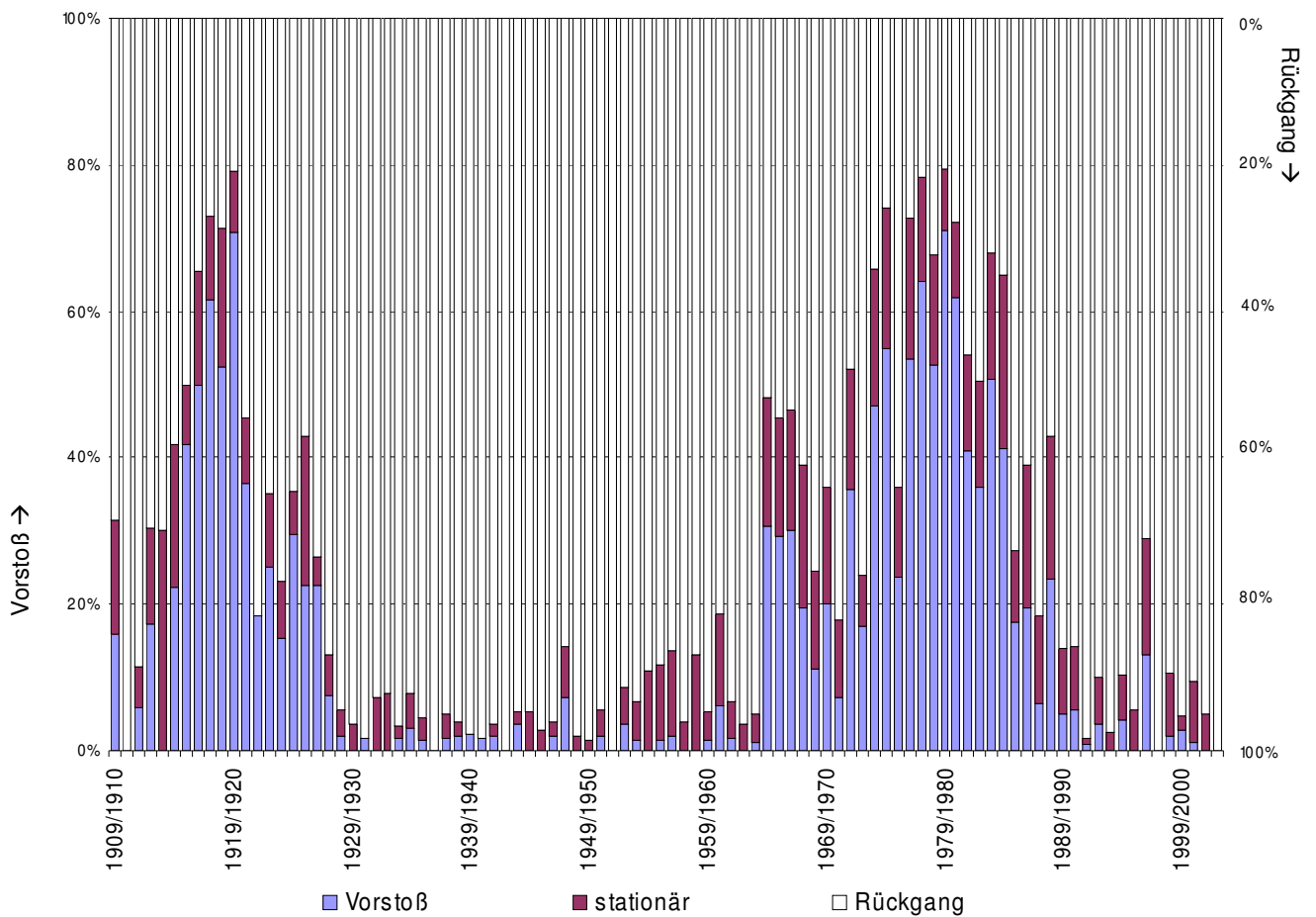


Abbildung 2: Die vorläufige prozentuelle Verteilung der vorstoßenden, stationären und im Rückgang befindlichen Gletscher in den Jahren von 1909 bis 2003 (nach Tabelle 1)

5 Stand der Datenbank

Mit Stand März 2005 existiert die Datenbank mit ihrer Oberfläche und mit ihren Aus- und Eingabemöglichkeiten sowie einer (vorläufigen) Internetoberfläche. Daten sind darin enthalten ab den oben beschriebenen Anfängen der Gletschermessungen bis zu jenen des Jahres 2003/2004. In der folgenden Übersicht sind die mit März 2005 in der Datenbank gespeicherten Gletscher (188) mit der jeweiligen Art ihrer Erhebung angeführt:

Tabelle 2: Übersicht aller österreichischen Gletscher, von denen charakteristische Messwerte vorliegen. Die jeweils fett gedruckte Katasternummer dient der eindeutigen Identifizierung des Gletschers. (Reihung alphabetisch nach Gewässernamen)

Hauptfluss der Gletscherentwässerung	Kurzbezeichnung	Katasternummer des Gletschers	Gletschername	Gebirgsgruppe	ΔL aktuell	ΔL aufgelassen	Massbilanz aktuell	Massbilanz aufgel.	Vol/Dicke
Enns	EN	EN 2	Edelgrießgletscher	Dachsteingruppe		x			
Fagge	FA	FA 18	Hinterer Ölgrubenferner West	Ötztaler Alpen		x			
Fagge	FA	FA 22	Gepatschferner	Ötztaler Alpen	x				x
Fagge	FA	FA 23	Weißseeferner	Ötztaler Alpen	x				x
Gail	GA	GA 1	Eiskargletscher	Karnische Alpen	x				
Gail	GA	GA 2	Valentinfirn	Karnische Alpen		x			
Gail	GA	GA 3	Wolayerfirn	Karnische Alpen		x			
Ill	IL	IL 11	Schattenspitzzgletscher	Silvrettagruppe	x				
Ill	IL	IL 13	Klostertaler Gletscher Nord	Silvrettagruppe	x				
Ill	IL	IL 14	Klostertaler Gletscher Mitte	Silvrettagruppe	x				
Ill	IL	IL 15	Klostertaler Gletscher Süd	Silvrettagruppe		x			
Ill	IL	IL 21	Litznergletscher	Silvrettagruppe	x				
Ill	IL	IL 21a	Litznergletscher Südwest	Silvrettagruppe		x			
Ill	IL	IL 29	Brandner Gletscher	Rätikon					x
Ill	IL	IL 7	Vermuntgletscher	Silvrettagruppe	x			x	x
Ill	IL	IL 8	Ochsentaler Gletscher	Silvrettagruppe	x			x	x
Isel	IS	IS 102	Kaiser Bärenkopfkees	Granatspitzgruppe	x				
Isel	IS	IS 103	Granatspitzkees	Granatspitzgruppe		x			
Isel	IS	IS 106	Vorderes Kastenkees	Glocknergruppe		x			
Isel	IS	IS 107	Laperwitzkees	Glocknergruppe		x			
Isel	IS	IS 108	Fruschnitzkees	Glocknergruppe		x			
Isel	IS	IS 110	Teischnitzkees	Glocknergruppe		x			
Isel	IS	IS 40	Umbalkees	Venedigergruppe	x				x
Isel	IS	IS 45	Simonykees	Venedigergruppe	x				
Isel	IS	IS 48	Maurerkees Mitte, Venedigergruppe	Venedigergruppe		x			
Isel	IS	IS 52	Dorferkees	Venedigergruppe		x			
Isel	IS	IS 53	Rainerkees	Venedigergruppe		x			x
Isel	IS	IS 54	Zettalunitzkees	Venedigergruppe	x				x
Isel	IS	identisch IS 54	Mullwitzkees	Venedigergruppe	x				x
Isel	IS	IS 66	Frosnitzkees	Venedigergruppe	x				
Isel	IS	IS 77	Schlatenkees	Venedigergruppe	x				x
Isel	IS	IS 78	Viltragenkees	Venedigergruppe	x				
Isel	IS	IS 92	Prägratkees	Granatspitzgruppe	x				
Isel	IS	IS 98	Gradötzkees	Granatspitzgruppe		x			
Lech	LE	LE 9	Schwarzmilzferner	Allgäuer Alpen			x		x
Lieser	LI	LI 11	Hochalmkees	Ankogel-Hochalmspitzgr.	x				x
Lieser	LI	LI 14	Großelendkees	Ankogel-Hochalmspitzgr.	x				
Lieser	LI	LI 15	Kälberspitzkees	Ankogel-Hochalmspitzgr.	x				
Lieser	LI	LI 16	Pleißnitzkees, unterer	Ankogel-Hochalmspitzgr.		x			
Lieser	LI	LI 22	Kleinelendkees	Ankogel-Hochalmspitzgr.	x				
Lieser	LI	LI 7	Westliches Trippkees	Ankogel-Hochalmspitzgr.	x				
Melach	ME	ME 2	Lisenser Ferner	Stubai Alpen	x				x

Hauptfluss der Gletscherentwässerung	Kurzbezeichnung	Katastrernummer des Gletschers	Gletschername	Gebirgsgruppe	ΔL aktuell	ΔL aufgelassen	Massbilanz aktuell	Massbilanz aufgel.	Vol/Dicke
Melach	ME	ME 4	Längentaler Ferner	Stubai Alpen	x				
Melach	ME	ME 7	Winnebachferner Ost	Stubai Alpen		x			
Möll	MO	MO 10	Hornkees, Schobergruppe	Schobergruppe	x				
Möll	MO	MO 11	Göbñitzkees Ost	Schobergruppe	x				
Möll	MO	MO 16	Roter Knopf-Kees	Schobergruppe	x				
Möll	MO	MO 20	Hohenwartkees Ost	Glocknergruppe		x			
Möll	MO	MO 26	Hofmannskees	Glocknergruppe		x			
Möll	MO	MO 27	Pasterze	Glocknergruppe	x		x		x
Möll	MO	MO 28	Wasserfallwinkelkees	Glocknergruppe	x				
Möll	MO	MO 30	Freiwandkees	Glocknergruppe	x				
Möll	MO	MO 32	Südliches Pfandschartenkees	Glocknergruppe		x			
Möll	MO	identisch MO 32	Pfandschartenkees	Glocknergruppe		x			
Möll	MO	MO 36	Kleines Fleißkees	Sonnblick(Goldberg)-gr.	x		x		x
Möll	MO	MO 38	Wurtenkees	Sonnblick(Goldberg)-gr.		x			x
Möll	MO	MO 38a	Westliches Wurten-Alteckkees	Sonnblick(Goldberg)-gr.		x			
Möll	MO	MO 38b	Östliches Wurten-Schareckkees	Sonnblick(Goldberg)-gr.	x		x		x
Möll	MO	MO 43	Winklkees	Ankogel-Hochalmspitzgr.	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 100	Diemferner	Ötztaler Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 107	Schalferner	Ötztaler Alpen	x				x
Ötztaler Ache	OE	OE 108	Mutmalferner	Ötztaler Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 11	Winnebachferner West	Stubai Alpen		x			
Ötztaler Ache	OE	OE 110	Marzellferner	Ötztaler Alpen	x				x
Ötztaler Ache	OE	OE 111	Niederjochferner	Ötztaler Alpen	x				x
Ötztaler Ache	OE	OE 111a	Similaunferner	Ötztaler Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 116	Eisferner	Ötztaler Alpen		x			
Ötztaler Ache	OE	OE 117	Kreuzferner Nord	Ötztaler Alpen		x			
Ötztaler Ache	OE	OE 119	Kreuzferner Mitte	Ötztaler Alpen		x			
Ötztaler Ache	OE	OE 12	Bachfallenferner	Stubai Alpen		x			x
Ötztaler Ache	OE	OE 120	Kreuzferner Süd	Ötztaler Alpen		x			
Ötztaler Ache	OE	OE 121	Hochjochferner	Ötztaler Alpen	x				x
Ötztaler Ache	OE	OE 125	Hintereisferner	Ötztaler Alpen	x		x		x
Ötztaler Ache	OE	OE 125 Teilgl a	Teilgl. Stationsferner	Ötztaler Alpen				x	x
Ötztaler Ache	OE	OE 125 Teilgl b	Teilgl. Langtauferer-Joch-Ferner	Ötztaler Alpen				x	x
Ötztaler Ache	OE	OE 125 Teilgl k	Teilgl. Hintereisferner "klein"	Ötztaler Alpen		x		x	x
Ötztaler Ache	OE	OE 126	Vernaglwandferner Süd	Ötztaler Alpen		x			
Ötztaler Ache	OE	OE 127	Vernaglwandferner Nord	Ötztaler Alpen		x			
Ötztaler Ache	OE	OE 129	Kesselwandferner	Ötztaler Alpen	x		x		x
Ötztaler Ache	OE	OE 132	Guslarferner, großer	Ötztaler Alpen	x				x
Ötztaler Ache	OE	OE 133	Vernagtferner	Ötztaler Alpen	x		x		x
Ötztaler Ache	OE	OE 135	Mitterkarferner	Ötztaler Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 136	Rofenkarferner	Ötztaler Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 137	Taufkarferner	Ötztaler Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 150	Rettenbachferner	Ötztaler Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 151	Gletscher "am" Pitztaler Jöchl	Ötztaler Alpen		x			
Ötztaler Ache	OE	OE 163	Innerer Pirchkarferner	Ötztaler Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 164	Äußerer Pirchkarferner Süd	Ötztaler Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 17	Schwarzenbergferner	Stubai Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 18	Bockkogelferner Ost	Stubai Alpen		x			
Ötztaler Ache	OE	OE 22	Sulztalferner	Stubai Alpen	x				x
Ötztaler Ache	OE	OE 32	Reichenkarferner	Stubai Alpen					x
Ötztaler Ache	OE	OE 39	Gaiskarferner	Stubai Alpen	x				x
Ötztaler Ache	OE	OE 40	Pfaffenferner	Stubai Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 41	Triebenkarlasferner	Stubai Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 60	Gaisbergferner	Ötztaler Alpen	x				x
Ötztaler Ache	OE	OE 63	Rotmoosferner	Ötztaler Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE 72	Langtaler Ferner	Ötztaler Alpen	x				x
Ötztaler Ache	OE	OE 74	Gurgler Ferner	Ötztaler Alpen	x				x
Ötztaler Ache	OE	OE 88	Stockferner	Ötztaler Alpen		x			

Hauptfluss der Gletscherentwässerung	Kurzbezeichnung	Katastrnummer des Gletschers	Gletschername	Gebirgsgruppe	ΔL aktuell	ΔL aufgelassen	Massbilanz aktuell	Massbilanz aufgel.	Vol/Dicke
Ötztaler Ache	OE	OE 96	Latschferner	Ötztaler Alpen		x			
Ötztaler Ache	OE	OE 97	Spiegelferner	Ötztaler Alpen	x				
Ötztaler Ache	OE	OE BL 1	Blockgletscher Äußeres Hochebenkar	Ötztaler Alpen					x
Pitze	PI	PI 14	Taschachferner Ost	Ötztaler Alpen	x				x
Pitze	PI	PI 16	Sexegertenferner	Ötztaler Alpen	x				
Pitze	PI	PI 7	Karlesferner	Ötztaler Alpen		x			x
Pitze	PI	PI 8	Mittelbergferner	Ötztaler Alpen		x			x
Salzach	SA	SA 105	Landeckkees Mitte	Granatspitzgruppe	x				
Salzach	SA	SA 117	Habachkees	Venedigergruppe		x			
Salzach	SA	SA 123	Untersulzbachkees	Venedigergruppe	x			x	x
Salzach	SA	SA 129	Obersulzbachkees	Venedigergruppe	x				x
Salzach	SA	SA 141 I	Krimmler Kees östliche Zunge	Venedigergruppe	x				
Salzach	SA	SA 141 II	Krimmler Kees westliche Zunge	Venedigergruppe	x				
Salzach	SA	SA 141 III	Krimmler Kees mittlere Zunge	Venedigergruppe		x			
Salzach	SA	SA 152	Keeskarkees	Zillertaler Alpen		x			
Salzach	SA	SA 154	Rainbachkees	Zillertaler Alpen		x			
Salzach	SA	SA 160	Übergossene Alm Mitte	Salzburger Kalkalpen		x		x	x
Salzach	SA	SA 21	Schlapperebenkees	Sonnblick(Goldberg)-gr.		x			
Salzach	SA	SA 28	Neunerkees	Sonnblick(Goldberg)-gr.		x			
Salzach	SA	SA 30	Goldbergkees	Sonnblick(Goldberg)-gr.	x		x		x
Salzach	SA	SA 32	Kleines Sonnblickkees	Sonnblick(Goldberg)-gr.		x			
Salzach	SA	SA 38	Krummelkees	Sonnblick(Goldberg)-gr.		x			
Salzach	SA	SA 40	Weißbachkees	Sonnblick(Goldberg)-gr.		x			
Salzach	SA	SA 43	Brennkogelkees	Glocknergruppe	x				
Salzach	SA	SA 66	Wielingerkees	Glocknergruppe		x			
Salzach	SA	SA 70	Klockerinkees	Glocknergruppe		x			
Salzach	SA	SA 71	Bärenkopfkkees	Glocknergruppe	x				
Salzach	SA	SA 72	Schwarzköpflkees	Glocknergruppe	x				
Salzach	SA	SA 73	Karlingerkees	Glocknergruppe		x			
Salzach	SA	SA 74	Eiserkees	Glocknergruppe		x			
Salzach	SA	SA 75	Grießkogelkees	Glocknergruppe		x			
Salzach	SA	SA 77	Hochweißfeldkees	Glocknergruppe		x			
Salzach	SA	SA 81	Schmiedingerkees	Glocknergruppe	x			x	x
Salzach	SA	SA 83	Maurerkees, Glocknergruppe	Glocknergruppe	x				
Salzach	SA	SA 85	Wurferkees	Glocknergruppe		x			
Salzach	SA	SA 88	Schwarzkarlkees	Glocknergruppe	x				
Salzach	SA	SA 89	Kleineiserkees	Glocknergruppe	x				
Salzach	SA	SA 91	Unteres Riffkees	Glocknergruppe	x				
Salzach	SA	SA 91a	Riffkarkees	Glocknergruppe		x			
Salzach	SA	SA 92	Totenkopfkees	Glocknergruppe	x				
Salzach	SA	SA 94	Ödenwinkelkees	Glocknergruppe	x				x
Salzach	SA	SA 97	Sonnblickkees	Granatspitzgruppe	x		x		x
Sanna	SN	IL 9	Schneeglockengletscher	Silvrettagruppe	x				
Sanna	SN	SN 19	Jamtalferner	Silvrettagruppe	x		x		x
Sanna	SN	SN 21	Totenfeld	Silvrettagruppe	x				
Sanna	SN	SN 27	Bieltalferner Ost	Silvrettagruppe		x			
Sanna	SN	SN 28	Bieltalferner	Silvrettagruppe		x			
Sanna	SN	SN 28a	Bieltalferner Mitte	Silvrettagruppe	x				
Sanna	SN	SN 28b	Bieltalferner West	Silvrettagruppe	x				
Sanna	SN	SN 64	Griner Ferner	Lechtaler Apen					x
Sanna	SN	SN 7	Larainferner	Silvrettagruppe		x			
Sill	SI	SI 14	Simmingferner	Stubai Alpen	x				
Sill	SI	SI 23	Östlicher Grüblferner	Stubai Alpen		x			
Sill	SI	SI 25	Westlicher Grüblferner Ost	Stubai Alpen		x			
Sill	SI	SI 27	Westlicher Grüblferner West	Stubai Alpen	x				
Sill	SI	identisch SI 27	Freigerferner	Stubai Alpen	x				
Sill	SI	SI 30	Grünaufener	Stubai Alpen	x				
Sill	SI	SI 32	Sulzenaufener	Stubai Alpen	x				x

Hauptfluss der Gletscherentwässerung	Kurzbezeichnung	Katastrernummer des Gletschers	Gletschername	Gebirgsgruppe	ΔL aktuell	ΔL aufgelassen	Massbilanz aktuell	Massbilanz aufgel.	Vol/Dicke
Sill	SI	SI 34	Fernauferner	Stubaiier Alpen	x				x
Sill	SI	SI 35	Schauelferner	Stubaiier Alpen	x				x
Sill	SI	SI 36a	Bildstöcklferner	Stubaiier Alpen		x			
Sill	SI	SI 36b	Daunkogelferner	Stubaiier Alpen	x				x
Sill	SI	SI 42	Grawawandferner	Stubaiier Alpen		x			
Sill	SI	SI 43	Hochmoosferner	Stubaiier Alpen		x			
Sill	SI	SI 52	Sommerwandferner	Stubaiier Alpen		x			
Sill	SI	SI 53	Alpeiner Kräulferner	Stubaiier Alpen		x			
Sill	SI	SI 55	Alpeiner Ferner	Stubaiier Alpen	x				x
Sill	SI	SI 56	Verborgene-Berg-Ferner	Stubaiier Alpen	x				
Sill	SI	SI 58	Bergglasferner	Stubaiier Alpen	x				
Traun	TR	TR 1	Schladminger Gletscher	Dachsteingruppe	x				x
Traun	TR	TR 2	Hallstätter Gletscher	Dachsteingruppe	x				x
Traun	TR	TR 3	Schneelochgletscher	Dachsteingruppe	x				
Traun	TR	TR 4	Großer Gosaugletscher	Dachsteingruppe	x				x
Traun	TR	TR 5	Kleiner Gosaugletscher	Dachsteingruppe		x			
Traun	TR	TR 6	Nördlicher Torsteingletscher	Dachsteingruppe		x			
Ziller	ZI	ZI 110	Gefrorene-Wand-Kees	Zillertaler Alpen					x
Ziller	ZI	ZI 16	Kuchelmooskees	Zillertaler Alpen		x			
Ziller	ZI	ZI 3	Wildgerloskees Mitte	Zillertaler Alpen	x				
Ziller	ZI	ZI 64	Floitenkees	Zillertaler Alpen		x			
Ziller	ZI	ZI 73	Schwarzensteinkees	Zillertaler Alpen	x				x
Ziller	ZI	ZI 75	Hornkees, Zillertaler Alpen	Zillertaler Alpen	x				x
Ziller	ZI	ZI 76	Waxeckkees	Zillertaler Alpen	x				x
Ziller	ZI	ZI 8	Schönachkees Mitte	Zillertaler Alpen		x			
Ziller	ZI	ZI 86	Furtschaglkees	Zillertaler Alpen	x				
Ziller	ZI	ZI 87	Schlegeiskees	Zillertaler Alpen	x				
Ziller	ZI	ZI 91	Stampfkees	Zillertaler Alpen		x			

Die zusätzliche Erfassung von Gletschern unter einer intern gewählten Katasternummer „identisch...“ (zusätzlich zur Erfassung unter der „richtigen“ Katasternummer) dient in der Datenbank dem Auffinden des Gletschers unter zwei verschiedenen Namen, die beide noch gebräuchlich sind.

Die Erfassung von drei Teilgletschern des Hintereisferners (Teilgletscher a, b und k; die Bezeichnungen sind intern gewählt) zusätzlich zum gesamten Hintereisferner (OE 125) dient zum Ablegen von Daten über diese Teilgletscher, die zu Forschungszwecken über einige Jahre (nicht mehr zum Zeitpunkt der Drucklegung) von der Universität Innsbruck eigens bestimmt bzw. berechnet wurden. Aufgrund des massiven Gletscherrückganges erscheint diese zusätzliche Registrierung in der Datenbank angebracht, da sich inzwischen die Teilgletscher zu eigenständigen Gletschereinheiten zurückgebildet haben.

6 Internet-Ausgabe

Mittlerweile existiert schon eine Testversion zur Ausgabe der Daten über das Internet als SQL-Datenbank. Diese ist jedoch vorerst noch nicht einsetzbar, sie könnte aber für den Betrieb auf einem Server des Hydrographischen Dienstes angepasst werden.

Auf jeden Fall würde die Internetausgabe für jeden Benutzer den großen Vorteil bieten, dass von einem zentralen Ort aus Daten abgefragt werden können, die dort stets am neuesten Stand gehalten werden.

Die Datenbank könnte von diesem zentralen Ort aus auch gewartet und neue Entwicklungen könnten darin eingebracht werden, die dann sofort online dem Benutzer zu Verfügung stehen würden.

In der lokal zu installierenden Form der Datenbank hingegen gibt es für einen Anwender auch die Möglichkeit der Dateneingabe über die Datenbankoberfläche, um die verschiedensten Daten selbst am aktuellen Stand zu halten.

7 Laufende Arbeiten

7.1 Bildmaterial

Da zusätzlich zum Zahlenmaterial und zum begleitenden Text auch die äußerst zahlreichen Fotos der Gletscherbeobachter einen wesentlichen Beitrag zur umfassenden Beschreibung des „Gletscherinventars“ darstellen, wurde im Sommer 2004 mit dem Einscannen dieser (möglichst bis in historische Zeit zurückreichenden) Bilder an ausgewählten Gletschern begonnen. Diese Fotos werden in die Gletscherdatenbank eingebunden und können über diese somit – passend zu den abgefragten Daten – abgerufen werden. Auch alte Gemälde wie der Hallstätter Glet-

scher von F. Simony, 1848, sind hier willkommene Objekte zur Dokumentation von historischen Gletscherständen, die digitalisiert werden. Eine Weitergabe von Fotos an Dritte unterliegt einem strengen Urheberschutz und kann somit seitens des Hydrographischen Dienstes Tirol nur in Absprache mit den jeweiligen Eigentümern der Bilder erfolgen.

7.2 Datenmaterial

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt liegt in der Vervollständigung der Datensätze. Dies gilt besonders für die Anfangszeit der Gletschermessungen im 19. Jahrhundert. Aber auch die vorhandenen Lücken im 20. Jahrhundert gilt es nach Sichten einiger Archive noch zu schließen.

8 Anschrift der Verfasser:

OR Dr. Wolfgang Gattermayr
Abteilung Wasserwirtschaft / SG Hydrographie
beim Amt der Tiroler Landesregierung
Herrengasse 1-3
6020 Innsbruck

Mag. Bernhard Thurner
Abteilung Wasserwirtschaft / SG Hydrographie
beim Amt der Tiroler Landesregierung
Herrengasse 1-3
6020 Innsbruck

Glazialhydrologische Aspekte des Jahres 2003 im „Hohe Tauern Einzugsgebiet“ der Salzach

Glacio-hydrological aspects of the year 2003 in the Hohe Tauern catchment of the River Salzach

Heinz Slupetzky und Hans Wiesenegger

Stichworte: Stubacher Sonnblickkees, Massenbilanz, Abfluss, Gletscherspende, Hohe Tauern, Glazialhydrologie, Wasserhaushalt, Jahr 2003

Keywords: Stubacher Sonnblickkees, mass balance, discharge, runoff from glacier, Alps, Hohe Tauern, glacial hydrology, water balance, year 2003

Zusammenfassung

Die meisten Alpengletscher, wie auch das Stubacher Sonnblickkees verzeichneten im Jahr 2003 aufgrund des außergewöhnlich warmen Sommers den bisher größten Massenverlust, der auch das bekannte Rekordjahr 1947 übertraf.

Das 1,4 km² große Stubacher Sonnblickkees verlor 4,02 Mio m³ an Masse bzw. 2,9 m Eis über die gesamte Gletscherfläche. Die außergewöhnlich hohe Gletscherspende von 31 % konnte aber nur einen Teil des Abflussdefizites im 5,3 km² großen, ca. zu einem Drittel vergletscherten Einzugsgebiet des Weißsees kompensieren. Alle Gletscherbäche an der Nordseite der Hohen Tauern zeigten den relativ großen Einfluss der vergletscherten Einzugsgebiete auf den sommerlichen Abfluss. Die „Fernwirkung“ war noch im Unterlauf der Salzach bis in den Bereich der Stadt Salzburg feststellbar.

Summary

In 2003 a record mass loss was registered on many alpine glaciers. Due to the extremely warm summer, the Stubacher Sonnblickkees, with a surface area of 1.4 km², lost 4.02 Mill. m³ of its mass which represents 2.9 m on average in height. The runoff deficit in the catchment area (5.3 km²; 1/3 of which covered by glaciers) of Lake Weißsee was not completely balanced by the extraordinary high runoff from the glacier (797 mm or 31 %). The distinctive influence of glacierised catchments on the summerly runoff was noticeable in almost every stream on the north face of the Hohe Tauern and was even to be registered further downstream in the City of Salzburg.

1 Einleitung

Der Sommer 2003 war in ganz Mitteleuropa außergewöhnlich, die Hitzeperiode brachte fast überall Rekordwerte. Die Temperatur des Sommers als Ganzes war um 4 bis 6 Grad Celsius wärmer als das Mittel der Jahre 1961 bis 1990; die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines so heißen Sommers innerhalb der letzten 150 Jahre war eine äußerst geringe und selbst im Vergleich zu den bereits relativ warmen Jahren 1990 bis 2002 betrug die errechnete Wahrscheinlichkeit weniger als ein Zehntausendstel (SCHÄR et al., 2004). Sollte sich die Prognose einer möglichen globalen Erwärmung von 3° Celsius gegenüber 1961 bis 1990 bewahrheiten, so würde sich die Exzessivität des Klimas in Mitteleuropa erhöhen und die Schwankung (Standardabweichung) könnte sich nach unten und nach oben mehr als verdoppeln. Solche und noch heißere Sommer könnten häufiger werden (SCHÄR et al, 2004).

Die Alpengletscher haben aufgrund dieser Hitzewelle stark an Länge, Fläche und Volumen verloren. Sollte sich der Trend der Klimaerwärmung verstärken, müssen bisherige Prognosen, was die Geschwindigkeit des Abbaues der Gletscher betrifft, korrigiert werden. Man muss bis ins Jahr 1947 zurückgehen, um einen ähnlichen „Jahrhundertsommer“ zu finden.

2 Klimatische Verhältnisse des Jahres 2003

Die witterungsbedingten und klimatischen Besonderheiten des Jahres 2003 sind in Bezug auf die Massenänderung der Gletscher in den Hohen Tauern sowie hinsichtlich des glazialhydrologischen Geschehens am Beispiel des Stubacher Sonnblickkeeses und der Prozesse im Einzugsgebiet gut zu erläutern.

Am Sonnblickkees, das im natürlichen Einzugsgebiet des Weißsees, einem Vorspeicher zum Tauernmoossee (ÖBB-Kraftwerksgruppe Stubachtal) in Salzburg in den Hohen Tauern liegt, wird seit 1963 die Messung der jährlichen Nettomassenbilanz durchgeführt (SLUPETZKY, 1989,1997). Das natürliche Einzugsgebiet, das zu knapp einem Drittel vergletschert ist, umfasst insgesamt 5,3 km², wobei der Anteil des Sonnblickkeeses rund 26 % bzw. 1,402 km² (Stand 2003) beträgt, die mittlere Gebietshöhe im Einzugsgebiet liegt bei 2.570 m.

Das Jahr 2003 hat, was den mittleren spezifischen Nettoverlust über die gesamte Gletscherfläche während eines Haushaltsjahres betrifft, sogar das bisherige „Rekordjahr“ 1947 übertroffen (GÜNTHER, 1982 und briefliche Mitteilung v. 24.6.82 : -250 cm). Das Sonnblickkees hatte im Jahr 2003 den bisher größten jährlichen Massenverlust seit Messungsbeginn (Abbildung 1) und auch im Niederschlags- und Abflussgeschehen sind deutliche Abweichungen von den langjährigen Mitteln feststellbar.

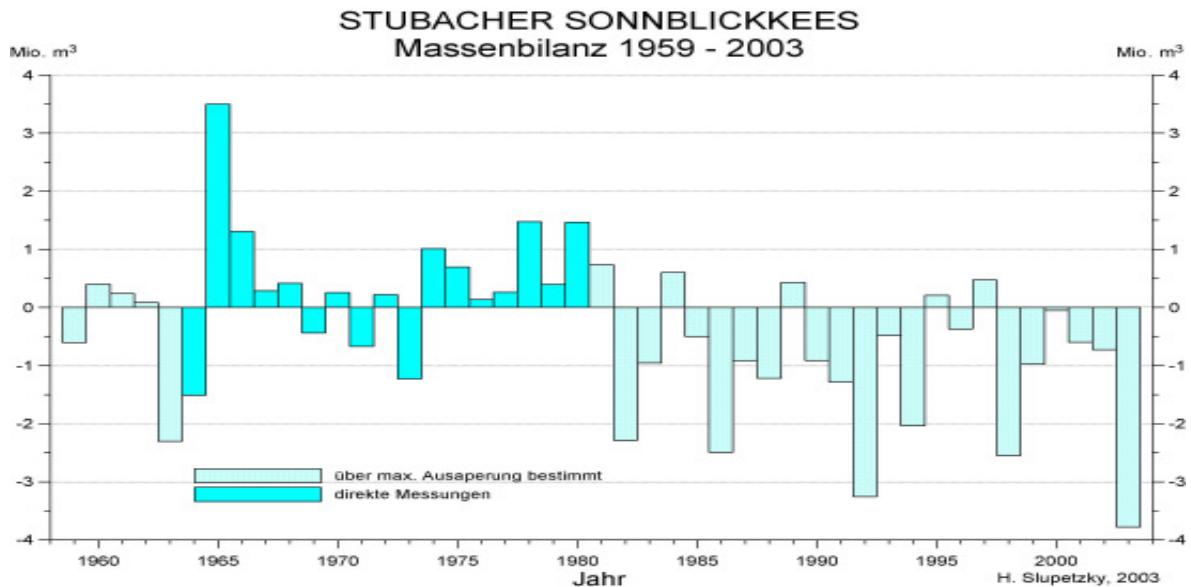


Abbildung 1: Jährliche Massenbilanz Stubacher Sonnblickkees

3 Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses 2003 und Ursachen der negativen Rekordbilanz

Das Stubacher Sonnblickkees war, wie alle Alpengletscher, extrem ausgeapert (Abbildung 2). Die Reste des Altschnees vom Winter 2002/03 waren nur mehr auf wenige Stellen in Muldenlage beschränkt, die Fläche mit altem, verschmutztem Firn wurde deutlich geringer und der größere Teil der Gletscheroberfläche war blankes Eis. Ein stereophotogrammetrischer Bildflug (Luftbild Fischer, Klagenfurt) und die Herstellung eines Orthophotos (PINTERITS et. al., 2004) ermöglichten neben der Neuberechnung der Gletscherfläche auch die genaue Zeichnung der maximalen Ausaperung (Abbildung 3: Karte der maximalen Ausaperung des Stubacher Sonnblickkeeses am 10. 9. 2003) und die Berechnung der Altschneeflächen (Akkumulationsfläche S_c) sowie der Firn- und Eisflächen (Ablationsgebiet S_a).

Tabelle 1: Massenhaushaltswerte 2002/03 - Stubacher Sonnblickkees

S_c km ²	b_c g/cm ²	B_c 10 ⁶ m ³	S_a km ²	b_a g/cm ²	B_a 10 ⁶ m ³	S km ²
0,009	0,1	0,0014	1,393	-287,07	-4,0251	1,402
B 10 ⁶ m ³	b g/cm ²	S_c/S	S_c/S_a	GW	natürliches Haushaltsjahr	
-4,0237	-286,97	0,006	0,007	2.990 m	15.09.02 – 11.09.03	

S_c = Akkumulationsfläche, S_a = Ablationsfläche, S = Gletscherfläche, B = Nettobilanz, b = mittlere spezifische Nettomassenbilanz, S_c/S = Flächenverhältnis Akkumulationsgebiet zu Gesamtgletscherfläche; S_c/S_a = Flächenverhältnis Akkumulationsgebiet zu Ablationsgebiet, GW = Gleichgewichtslinie

Aus der mit direkten Massenbilanzmessungen im Zeitraum 1964 bis 1980 gewonnenen mathematischen Beziehung zwischen der Ausaperung und der spezifischen Massenbilanz wurden die Haushaltsgrößen 2003 berechnet (Tabelle 1) und zum 40. Mal in ununterbrochener Reihenfolge die Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses bestimmt (SLUPETZKY et. al., 2004).

Das Stubacher Sonnblickkees hatte mit einer mittleren spezifischen Massenbilanz von $-286,97$ cm eine extrem negative Bilanz. Die am 27. August 2003 im Rahmen des OeAV-Längenmessprogrammes durchgeführten Messungen ergaben jedoch nur ein Rückschmelzen von $-2,9$ m. Dies liegt aber in der besonderen Situation an der Gletscherstirn, die an einer Felsschwelle mit Gegensteigung endet, begründet. Die Zerfallerscheinungen am Gletscher und die Vergrößerung des Eisrandsees passen aber in das Bild des starken Eisverlustes in allen drei Dimensionen im Sommer 2003. Seit 1982 verlor der Gletscher insgesamt $50,6$ m an Länge.



Abbildung 2: Das Stubacher Sonnblickkees am 28. August 2003 (Foto: H. Slupetzky) (Foto: H. Slupetzky)

Die außerordentlich negative Massenbilanz ist im Wesentlichen die Folge des raschen Abbaus der Schneedecke ab 30. April (Abbildung 4) sowie extrem hoher Temperaturen, insbesondere im Sommer (Abbildung 5, Tabelle 2). Die rasche Ausaperung des Stubacher Sonnblickkeeses (bzw. der Alpengletscher) wurde zusätzlich durch das frühe Ausapern der Wüstenstaubschicht vom 16./17. November 2002 schon im Juni verstärkt, da die braunrötliche Verschmutzung die Albedo erheblich verringerte.

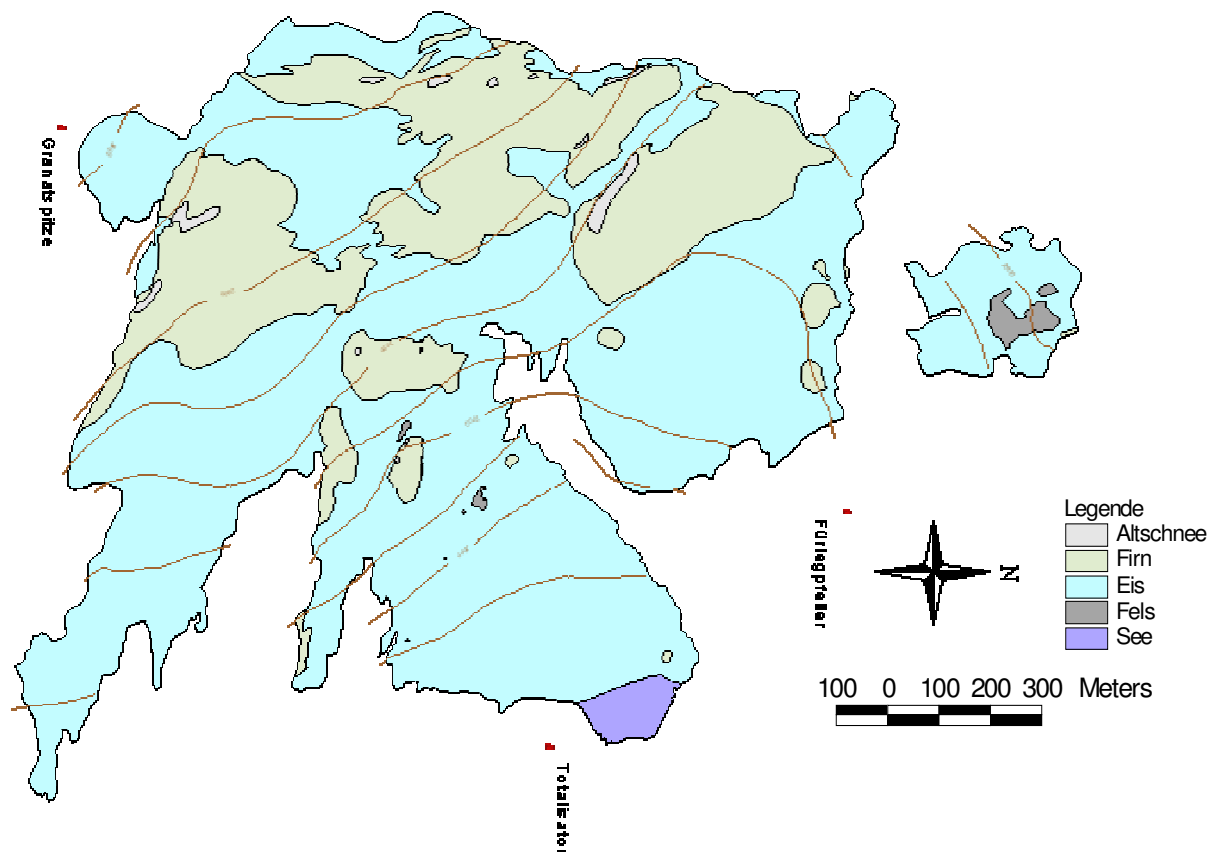


Abbildung 3: Karte der maximalen Ausaperung des Stubacher Sonnblickkeeses am 10. 9. 2003

Der Verlauf der **Schneehöhen** am Schneepegel „Unterer Boden“ ist durch den raschen Abbau der winterlichen Schneedecke gekennzeichnet (Abbildung 4 und Tabelle 3).

Schon im Mai war die Schneedecke unterdurchschnittlich hoch (-58 cm). Im Juni betrug die Abweichung einen halben Meter. Die rasche Abschmelzung setzte sich im Sommer fort, am 1. Juli lagen mit 90 cm Altschnee um -145 cm (!) zu wenig gegenüber dem Durchschnitt (Reihe 1980 - 2003), bis zum 1. August verschwanden die letzten Reste (-85 cm). Die Abweichungen der **Lufttemperatur** an der Station Rudolfshütte beschreiben den außergewöhnlichen thermischen Charakter der Ablationsperiode (Abbildung 5). Vor allem der Monat Juni mit +5,3°(!) sticht hervor, es war aber die gesamte Zeit von Mai bis August deutlich zu warm, ebenso wie das erste Septemberdrittel.

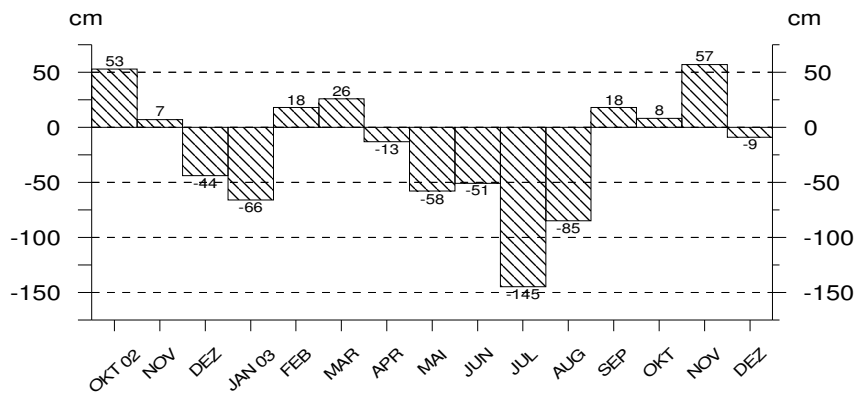


Abbildung 4: Abweichungen der Schneehöhen am „Unteren Boden“ vom Mittel (1980-2003).

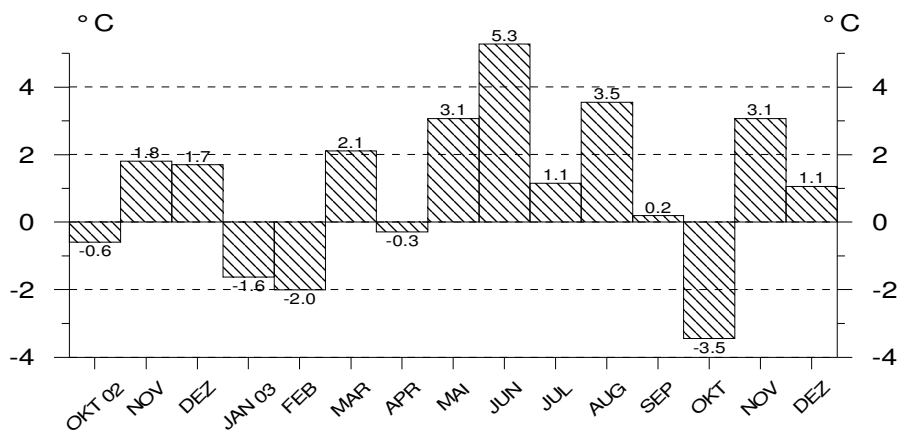


Abbildung 5: Station Rudolfshütte - Abweichungen der Temperatur (Monatsmittel °C) vom Mittel 1980-2003.

Das Haushaltsjahr war insgesamt um 1,2° Celsius, der Sommer um 2,2°C zu warm. Aufgrund der warmen Witterung fiel ein großer Teil der Niederschläge bis in größere Höhen als Regen bzw. fehlten umgekehrt kühle Phasen mit Kaltlufteinbrüchen, die Neuschnee gebracht hätten.

Der **Festniederschlag** im Monat Juni (Anteil 0 %, das langjährige Mittel beträgt 49,6 %) war die größte bisher beobachtete Abweichung im Juni (Abbildung 6). Auch Juli und August waren unterdurchschnittlich (-17 % und -14,1 % unter dem Mittel). Noch deutlicher kommt das „gletscherabträgliche“ Wetter in der Höhenlage der **Neuschneegrenze** (Abbildung 7 und Tabelle 4) zum Ausdruck. Im Mai lag die mittlere Höhenlage der Neuschneegrenze +270 m über dem Mittel, im Juni gab es keine Neuschneefälle bzw. lag die Grenze sogar über der Gipfelhöhe von 3500 m. Im Juli war sie mit +141 m wieder höher und im August sogar +344 m über dem Mittel.

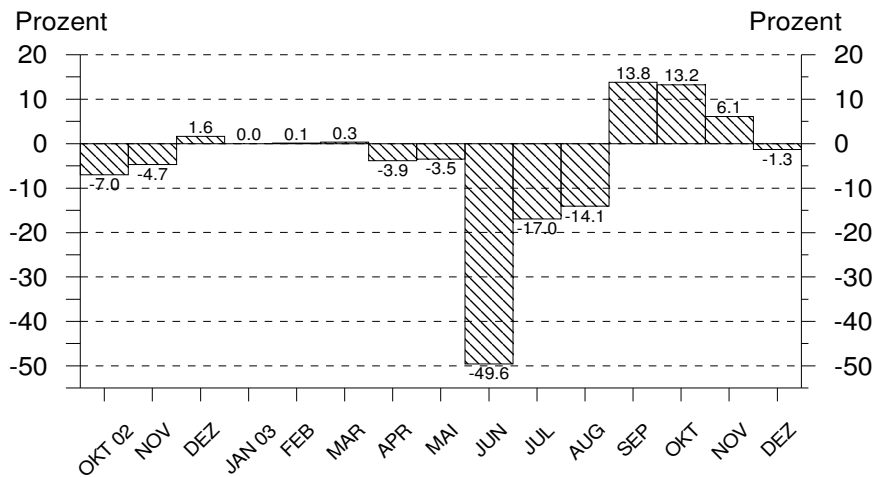


Abbildung 6: Station Rudolfshütte – Abweichung des Festniederschlaganteiles (2002/03) vom langjährigen Mittel (1980 – 1990; fester Niederschlag - Schnee etc. plus 50 % von Schnee und Regen gemischt).

Das Mittel für Juli und August brachte eine um +373 m höher liegende Neuschneegrenze im Vergleich zum Mittel 1985 bis 2003 (2.828 m). Das bedeutet, dass jeweils nur wenige hochgelegene Flächen des Nährgebietes zeitweilig neuschneebedeckt waren (Abbildung 3).

Tabelle 2: Monatsmittel der Temperatur (°C) und Monatsniederschlagssummen (mm) 2002/03; Station Rudolfshütte sowie die Mittelwerte der Jahre 1980 (bzw. 1981) bis 2003

	Temperatur	Mittelwerte	Niederschlag	Mittelwerte
	2002/03	1980-2002	2002/03	1981-2003
Hydr. Winter	-4,6	-4,8	566	933
Hydr. Sommer	6,0	3,8	777	1327
Hydr. Jahr 2002/03	0,7	-0,5	1343	2260
Kalenderjahr 2003	0,5	-0,5	1548	2260

Tabelle 3: Schneehöhen (cm) am „Unteren Boden“ (2.530 m) 2002/03; Vergleich mit den mittleren Schneehöhen (1980 – 2003; am 1. des jeweiligen Monats) sowie Anteil des festen Niederschlages am Gesamtniederschlag in % verglichen mit den Mittelwerten der Jahre 1980 bis 1990.

Monat	Schneehöhen	Mittelwert	Anteil	Mittelwert
	2002/03	1980-2003	2002/03	1980-1990
Mai	400	458	67,7	71,2
Juni	290	341	0,0	49,6
Juli	90	235	8,8	25,8
August	0	85	10,3	24,4
September	45	27	58,1	44,3
Oktober	40	32	88,8	75,6
November	120	63	96,9	90,8
Dezember	130	139	97,1	98,4

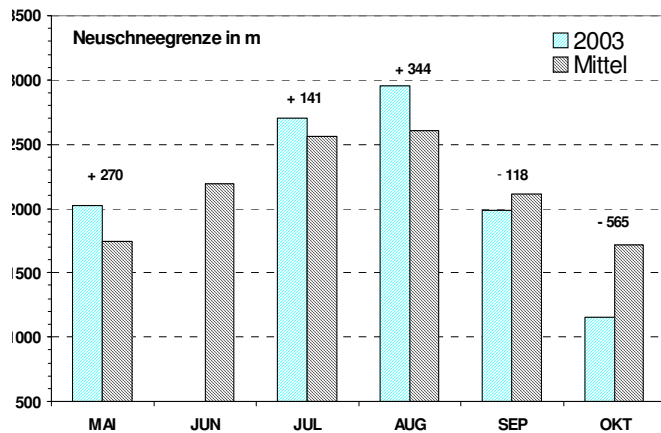


Abbildung 7: Höhenlage der Neuschneegrenze (2003); Vergleich Mittel (1985 – 2003) und Abweichung

Tabelle 4: Höhenlage der Neuschneegrenze in m (beobachtet von der Station Rudolfshütte Jahr 2003); Vergleich Mittel (1985 - 2003 bzw. * Mittel 1985 - 2002).

	Neuschneegrenze	Mittelwert	Abweichung
	2003	1985-2003	vom Mittel
Mai	2018	1748	+270
Jun	-	2195*	-
Jul	2705	2564	+141
Aug	2950	2606	+344
Sep	1990	2108	-118
Okt	1156	1721	-565

Der Monat September war kühl, die Ausaperung änderte sich kaum mehr. Am 10. September schneite es bis 2.450 m, am 11. 9. bis 1800 m herab; an der Rudolfshütte lagen am Abend 10 cm Neuschnee und am 12. 9. schneite es bis 2000 m, das Haushaltsjahr war damit endgültig beendet.

Wenn sich die übernormal warme Witterungsphase im September fortgesetzt hätte, wäre ein noch größerer Massenverlust eingetreten. Das Jahr 2003 war daher diesbezüglich insofern interessant, als es eine Vorstellung vom maximal möglichen jährlichen Massenverlust ermöglichte. Nimmt man eine Fortsetzung der Abschmelzung noch in den Oktober hinein an (z.B. endete das natürliche Haushaltsjahr 1986 am 19.10.), so ist bei den „derzeitigen“ Klimabedingungen eine jährliche spezifische negative Massenbilanz von größenordnungsmäßig -3,5 m bzw. -5 Mio. m³ denkbar.

Abbildung 1 zeigt, dass beim Stubacher Sonnblickkees entsprechend den niederschlagsreichen Klimabedingungen an der Nordseite der Hohen Tauern im ozeanisch-kontinentalen Übergang die bisherige Variabilität der Massenbilanzen zwischen 1959 und 2003 von +3,5 Mio. m³ (1965) bis -4,0 Mio. m³ (2003) schwankte.

4 Glazialhydrologische Verhältnisse 2003

4.1 Die Ursachen für die glazialhydrologischen Besonderheiten im Jahr 2003

Der im Jahr 2003 vom langjährigen Mittel deutlich abweichende Jahresgang des Abflusses (natürlicher Zufluss aus dem Einzugsgebiet des Weißsee) ist durch die Abschmelzung der Schneedecke (Ausaperung) entsprechend dem besonderen Witterungsverlauf im Frühjahr und Sommer und durch die unternormalen Niederschläge zu erklären.

4.1.1 Der Abfluss 2002/03 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee

Messungen durch die ÖBB im Kraftwerk Enzingerboden ergaben folgende monatliche Zuflüsse (natürlicher Zufluss ohne die Beileitung Nord) in den Speicher Weißsee (Tabelle 5):

Tabelle 5: : Monatlicher Abfluss 2002/03 und Abweichungen vom Mittel (1942 - 2003); Werte in 1000 m³

	2002/03	1942-2003	% vom Mittel		2002/03	1942-2003	% vom Mittel
Oktober 2002	436	651	67	Juli	3799	4281	89
November	236	180	131	August	1639	3599	46
Dezember	147	109	135	September	255	1845	14
Januar 2003	116	116	100	Oktober	186	651	29
Februar	86	85	101	November	128	180	71
März	108	86	126	Dezember	108	109	99
April	156	127	122				
Mai	1833	923	199	Hyd. Jahr 2002/03	13665	15057	91
Juni	4854	3055	159	Kalenderjahr 2003	13268	15057	88

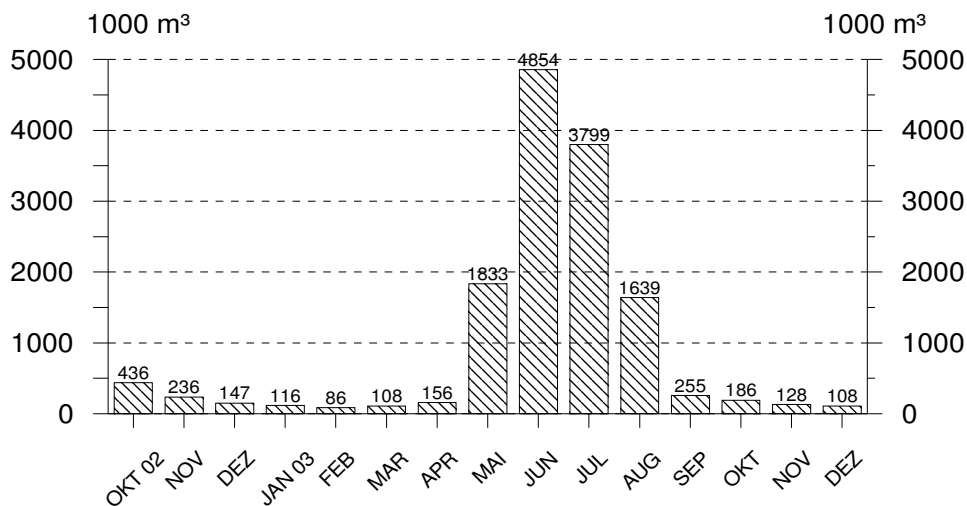


Abbildung 8: Monatliche Abflusssummen im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee 2002/03 (in 1000 m³)

Der Speicher Weißsee erreichte im Jahr 2003 schon am 4. August den Vollstau. Der Zufluss im hydrologischen Jahr 2002/03 lag mit 13,66 Mio. m³ unter dem langjährigen Mittel von 1942 bis 2003 (15,06 Mio. m³).

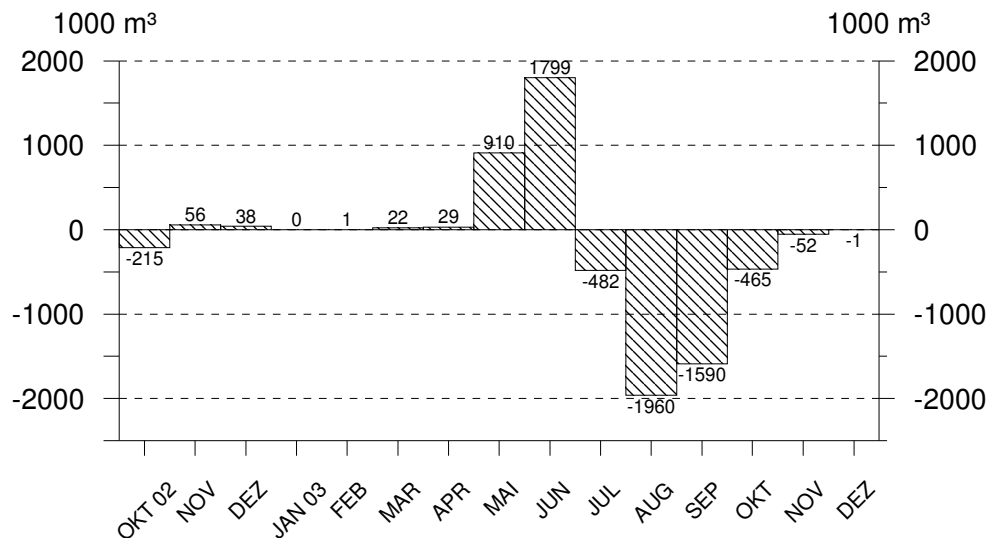


Abbildung 9: Abweichung der monatliche Abflusssumme vom langjährigen Mittel (1942 – 2003) in 1000 m³

Die Jahres-Abflusshöhe betrug 2.578 mm, die Abweichung -262 mm gegenüber dem Mittel von 2.840 mm (1942 -2003). Der Jahrgang zeigt bemerkenswerte Besonderheiten (Abbildung 8 und Abbildung 9): Das Maximum des Abflusses war im Juni. Im Mai und Juni traten große positive Abweichungen der monatlichen Abflusssummen auf, von Juli bis Oktober und insbesondere im August bzw. September wurden durchwegs zu geringe Zuflüsse in den Weißsee registriert.

4.1.2 Der Niederschlag 2002/03 bzw. 2003 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee

Das „Trockenjahr 2003“ ist aus den Niederschlagswerten deutlich ersichtlich.

Die Niederschläge im hydrologischen Jahr 2002/03 lagen an der Station Rudolfshütte mit 1.343 mm ca. 41 % unter dem Durchschnitt der Jahre 1981-2003 (2.260 mm). Es waren sowohl der hydrologische Winter mit einer Niederschlagssumme von 566 mm (Mittel 933 mm) als auch der Sommer mit 777 mm (Mittel 1.327 mm) zu trocken.

Der Winter war an der Station Rudolfshütte bis auf den Monat Jänner (153 % des Mittels) durchgehend zu trocken. Auch im hydrologischen Sommer kam es nur im Mai (53 %) zu überdurchschnittlichen Werten (Abbildung 10). Der Zeitraum Juni bis September war durchgehend signifikant zu trocken.

Die Totalisatorenmessungen im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee zeigen, mit Ausnahme des Totalisators Sonnblickkees in 2510 m Seehöhe vor dem Gletscherende, ebenfalls ein Defizit in den Jahressummen des Niederschlages (im Vergleich zu den Mitteln 1980 – 2003).

Im Mittel der Totalisatoren lag die Niederschlagssumme mit 86 % unter dem langjährigen Durchschnitt (Abbildung 11, und Tabelle 3). Die größte Abweichung bei allen Messstellen wurde mit -35 % am Ombrometer Rudolfshütte gemessen.

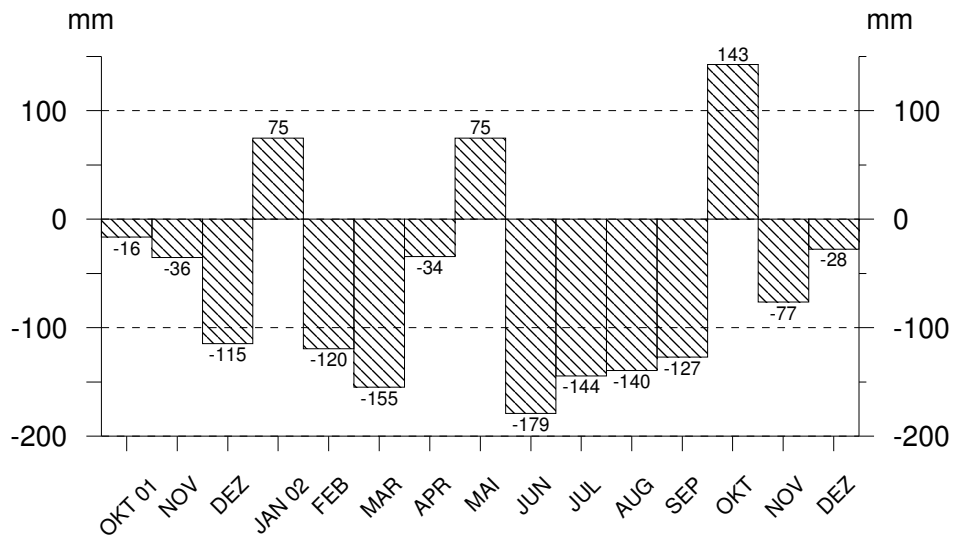


Abbildung 10: Station Rudolfshütte - Abweichungen der Monatssummen des Niederschlags vom Mittel 1981-2003 (in mm)

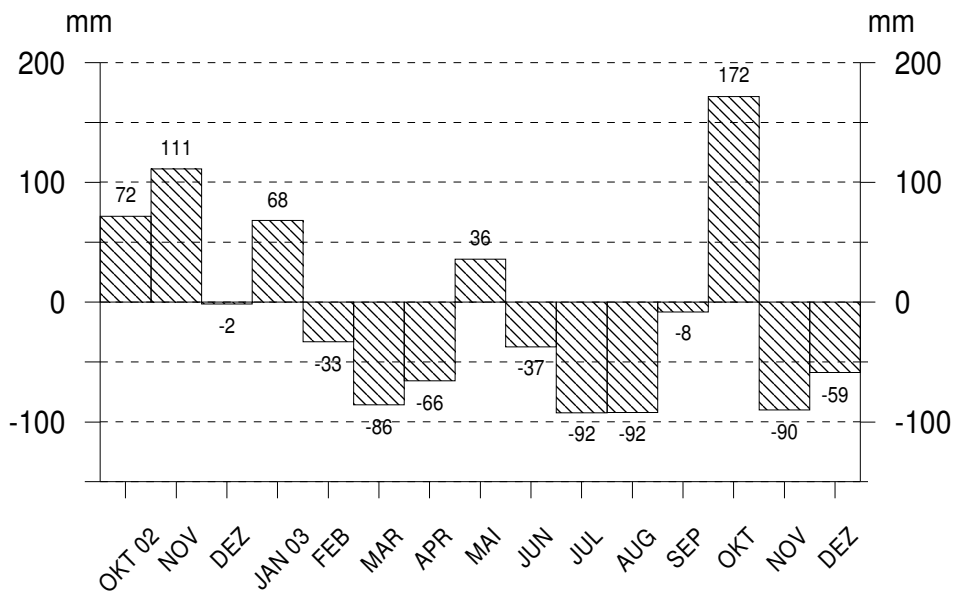


Abbildung 11: Abweichungen des Mittelwertes der Totalisatoren Weißsee, Kaiser Tauern und Sonnblickkees vom langjährigen Durchschnitt (1964 bis 2003) in mm 2002/03

Tabelle 6: Jahressummen des Niederschlages im Kalenderjahr 2003 (in mm), Abweichungen vom Mittel 1964 (bzw. 1981) bis 2003 und relativ zum Mittelwert (in %)

	2003	1964-2003	Abweichungen	% vom Mittel
Totalisator Weißsee (2.270m)	2270	2623	-352	87
Totalisator Kaiser Törl (2.390 m)	2182	2360	-178	92
Totalisator Sonnblickkees	2182	2184	-2	100
Totalisator Tauernmoos (2.040 m)	1505	1802	-297	84
Totalisator Landeckbach (2.040 m)	1151	1580	-429	73
Totalisator Beileitung Süd (2.040 m)	1692	1727	-35	98
Ombrometer Rudolfshütte (2.304 m)	1548	2367	-819	65
"Mittel der 6 Totalisatoren" 2003	2088	2441	-352	86

4.1.3 Die Besonderheiten des glazialhydrologischen Abflussgeschehen im Einzugsgebiet des Stausees Weißsee im Sommer 2003

Die überdurchschnittlichen Abflüsse im Mai und Juni (Abbildung 8 und Abbildung 9) sind eine Folge der starken Abschmelzung der Schneedecke im warmen Frühjahr; das wolkenarme, strahlungsreiche, warme Wetter (Abbildung 5) führte zu einem um 3,1 °C zu warmen Mai und 5,1 °C zu warmen Juni (Station Rudolfshütte).

Die winterliche Altschneedecke schmolz rasch ab, im Juni sogar verstärkt durch das Freilegen der Wüstenstaubschicht. Im Mai kam zum Schmelzwasser auch noch zusätzlich der Regenanteil des überdurchschnittlichen Niederschlages. Im Juni gab es überhaupt keine Unterbrechung durch Neuschneefälle (Abbildung 6 und Abbildung 7). Obwohl der Juni deutlich zu trocken war, trat die Spitze des monatlichen Abflusses schon im Juni und nicht im Juli oder August auf, die extrem warme Witterung beschleunigte den Abbau der Altschneedecke. Der geringer werdende Schneedeckenvorrat zusammen mit unternormalen Monatsniederschlägen führte zum Rückgang des Abflusses schon im Juli (Abbildung 9).

Im August war der Zufluss gegenüber dem Mittel sehr niedrig. Die Altschneedecke war weitgehend abgebaut, der Niederschlag war wieder zu gering. Die Kombination unterdurchschnittliche Niederschläge bei zu hohen Temperaturen führten im Juli und August zu einem unterdurchschnittlichen Anteil an Festniederschlägen.

Die starke Gletscherspende aufgrund der übernormal hohen Temperaturen – die Neuschneegrenze lag zumeist weit über dem Gipfelniveau (Abbildung 7) - konnte das Defizit nur verringern. Im September fiel nur im wärmeren ersten Monatsdrittel ein Teil des Niederschlages als Regen, schmolz die Neuschneedecke teilweise ab und wurde so abflusswirksam. Zwei Drittel des Septembers waren kühl und schneereich, der Neuschnee schmolz nicht mehr weg; dies ergab eine ebenfalls unternormale mittlere Abflusshöhe für den September. Insgesamt prägten in der Hauptsache unternormale Niederschläge und das fehlende bzw. sukzessive ausbleiben-

de Schmelzwasser aus der Altschneedecke die Monate Juli, August, September, der unternormale Abfluss konnte nur zum Teil vom Gletscherschmelzwasser kompensiert werden.

4.2 Berechnung der Größenordnung der hydrologischen Bilanz 2002/2003 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee

Für das 5,3 km² große Einzugsgebiet des Speichers Weißsee wurde wie schon in früheren Jahren versucht, die hydrologische Bilanz abzuschätzen - Abschätzung deswegen, weil vor allem die Vorratsänderung in den Altschnee- und Firnflecken nicht gemessen wird und nur grob bestimmt werden kann; gegenüber den gemessenen Parametern Abfluss, Niederschlag und Gletscherbilanz sind diese Beträge jedoch von geringerer Größenordnung. In Tabelle 7 sind die einzelnen Parameter der Wasserhaushaltsgleichung $N = A + V + (R - B)$ mit den berechneten und geschätzten Beträgen für 2002/2003 und der Fehlerschätzung angegeben.

Tabelle 7: Abschätzung der hydrologischen Bilanz im Einzugsgebiet Weißsee

	spezifisch (in mm)	Absolut (in m ³)	geschätzter Fehler
Niederschlag	2180	11570000	± 8,5 %
Abfluss	2558	13665000	± 5 %
Verdunstung	400	2120000	±25 %
Bilanz Stub. Sonnblickkees	-759	-4023703	±5 %
Bilanz Weißseekees	-27	-141400	±30 %
Firnflecken	-11	-58750	±30 %
Altschneeflecken	1,4	7500	±30 %

Der mittlere Jahresniederschlag (berechnet aus der Wasserhaushaltsgleichung) für das 5,3 km² große Einzugsgebiet des Speichers Weißsee betrug 2.183 mm ± 8,3 %. Die Gletscherspende war 797 mm oder 4.224.650 m³, das entspricht etwa 31% (!).

5 Einordnung des Jahres 2003 und Erkenntnisse

5.1 Die Massenänderung des Stubacher Sonnblickkeeses 1964 - 2003

Von den seit 1964 jährlich bestimmten 40 Massenbilanzen waren 18 positiv und 22 negativ. Im Zeitraum 1964 - 2003 betrug die kumulative Massenbilanz -14,4 Mio. m³ oder -10,3 m spezifische Bilanz (bzgl. aktueller Gletscherfläche).

Der Massenzuwachs von 1965 bis 1981 betrug 9,8 Mio. m³ (Spez. Bilanz: 5,5 m); seit 1982 wurden -24,2 Mio. m³ (Spezifische Bilanz: -17,4 m) abgebaut. Der Massenverlust seit 1959 betrug kumulativ -18 Mio. m³ oder -12,8 m spez. Bilanz (Abbildung 12).

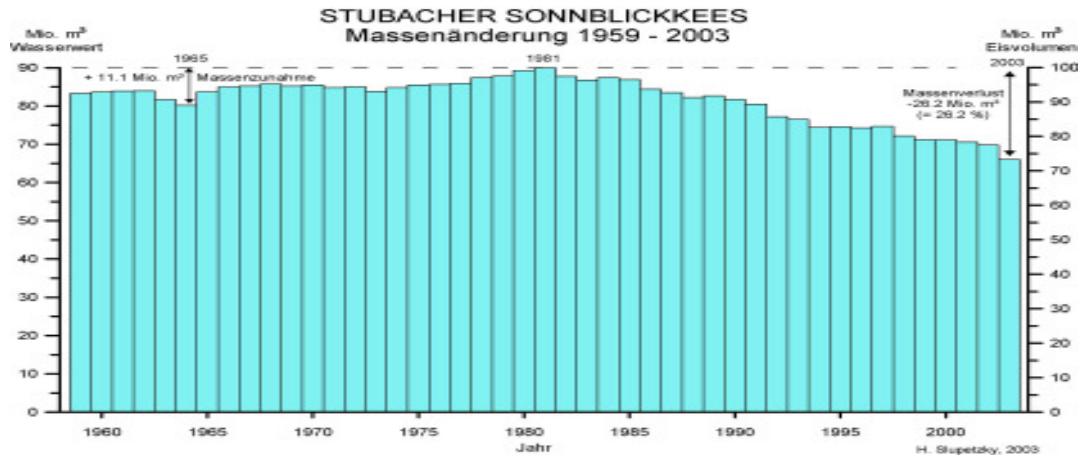


Abbildung 12: Massenbilanz - Summenkurve (ab 1964 gemessen, vor 1964 berechnet).

Auch wenn das Jahr 2003 einen (bisherigen) jährlichen Rekordverlust von 4 Mio. m³ brachte, so ist dies in Relation zu einem Gesamtverlust seit 1982 von 24 Mio. m³ nur ein Sechstel. Stärker geht die kumulative Wirkung der im Durchschnitt 1 Mio. m³ betragenden jährlichen negativen Bilanz ein. Würde sich dieser Trend fortsetzen (Abbildung 13), wäre das Stubaier Sonnblücke Mitte 2050 verschwunden. Da das Volumen des Gletschers nach neueren Berechnungen (LENTNER, 1999) geringer sein dürfte und zur starken Abschmelzung des Gletschers die Perforation durch ausschmelzende Felsen des Gletscherbettes, die den Eiszerfall beschleunigen, hinzukommt, könnte es bei einer Fortsetzung des gegenwärtigen Trends noch schneller gehen.

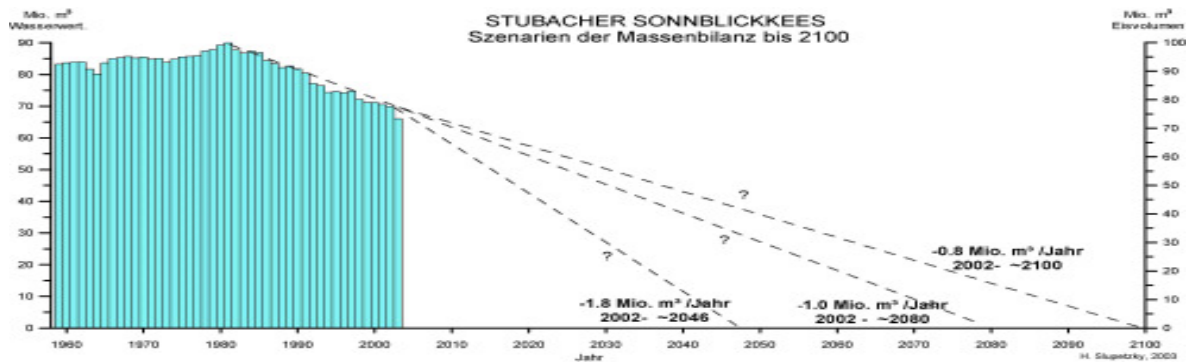


Abbildung 13: Massenbilanz Stubaier Sonnblücke – zukünftige Entwicklungsszenarien

5.2 Abfluss, Niederschlag und Gletscherspende

Der Zufluss in den Weißsee betrug im hydrologischen Jahr 2002/03 13,67 Mio. m³ und lag damit unter dem langjährigen Mittel (1942 – 2002) mit 15,06 Mio. m³. Dem entspricht eine Jahresabflusshöhe im Einzugsgebiet von 2.558 mm (Mittelwert 1942 - 2003 = 2.841 mm).

Der mittlere Jahresniederschlag (abgeschätzt aus der hydrologischen Bilanz) betrug für das Einzugsgebiet des Speichers Weißsee 2.183 mm ($\pm 8,3\%$). Eine vorläufige Berechnung des Mittels für die Zeit 1981 – 2001 (SLUPETZKY, 2003) ergab größenordnungsmäßig 3.100 mm. Im Jahr 2003 war daher die Niederschlagshöhe im Weißseegebiet um 900 bis 1000 mm oder um rund ein Drittel niedriger.

Aus der Wasserhaushaltsgleichung konnte eine Gletscherspende von 797 mm oder 4,2 Mio. m³, die sich aus dem Schmelzwasser des Gletschereises sowie der Firnfelder zusammensetzt, berechnet werden. Das entspricht 31 % und ist damit der bisherige Rekordwert der Messreihe. Für die Messreihe 1981 bis 2002 konnte eine mittlere jährliche Gletscherspende von rund 7 % pro Jahr berechnet werden (SLUPETZKY, 2003).

Das Jahr 2003 ist gut geeignet, Vorstellungen über die Gletscherspende bei zunehmender Klimaerwärmung und damit Abnahme der Gletscherflächen zu gewinnen. Bei der derzeitigen Vergletscherung des Einzugsgebietes Weißsee von ca. einem Drittel ist bei Jahren mit warmen und niederschlagsarmen Witterungsverhältnissen wie 2003 ebenfalls rund ein Drittel des gespeicherten Wassers im Weißsee „Gletscherspende“. Bei völliger Entgletscherung des Einzugsgebietes würde also ein Drittel weniger Wasser für die Energiegewinnung zur Verfügung stehen. Die ausgleichende Wirkung und Bedeutung vergletschelter Einzugsgebiete im Wasserkreislauf wird dadurch einmal mehr unterstrichen. Im Jahr 1850 am Ende einer Gletscherhochstandsperiode war das Weißseegebiet noch zu rund 70 % vergletschert.

Der für den Gletscher „katastrophale“ Sommer lässt sich auch anhand der maximalen Höhenlage der Gleichgewichtslinie („Schneegrenze“ am Ende des Haushaltsjahres) erläutern. Die Gleichgewichtslinie lag (rechnerisch) am 10.9.03 in einer Höhe von 2.990 m, um 151(!) m höher als die mittlere Höhenlage 1982 bis 2003 (2.839 m). Tatsächlich war eine solche „Grenze“ am Stubacher Sonnblickkees nicht mehr beobachtbar, sie lag reell über dem Nährgebiet bzw. über der Gipfelhöhe von 3.100 m.

6 Abflussverhältnisse 2003 an ausgewählten Bächen in den Hohen Tauern

6.1 Der Eis(l)bach und der Eisrandsee beim Stubacher Sonnblickkees

1990 zeigte sich zwischen der sich zurückziehenden Gletscherstirn des Stubacher Sonnblickkeeses und einem vorgelagerten Felsriegel zum erstenmal der „Eisrandsee“. 1994 wurde er geodätisch vermessen (Länge ca. 80 m, Breite ca. 30 m, Fläche 6762 m²) und im August 1998 bei Tiefenlotungen eine maximale Tiefe von 7,8 m ermittelt (SEITLINGER, 1999).

Der ungewöhnlich warme Sommer 2003 führte in Verbindung mit der starken Abschmelzung zu einer weiteren deutlichen Vergrößerung des Eisrandsees, der mittlerweile 203 m lang und 112 m breit geworden ist (Stand 2004).

Um die weitere Entwicklung und das Verhalten des Sees besser beobachten und studieren zu können, wurde im August 2002 am Ostufer des Eisrandsees in 2500 m Seehöhe der höchstgelegene Pegel des Hydrographischen Dienstes in Österreich errichtet und gleichzeitig ein weiterer Pegel zur Abflussbeobachtung am Eis(l)bach, über den der See derzeit während der Schmelzperiode hauptsächlich abfließt, installiert. Im September 2003 folgte die Errichtung eines zusätzlichen Pegels am ca. 6 m tiefer gelegenen Keesbach, über den der See derzeit zusätzlich zum Eis(l)bach subglazial entwässert. Hier fließt der See auch im Winter ab, was sich im Absenken des Seespiegels um einige Meter äußert. Es ist damit zu rechnen, dass sich der Eisrandsee bei einem weiteren Rückschmelzen der Gletscherstirn verlagern wird und in naher Zukunft zur Gänze über den Keesbach entwässert.

Beobachtungen im Sommer 2003 (Abbildung 14) zeigen rhythmische Schwankungen des Seespiegels (W) während Schmelzperioden sowie einen ausgeprägten Tagesgang der Wassertemperatur (WT).

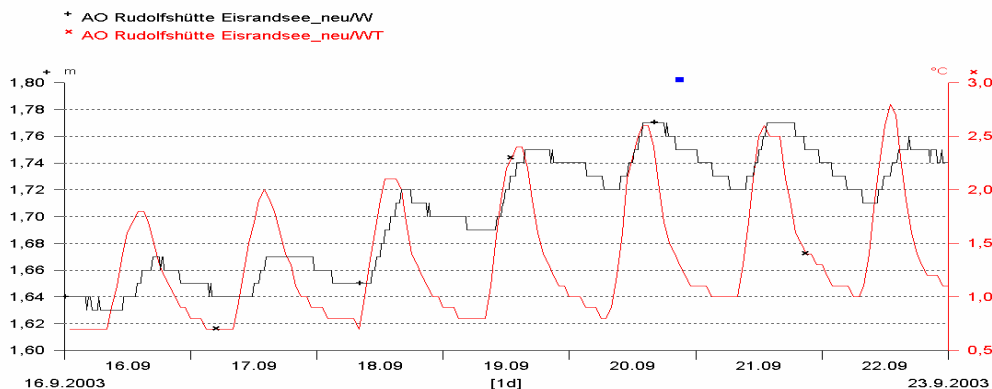


Abbildung 14: Tagesgang des Wasserstandes und der Wassertemperatur am Eisrandsee

Die Beobachtungen an den installierten Pegeln sind noch zu kurz bzw. noch mit entsprechenden Anfangsschwierigkeiten (Pegelausfälle etc.) behaftet, um zuverlässige Aussagen über Trends und Entwicklungen machen zu können, sie ergänzen jedoch die schon bestehenden Wasserhaushaltsmessungen (Ombrometer, Totalisatoren, Zufluss Speicher Weißsee) und werden zu einer weiteren Verbesserung in der Berechnung der hydrologischen Bilanz führen.

In Kombination mit Beobachtungen in anderen stark vergletscherten Einzugsgebieten (z. Bsp. Vernagtferner, Obersulzbachkees, Goldbergkees) könnten aber auch wertvolle Aufschlüsse über Veränderungen im hochalpinen Wasserhaushalt als Reaktion auf die Klimaerwärmung gewonnen werden.

6.2 Der Obersulzbach

6.2.1 Pegel Kees/Obersulzbach

Am Pegel Kees/Obersulzbach, der 1988 auf einer Seehöhe von 2060 m und rund 600 m vom damaligen Gletschertor des Obersulzbachkeeses entfernt errichtet wurde, werden Wasserstands- und Abflussbeobachtungen durchgeführt. Der Gletscher hat sich seit Errichtung des Pegels weiter zurückgezogen und endet nunmehr oberhalb der Felsstufe der ehemaligen „Türkischen Zeltstadt“. In naher Zukunft ist daher geplant, den bestehenden Pegel wieder in die unmittelbare Nähe des Gletschers zu verlegen um ein möglichst hoch vergletschertes Einzugsgebiet zu erfassen. Das Einzugsgebiet am bestehenden Pegel beträgt 19,2 km² und ist (derzeit) zu rund 70 % vergletschert.

Die vorläufige Abfluss-Auswertung des Jahres 2003 zeigt am Pegel Kees deutliche Abweichungen (Abbildung 15) gegenüber dem langjährigen Mittel (1990 – 2002), die besonders hoch in den Monaten April und Mai ausfielen. Die Ursache dafür liegt in der früh einsetzenden Schneeschmelze.

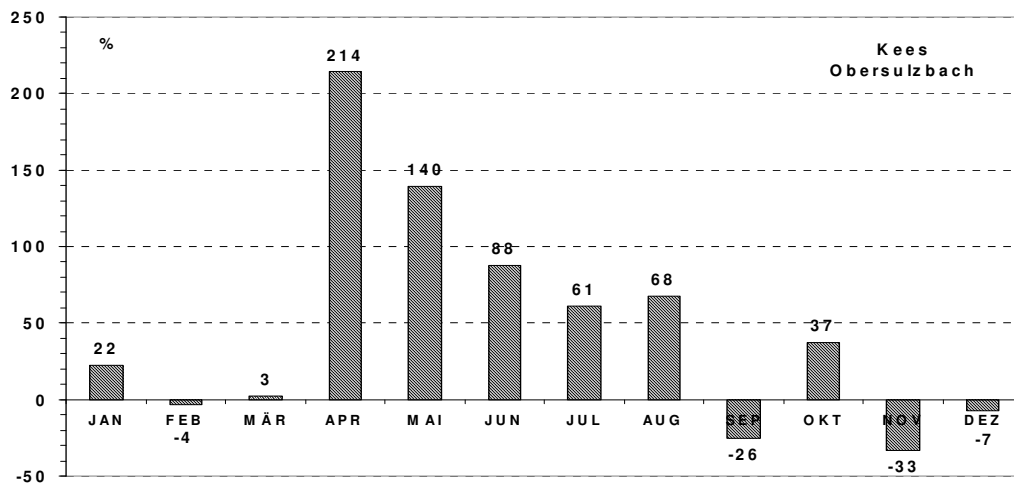


Abbildung 15: Abweichungen des Abflusses 2003 Pegel Kees/Obersulzbach vom langjährigen Mittel in %

Ebenso auffällig sind die hohen Abflusspenden in den Sommermonaten Juli und August, die ihre Ursache in der starken Gletscherschmelze haben. Die monatlichen Mittelwerte der Abflusspenden nehmen jedoch mit größer werdendem Einzugsgebiet und geringer werdendem Anteil der Vergletscherung deutlich ab (Abbildung 16).

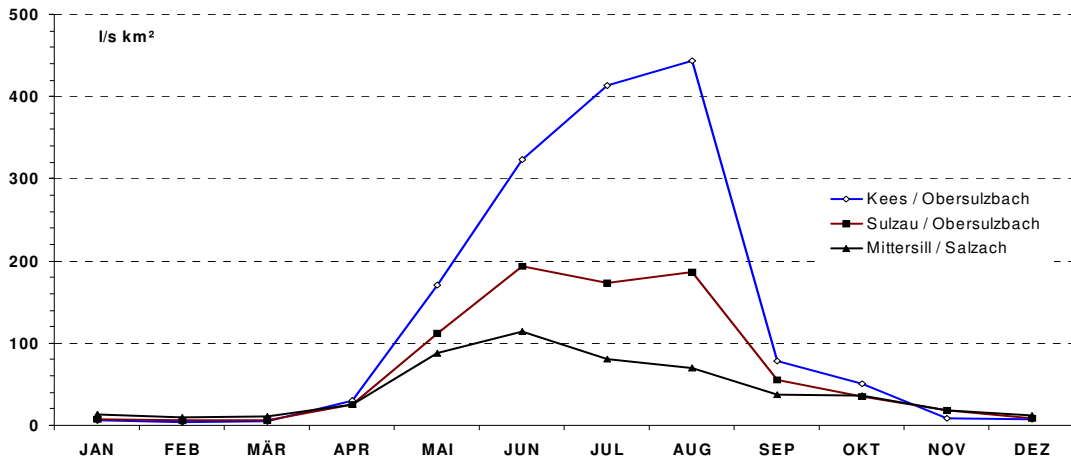


Abbildung 16: Abflusspendenvergleich in l/skm² (2003)

Am 13. August 2003 (heißester Tag des Jahres) wurde am Pegel Kees mittels Flügelmessung unter erschwerten Bedingungen (Umströmen des Pegels) ein Abfluss von über 15 m³/s gemessen. Dies entspricht einer Abflusspende von ca. 780 l/skm², die zum überwiegenden Teil vom Gletscher stammte, da die unvergletscherten kleineren Zubringer kaum Wasser führten.

6.2.2 Pegel Sulzau/Obersulzbach

Rund 1,5 km von der Mündung in die Salzach entfernt liegt der Pegel Sulzau auf einer Seehöhe von 882 m. Die Einzugsgebietsfläche am Pegel beträgt 80,7 km², davon sind ca. 20 % vergletschert.

Auch hier sind die positiven Abweichungen vom langjährigen Mittel (1990 – 2002) im Zeitraum April bis August erkennbar, die im Vergleich zum höhergelegenen Pegel Kees aber geringer ausfielen (Abbildung 17).

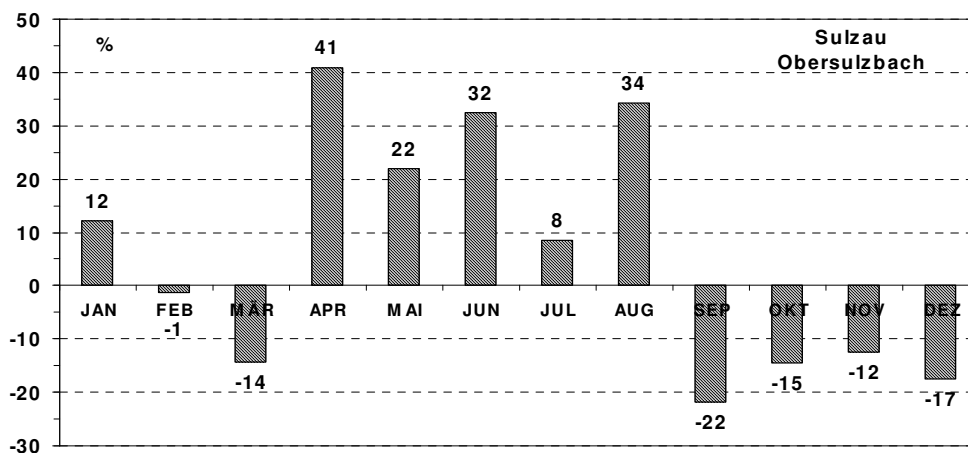


Abbildung 17: Abweichungen des Abflusses 2003 am Pegel Sulzau/Obersulzbach vom langjährigen Mittel in %

Der Einfluss der Vergletscherung zeigt sich in Verlauf und Höhe der monatlichen Abflussspenden benachbarter Einzugsgebiete (Abbildung 18). Die Habache mit ca. 5 % Vergletscherung im Einzugsgebiet zeigt bereits einen niedrigeren Spendenverlauf als der Obersulzbach (Gletscheranteil ca. 20 %), während der linksufrige Salzachzubringer Mühlbach, der aus den unvergletscherten Kitzbühler Alpen kommt, im Juli und August aufgrund der fehlenden Niederschlagsereignisse nur geringe Abflussspenden aufweist.

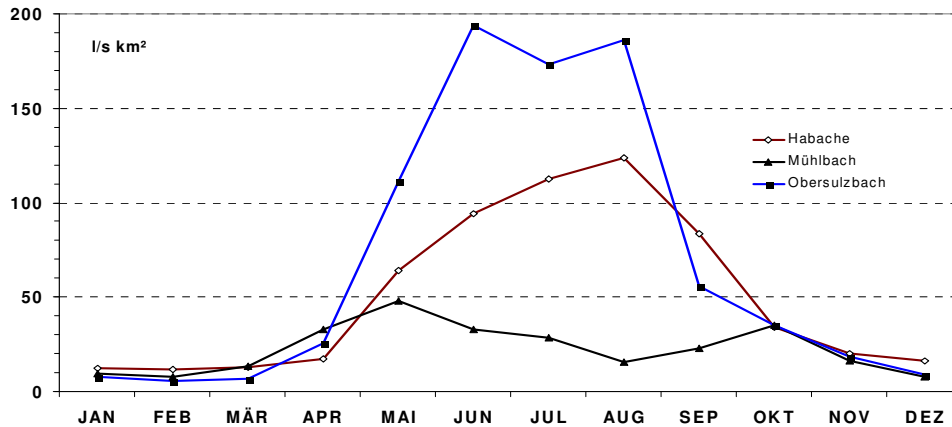


Abbildung 18: Abflussspendenvergleich benachbarter Salzachzubringer in l/s km² (2003)

7 Die Salzach

Die Salzach, deren Ursprung F.M. Vierthaler 1796 in seiner „Geographie von Salzburg“ in den Kitzbühler Alpen am Salzachgeier festlegte, ist in ihrem Oberlauf bis Mittersill deutlich von den rechtsufrig einmündenden „Tauernachen“ (Krimmler Ache, Obersulzbach, Untersulzbach, Habache, Hollersbach) geprägt, die aus mehr oder weniger vergletscherten Einzugsgebieten kommen. Die linksufrigen Zubringer sind unvergletschert und weisen daher eine völlig andere Abflusscharakteristik (Abb. 18, sh. Mühlbach) auf. Die Verteilung der monatlichen Abflüsse (Reihe 1950 – 2000) an den Pegeln Wald (wirksames Einzugsgebiet $E_w = 134,7 \text{ km}^2$) und Mittersill ($E_w = 551,9 \text{ km}^2$) weist ein Maximum im Juni, gefolgt von den Monaten Juli und Mai, auf.

Die Jahreswasserfracht der Salzach weicht 2003 im Bereich der beiden Pegel nur gering vom langjährigen Mittel ab. Markant sind die positiven Abweichungen April bis Juni, die mit den positiven Abweichungen der Tauernachen (Obersulzbach) übereinstimmen (Abbildung 19). Im Juli und August lag die Wasserführung aufgrund der fehlenden Niederschläge unter dem Mittel, der Mangel wurde jedoch zum Teil durch die erhöhte Gletscherschmelze (vgl. Obersulzbach) gemindert.

Im Abflussspendenvergleich (Abbildung 20) ist der Einfluss der Tauernachen auf die Salzach insbesondere im Monat August gut feststellbar.

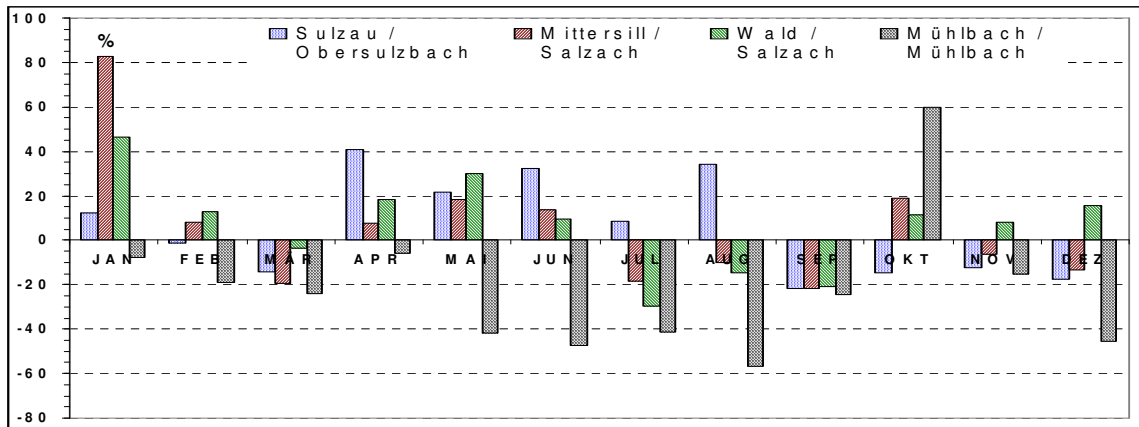


Abbildung 19: Abweichungen des Abflusses 2003 vom langjährigen Mittel in %

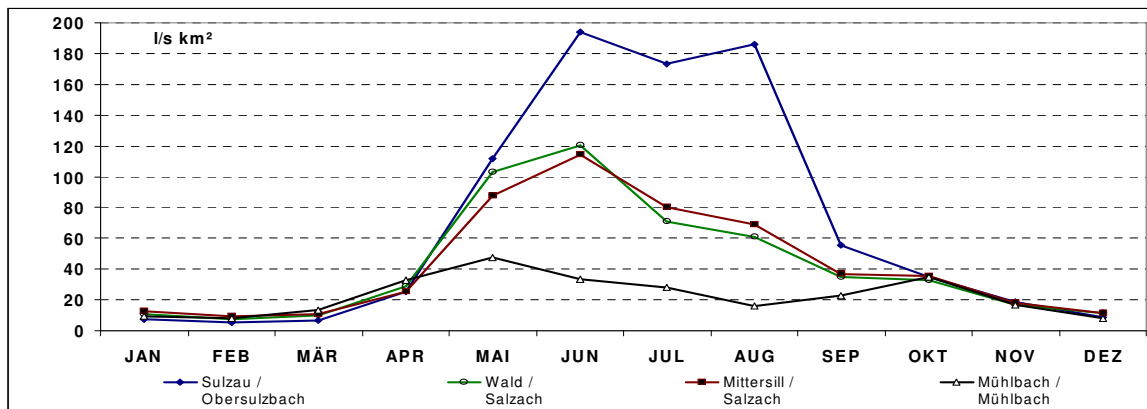


Abbildung 20: Abflusspendenvergleich der Salzach und ausgewählter Zubringer in l/s km² (2003)

Im August 2003 wurden im Nahbereich der Gletscher (Obersulzbachkees) Abflusspenden von mehr als 700 l/s km² und an der Mündung (Obersulzbach) in die Salzach immer noch beachtliche 250 l/s km² gemessen. Im weiteren Verlauf der Salzach nahmen die Abflusspenden mit zunehmender Einzugsgebietsgröße deutlich ab (Mittersill 70 l/s km², Werfen 35 l/s km², Salzburg 33 l/s km²).

Der Einfluss der vergletscherten Einzugsgebiete auf die Wasserführung gewinnt in niederschlagsarmen Sommern relativ an Bedeutung, im August 2003 stammten an manchen Tagen ca. 25 – 30 % des Gesamtabflusses der Salzach in Salzburg aus vergletscherten Einzugsgebieten.

8 Literaturhinweise und Quellen:

- GÜNTHER, R., 1982: Möglichkeiten zur Berechnung des Massenhaushaltes am Beispiel Mittel- und Nordeuropäischer Gletscher und deren Verhalten 1949/50 - 1978/79. Diss. Math.Naturw. Fak. Univ. Bonn, 214 S.
- LENTNER, S., 1999: Volumsbestimmung von Gletschern der Ostalpen mittels Radardaten. Dipl. Arbeit Naturw. Fakultät Univ. Innsbruck, Juni 1999, 65 S.
- PINTERITS, S. und St. Siller, 2004: Das Sonnblickkees in den Jahren 1982, 1999 und 2003. Projekt im GIS – Praktikum von B. Zagel und G. Greisebner WS 2003/04, 14 S. (unveröff.).
- SCHÄR, Ch., P.L. VIDALE, D. LÜTHI, Ch. FREI, Ch. HÄBERLI, M.A. LINIGER, Ch. APPENZELLER, 2004: The role of increasing temperature variability in European Summer heatwaves. NATURE, Vol. 427 Jan. 2004 p. 332 - 336
- SEITLINGER, G.,: Neu entstandene natürliche Seen im Nationalpark Hohe Tauern – Salzburger Anteil. Dipl. Arbeit Naturwissenschaftliche Fakultät Univ. Salzburg, Juni 1999, 95 S.
- SLUPETZKY, H. und G. EHGARTNER, 2004: Programm „Wasser- und Eishaushaltsmessungen im Stubachtal“ (Massenbilanzmessreihe Stubacher Sonnblickkees), Ergebnisbericht für 2003 (unpubl.).
- SLUPETZKY, H., 2003: Der „wahre“ Niederschlag im Hochgebirge am Beispiel des Einzugsgebietes Weißsee im Oberen Stubachtal, Hohe Tauern (bei der Rudolfshütte). Vortragsmanuskript.
- SLUPETZKY, H., 1997: Die Gletscher auf den topographischen Karten 1:5000 im Gebiet der Nationalpark-Forschungsstelle Rudolfshütte (Stubachtal, Hohe Tauern) von 1990. Wiss. Mitt. aus dem Nationalpark Hohe Tauern Bd. 3 (1997), S. 137 – 162.
- SLUPETZKY, H., 1989: Die Massenbilanzmessreihe vom Stubacher Sonnblickkees 1958/59 bis 1987/88. Z. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, Bd. 25, H. 1 (1989), S. 69 – 89.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Heinz Slupetzky
Univ. Prof. i.R. der Universität Salzburg
Fachbereich Geographie, Geologie
und Mineralogie
Hellbrunnerstrasse 34
5020 Salzburg

Dipl. Ing. Hans Wiesenegger
Amt der Salzburger Landesregierung
Hydrographischer Dienst
Michael Pacherstrasse 36
5020 Salzburg

email: Heinz.Slupetzky@sbg.ac.at

email: Hans.Wiesenegger@salzburg.gv.at

Regionale hydrologische Untersuchungen in Österreich

Günter Blöschl, Ralf Merz, Gregor Laaha, Juraj Parajka, Jon Skøien

1 Einleitung

In den letzten Jahren wurden an der Technischen Universität Wien (TU) zahlreiche Projekte zur regionalen Hydrologie in Österreich durchgeführt. Dieser Beitrag fasst diese Arbeiten unter dem Blickpunkt der praktischen Anwendungen zusammen. In der regionalen Hydrologie geht es zum einen um synoptische Untersuchungen, bei denen eine Kenngröße oder ein Prozess in gleicher Weise für ganz Österreich ausgewertet wird. Dies erlaubt eine Zusammenschau der Unterschiede der verschiedenen Klimaregionen und einen Vergleich von Regionen charakteristischer hydrologischer Eigenschaften. Zum anderen hat die regionale Hydrologie auch die Zielsetzung, hydrologische Kenngrößen für kleine Gebiete zu bestimmen, in denen keine Messungen vorliegen. Dies erfolgt durch regionale Übertragung aus benachbarten Gebieten.

Der Ausgangspunkt der regionalen Hydrologie an der TU war ein Methodischer. Anfang der 90er Jahre wurde international klar, dass Skalenfragen für die Hydrologie generell von zentraler Bedeutung sind, jedoch viele Aspekte ungeklärt waren. Bei den Skalenfragen ist vor allem die Übertragung von Punktmessungen auf Gebiete von Interesse. Im Rahmen der Beschäftigung mit diesem Thema entstand eine Habilitation und zahlreiche Publikationen (Blöschl 1996; z.B. Blöschl and Sivapalan, 1995; Blöschl, 1999). Zu diesem – vor allem methodischen – Thema läuft an der TU seit 2000 ein von der ÖAW gefördertes Projekt (Skalierungsprobleme in der Hydrologie, HÖ18/00), im Rahmen dessen geostatistische Regionalisierungsansätze entwickelt und flächendetaillierte hydrologische Modelle weiterentwickelt werden (Skøien et al, 2003; Chirico et al., 2005). Diese eher theoretischen Arbeiten sind eine Grundlage für die im weiteren ausgeführten praxisrelevanten Untersuchungen der regionalen Hydrologie zur Regionalisierung von Hochwasserkenngrößen, Extremniederschlägen, Ereignisabflussbeiwerten, Niederwasserkenngrößen und zur regionalen Wasserbilanzmodellierung.

2 Hochwasser

Der Arbeitsschwerpunkt der regionalen Hochwässer beschäftigt sich vor allem mit der Bestimmung von n-jährlichen Hochwasserdurchflüssen für Gebiete ohne Abflussmessungen sowie mit der Extrapolation von Hochwasserdurchflüssen auf große Jährlichkeiten. Im Rahmen eines von der EU in den Jahren 1998-2001 geförderten Projektes (Flash-flood risk assessment under the impacts of land use changes and river engineering works, FRAMEWORK ENV4-CT97-0529) entstanden zahlreiche vergleichende Auswertungen verschiedener Methoden der Hochwasserregionalisierung. Ein Beispiel zeigt Abbildung 1: Ein neu entwickeltes geostatistisches Verfahren, das in der Lage ist, auch kurze Hochwasserreihen zu berücksichtigen (Kriging), ein Verfahren auf Basis von Mehrfachregression mit Einzugsgebietskenngrößen (multiple regression), eine Kombination der beiden ersten Verfahren (Georegression) sowie ein Verfahren, das auf der Ähnlichkeit von Einzugsgebietskenngrößen beruht (ROI). Die Auswertungen zeigen, dass das neue geostatistische Verfahren besser als die anderen Verfahren abschneidet. Es ist auch robust und deshalb für überschlägige Abschätzungen der n-jährlichen Hochwässer gut geeignet. Derzeit wird es als abgekürztes Verfahren für einen Leitfaden zum Nachweis der Hochwassersicherheit von Talsperren (ein seit 2000 vom BMLFUW beauftragtes Projekt) verwendet. Allerdings ist die Unschärfe bei allen untersuchten Regionalisierungsverfahren wegen der kleinräumigen hydrologischen Variabilität noch immer ziemlich groß. Deswegen laufen seit 2000 an der TU Arbeiten zur Verbesserung dieser Regionalisierungsansätze. Ein erster Schritt bestand darin, Extremniederschläge bei der Regionalisierung einzubeziehen (z.B. mittels des Gradex-Verfahrens, Merz et al. 1999). Darüber hinausgehend ist es aber auch wichtig, die Prozesse im Gebiet weitergehend zu beschreiben. Damit beschäftigte sich ein von der ÖAW 1997 – 2000 gefördertes Projekt (Abflußtypen-Klassifizierung als Basis für die Regionalisierung von Hochwässern, HOE 12/97) und ein vom FWF in den Jahren 2000-2003 gefördertes Projekt (Prozessursachen regionaler Hochwasserwahrscheinlichkeiten, P14478-TEC). Im FWF-Projekt wurde eine große Zahl von Hochwässern in Österreich in Hinblick auf ihre Entstehungsmechanismen untersucht und in vier Typen klassifiziert: Hochwässer zufolge langer Niederschläge, Hochwässer zufolge kurzer Niederschläge, Hochwässer aufgrund von Gewittern, Regen-auf-Schnee-Ereignisse und Schneeschmelzhochwässer. 43% aller untersuchten Jahreshöchsthochwässer waren Hochwässer zufolge langer Niederschläge, nur 3% waren Schneeschmelzhochwässer. Es zeigten sich deutliche regionale Unterschiede in der Häufigkeit der Prozesstypen (Abbildung 2). Ereignisse zufolge langer Niederschläge treten gehäuft am Alpennordrand auf, zufolge kurzer Niederschläge südlich des Alpenhauptkamms, Gewitter gehäuft in der Steiermark und im südlichen Burgenland, Regen-auf-Schnee-Ereignisse vor allem nördlich der Donau und Schneeschmelze in den höheren Gebieten Österreich. Die statistischen Eigenschaften der Hochwasserkollektive, aufgegliedert nach

Prozesstypen, zeigen deutliche Unterschiede, was die Bedeutung des Einbeziehens der Prozesstypologisierung in Hochwasserschätzungen belegt. In der im Rahmen dieses Projektes entstandenen Dissertation von Merz (2002) sind für alle untersuchten 11518 Hochwasserereignisse die Prozesstypen angegeben.

Die in diesen Untersuchungen gewonnenen Erfahrungen werden derzeit in zweierlei Weise praktisch umgesetzt. Derzeit ist an der TU in Kooperation mit dem BMLFUW ein Softwarepaket zur Regionalisierung von n-jährlichen Hochwässern in Entwicklung. Eine Vorversion zur Hochwasserstatistik für Pegelinzugsgebiete ist fertiggestellt und frei erhältlich. Die Vollversion soll in Kürze fertiggestellt sein. Die Philosophie bei diesem Softwarepaket ist, dass es ein Tool zur raschen Bestimmung von n-jährlichen Hochwässern in unbeobachteten Gebieten ist, das es den Bearbeitern ermöglicht, ihr Fachwissen einzubeziehen. Es ist also eine Sammlung von Tools, die Auswahl der Methode erfolgt durch die Bearbeiter. Die zweite Umsetzung der Erfahrungen erfolgt in einem durch das BMLFUW 2004 beauftragen Projekt (Bestimmung von Hochwasserrisikoflächen in Österreich - HORA), bei dem für das gesamte Gewässernetz Österreichs n-jährliche Hochwässer ermittelt werden. Dies erfolgt auf Basis der entwickelten Methoden und der Einschätzung der Sachbearbeiter von Fall zu Fall.

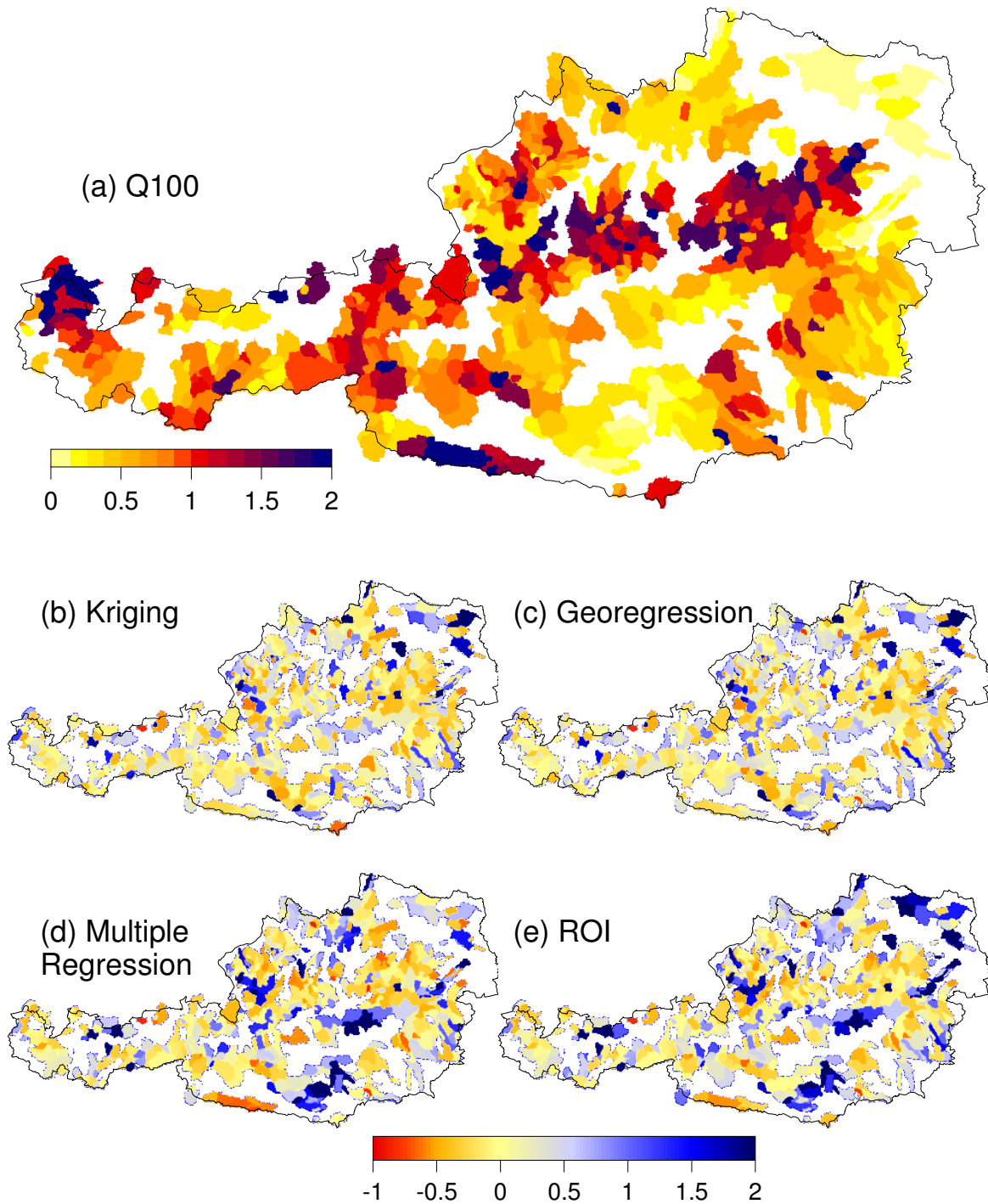


Abbildung 1: (a) 100-jährliche Hochwasserspenden (H_q100) in österreichischen Pegelinzugsgebieten, abgeleitet aus Abflussdaten der Jahre 1951-1999 (Werte in $m^3/s/km^2$); (b-e) Kreuzvalidierung verschiedener Regionalisierungsverfahren für das H_q100 für ohne Abflussmessungen. Rot bedeutet Unterschätzung, blau Überschätzung und gelb bedeutet eine genaue Schätzung. Aus Merz and Blöschl (2005).

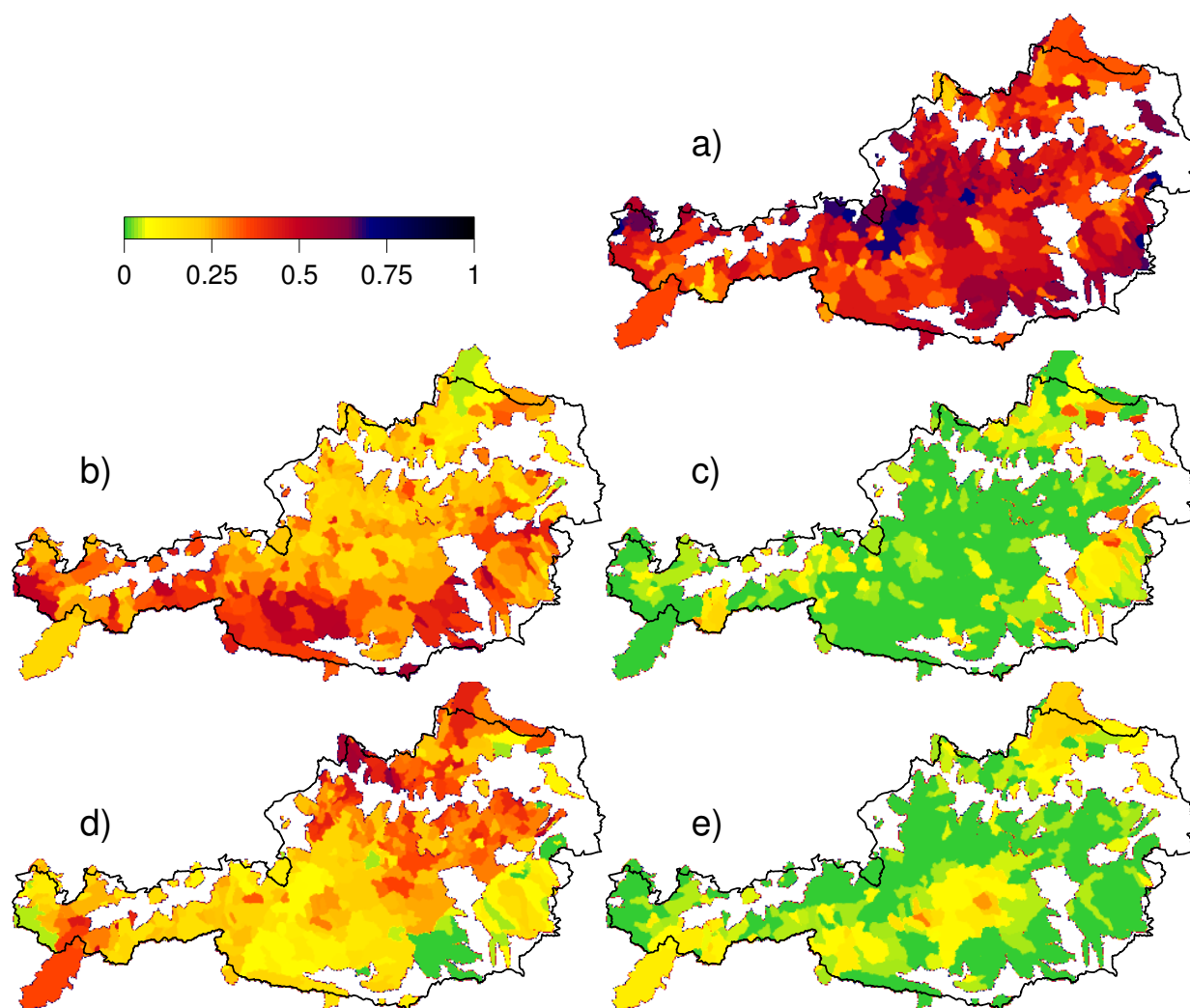


Abbildung 2: Relative Häufigkeit von Prozesstypen von 11518 Hochwasserereignissen der Jahre 1971-1997. Die Prozesstypen sind (a) Hochwässer zufolge langer Niederschläge, (b) Hochwässer zufolge kurzer Niederschläge, (c) Hochwässer aufgrund von Gewittern, (d) Regen-auf-Schnee-Ereignisse und (e) Schneeschmelzhochwässer. Ein großer Wert der Häufigkeit besagt, dass das Jahreshochwasser oft auf diesen Typ zurückzuführen ist. Aus Merz and Blöschl (2003a).

3 Extremniederschlag

Im Zusammenhang mit der Bestimmung von Hochwasserkenngößen war auch der Niederschlag von großem Interesse. Hier wurden zahlreiche statistische Untersuchungen durchgeführt, z.B. die Bestimmung der Saisonalität der Extremniederschläge (im Rahmen eines durch das BMLFUW beauftragten und 2001 durchgeführten Projektes – Erstellung von drei Karten für den Hydrologischen Atlas von Österreich, Merz und Blöschl, 2003b) und Analysen der Extremwerte des Niederschlags. Hier wurde auf eine Datenbasis zurückgegriffen, die von Prof. Gutknecht und DI Watzinger zusammengestellt wurde. Im Rahmen der zuvor

beschriebenen Hochwasserprojekte wurden u.a. Hüllkurven ausgewertet. Dabei wurden die größten beobachteten Niederschläge jeder Region für bestimmte Niederschlagsdauerstufen mit geostatistischen Verfahren regionalisiert (Abbildung 3). Ein Vergleich der Dauerstufen zeigt deutlich, dass sich die räumlichen Muster der Extremniederschläge markant mit der Dauer ändern. Kurzzeitige Niederschläge (30 Minuten, 3 Stunden) sind vor allem im südlichen Burgenland und der Oststeiermark sehr groß. Bei zunehmender Dauer werden die Staueffekte des Alpennordrandes wirksam und die Maxima der Extremniederschläge verschieben sich an den Alpennordrand, wie der Vergleich mit Tagesniederschlägen in Abbildung 4 zeigt.

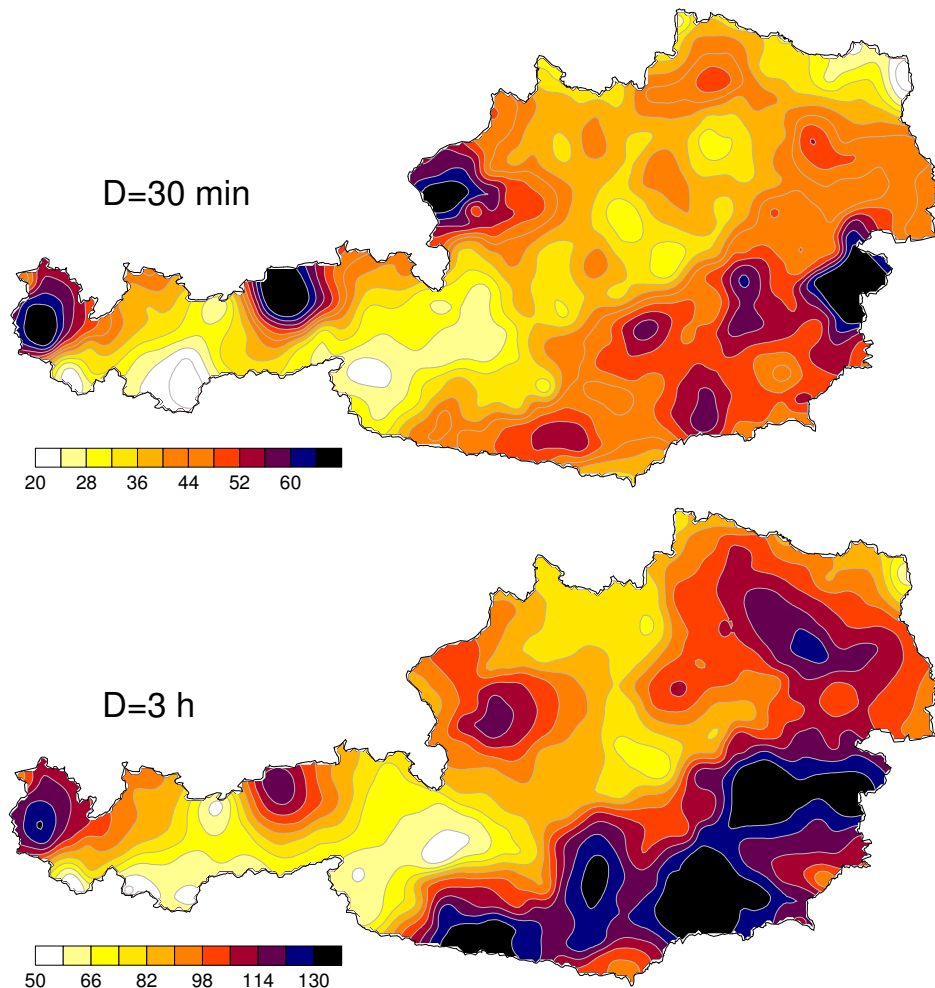


Abbildung 3: Hüllkurven des Niederschlags für Dauerstufen 30 Minuten und 3 Stunden, ermittelt aus den größten beobachteten Starkniederschlägen der Jahre 1948-1993 (Werte in mm).

Es ist möglich, den in Abb. 3 dargestellten Hüllkurven näherungsweise eine Jährlichkeit zuzuordnen. Unter der Annahme der statistischen Unabhängigkeit der Einzelwerte (die vor allem bei kurzen Ereignissen als zutreffend angesehen werden kann) lässt sich aus der Stationsanzahl und der Reihenlänge die Jährlichkeit mit etwa 500 Jahren einschätzen. Der Vergleich mit den statistischen Auswertungen der Tagesniederschläge in Abbildung 4 deutet auf die Plausibilität dieser Einschätzung hin.

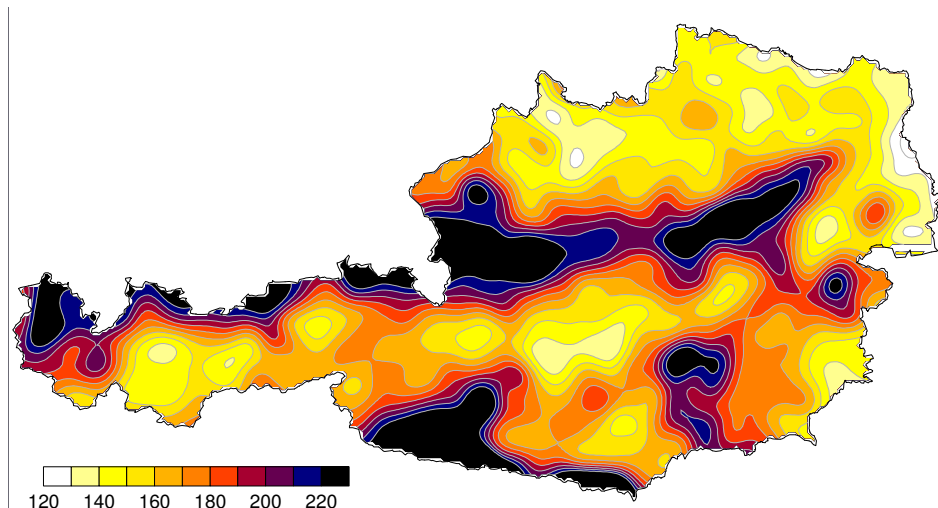


Abbildung 4: 5000 jährliche Niederschläge, extrapoliert aus Tagesdaten des Niederschlags der Jahre 1900-2000 unter Verwendung einer Gumbelverteilung (Werte in mm).

Die hier durch Hüllkurven oder statistische Auswertungen von Stationsniederschlägen gewonnenen Werte sind bei der Umwandlung in Gebietsniederschläge abzumindern. Sivapalan und Blöschl (1998) zeigen, dass der Abminderungsfaktor vom Niederschlagstyp abhängt und mit der Jährlichkeit abnimmt. Sie schlagen ein Verfahren vor, mit dem der Abminderungsfaktors aus der räumlichen Korrelationsstruktur der Niederschläge abgeleitet werden kann.

4 Ereignisabflussbeiwerte

Neben dem Niederschlag ist auch die Abflusswirksamkeit der Gebiete zentral für die Größe von Hochwässern. Die Abflusswirksamkeit kann näherungsweise durch den Ereignisabflussbeiwert (Verhältnis von Ereignisabflusshöhe und Ereignisniederschlag) beschrieben werden. Im Rahmen eines durch das BMLFUW beauftragten Projektes (Analyse regionaler Ereignisabflussbeiwerte in Österreich) wurden stündliche und tägliche Niederschlagsdaten sowie stündliche Abflussdaten in 345 Einzugsgebieten mit einer Fläche zwischen 80 und 10000 km² ab dem Jahr 1981 ausgewertet. Schneerückhalt und Schneeschmelze wurden berücksichtigt. Durch Basisabflussabtrennung und Ereignisabtrennung wurden Ereignisabflusshöhen bestimmt und mit den Ereignisniederschlagshöhen verglichen woraus sich die Ereignisabflussbeiwerte ergaben. Insgesamt wurden ca. 50.000 Ereignisse ausgewertet (Merz et al., 2004). Die Auswertungen in Abbildung 5a zeigen die mittleren Abflussbeiwerte für Ereignisse mit einer Niederschlagshöhe größer als 50 mm. Am Alpennordrand sind die Abflussbeiwerte am größten, mit Werten von oft größer als 0.5. In Ostösterreich (Weinviertel, Marchfeld, nördliches Burgenland) sind die Abflussbeiwerte am kleinsten (im Mittel über die untersuchten Ereignisse kleiner als 0.1). Im Waldviertel und Mühlviertel sind die Abflussbeiwerte im Mittel um 0.2, und ähnliche Werte ergeben sich für die Steiermark und das südliche Burgenland. Im südlichen Kärnten und in den Karawanken sind

die Abflussbeiwerte im Mittel ca. 0.5, ebenso in den hochalpinen Gebieten Tirols südlich des Inns und in Osttirol.

In einer weiteren Analyse wurden verschiedene Einflussgrößen auf die Abflussbeiwerte untersucht. Sowohl eine Zunahme der Ereignisniederschlagshöhe als auch der Vorbefeuchtung erhöhen die Abflussbeiwerte markant. Ereignisse, bei denen der Anteil an der Schneeschmelze groß ist, haben im Durchschnitt wesentlich größere Abflussbeiwerte als Ereignisse, bei denen dies nicht der Fall ist.

Außerdem wurde das in der Praxis gängige SCS-CN-Verfahren getestet. Die Intention des SCS-CN-Verfahrens ist, den Ereignisabflussbeiwert für Einzugsgebiete ohne Abflussmessungen als Funktion des Ereignisniederschlages und einer Kurvennummer zu berechnen. Die SCS-Kurvennummern CN sind ein Index für das Abflussverhalten eines Gebietes. In DVWK (1984) sind sie als Funktion von Bodentyp, Landnutzung und Vorbefeuchtung tabelliert. In dem Projekt wurden die Kurvennummern aus den beobachteten Abflüssen in Österreich rückgerechnet (Abbildung 5b). Die größten CN-Werte ergaben sich am Alpennordrand und die kleinsten in Ostösterreich. Die Auswertungen zeigten auch, dass das SCS-CN-Verfahren für österreichische Verhältnisse und Einzugsgebietsgrößen von 80 – 10000 km² zwei Defizite aufweist. Zum einen ist der meist angenommene Anfangsverlust von 20% der Speicherkapazität des Gebietes für österreichische Verhältnisse zu hoch. Ein Wert von 5% ist besser geeignet. Zum anderen berücksichtigt das SCS-CN-Verfahren die Vorbefeuchtung nur über den Niederschlag in den 5 Tagen vor dem Ereignis (Vorregen). Dies erscheint für österreichische Verhältnisse nicht ausreichend repräsentativ für den Feuchtezustand eines Gebietes zu sein, sowohl in Hinblick auf die regionalen Unterschiede als auch auf die Unterschiede zwischen den Ereignissen. Zur Bestimmung von Abflussbeiwerten für Gebiete ohne Abflussmessungen erscheint daher eine Analyse von Abflussbeiwerten aus Abflussdaten in der jeweiligen Region günstig. Wenn dies nicht möglich ist, bietet die Wasserbilanzmodellierung eine Alternative, die Vorbefeuchtung als wichtigen Einflussfaktor auf die Größe des Ereignisabflussbeiwertes zu berücksichtigen.

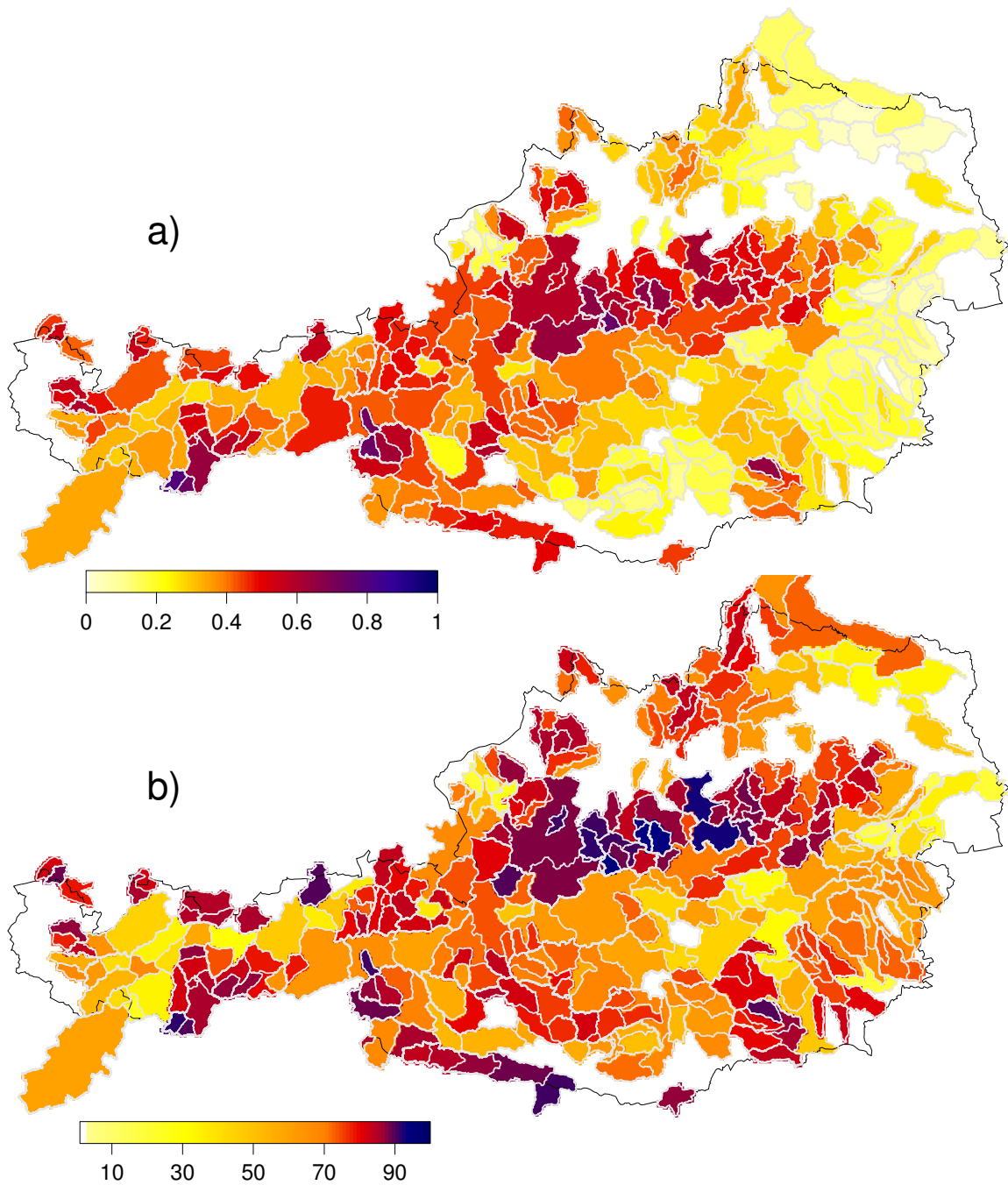


Abbildung 5: (a) Mittlere Abflussbeiwerte für Ereignisse mit einer Niederschlagshöhe größer 50 mm. (b) SCS-CN Werte, rückgerechnet aus den Abflussbeiwerten von ca. 50000 Ereignissen (für $S_{in}=0,05 \cdot S_{max}$, wobei S_{in} der Anfangsverlust und S_{max} die Speicherkapazität des Gebietes ist). Daten aus den Jahren 1981-2000. Ein Wert von $CN=100$ bedeutet, dass der gesamte Niederschlag während eines Ereignisses zum Abfluss kommt, kleinere Werte entsprechen geringerem Abfluss.

5 *Niederwasser*

Eine wichtige Kenngröße der angewandten Hydrologie ist das Niederwasser und insbesondere der Durchfluss Q_{95} , also jene Abflussmenge, die an 95% aller Tage überschritten wird. Bei den regionalen Untersuchungen der Niederwässer in Österreich lag der Schwerpunkt auf der Ermittlung dieses Kennwertes für Stellen ohne Abflussmessungen. In der Dissertation von Laaha (Laaha, 2003), die auf Vorarbeiten am Institut für Angewandte Statistik und EDV im Auftrag des BMLFUW (Laaha, 2002) aufbaut, wurden verschiedene Regionalisierungsverfahren verglichen und mit Hilfe von Kreuzvalidierung für 325 österreichische Einzugsgebiete getestet. Die Vergleiche zeigten, dass durch Klassifikation der Einzugsgebiete in Regionen auf Basis der Niederwassersaisonalität (Laaha und Blöschl, 2003) die Genauigkeit von Regressionsmodellen zwischen Niederwasserabflussspenden q_{95} und Gebietskenngrößen vergrößert werden kann. Dieser Ansatz ist mit einer erklärten Varianz von 70% für die Spenden genauer als alternative Methoden wie die Residuenmustermethode, gewichtete Clusteranalyse und Regressionsbaum, die in der Literatur für die Regionalisierung von Niederwasserspenden verwendet werden.

Abbildung 6(a) zeigt die Niederwasserspenden q_{95} für Zwischeneinzugsgebiete in Österreich auf Basis von Pegelbeobachtungen im Zeitraum 1977 bis 1996. In Abbildung 6(b) sind die mittels des regional differenzierten Regressionsmodells ermittelten Niederwasserspenden für kleine Einzugsgebiete dargestellt. Am Alpennordrand sind die Spenden am größten ($q_{95} > 8$ l/s/km²). In den hochalpinen Lagen sind die Spenden zufolge der Schneerücklage klein ($q_{95} < 4$ l/s/km²) und im Osten Österreichs sind die Spenden verdunstungsbedingt sehr klein ($q_{95} < 1$ l/s/km²).

In einer zusätzlichen Analyse wurde untersucht, ob kurze Abflussreihen für die Schätzung von Q_{95} verwendet werden können, und welche Verfahren dafür am besten geeignet sind. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigten, dass kontinuierliche Abflussbeobachtungen über ein Jahr genauere Werte als das beste Regionalisierungsverfahren liefern, während Einzelmessungen deutlich ungenauere Werte liefern (Laaha and Blöschl, 2005). Insgesamt zeigten die Untersuchungen die Möglichkeiten und Grenzen von Regionalisierungsverfahren auf und insbesondere, welche dieser Verfahren für österreichische Verhältnisse geeignet sind.

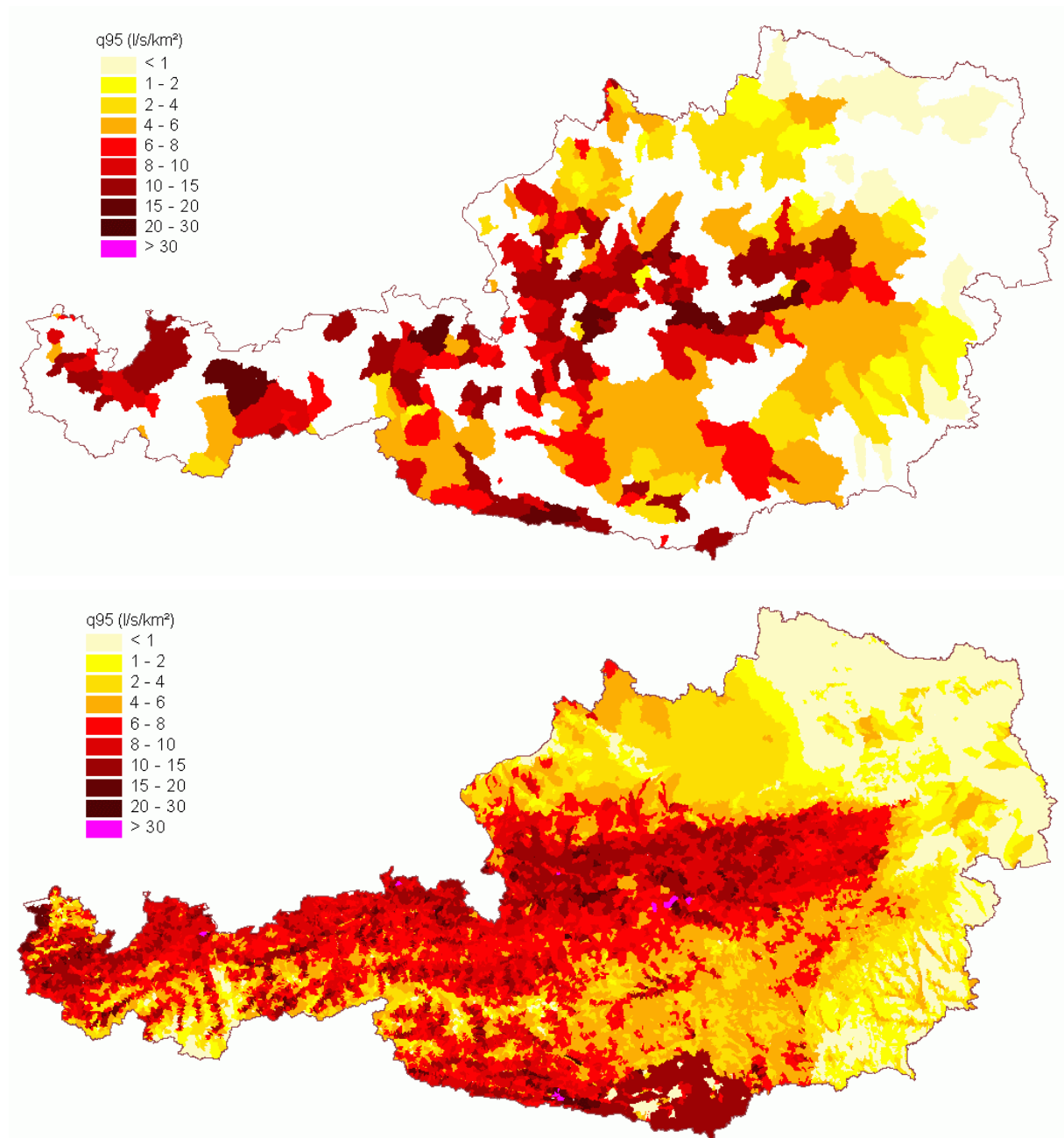


Abbildung 6: Niederwasserspenden q_{95} (l/s/km²), ermittelt (a) aus Abflussdaten für 325 Pegelteileinzugsgebieten für die Jahre 1977 bis 1996 und (b) mittels eines regional differenzierten Regressionsmodells für Einzugsgebiete ohne Abflussmessungen.

Diese Ergebnisse werden derzeit für ein vom Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs 2004 beauftragtes Projekt herangezogen, in dem für 270 Standorte von Sperrn bzw. Wasserfassungen Q_{95} -Werte im Zusammenhang mit Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie ermittelt werden. Werte des mittleren Jahresniederwassers werden aus dem Q_{95} mittels einer Regressionsbeziehung bestimmt. Zusätzlich werden in diesen Untersuchungen Monatswerte des Niederwassers ermittelt, wobei hier die statistische

Niederwasserregionalisierung mit dem im Abschnitt 6 beschriebenen regionalen Wasserbilanzmodell kombiniert wird.

Ähnlich wie bei der Hochwasserregionalisierung ist auch hier geplant, ein Softwaretool zu entwickeln, in das die in diesen Arbeiten gewonnenen Erfahrungen eingebracht werden können.

6 Wasserbilanz

Im Zuge der Arbeiten zur Hochwasserregionalisierung und der Niederwasserregionalisierung zeigte sich, dass die Wasserbilanzsimulationen nicht nur zielführend zur Verbesserung des Prozessverständnisses der Regionalisierung herangezogen werden können, sondern auch zahlreiche andere hydrologische Anwendungen erschließen.

Ein von der EU seit 2003 gefördertes Projekt (Spatial estimation in water resources at the regional scale. HPMF-CT-2002-01872) widmet sich der regionalen Wasserbilanzmodellierung, wobei der Schätzung von Modellparametern für Gebiete mit und ohne Abflussmessungen besonderes Augenmerk geschenkt wird. Im Rahmen dieser Arbeiten wurde ein Wasserbilanzmodell für 538 österreichische Pegeleinzugsgebiete aufgestellt. Das Modell wurde gleichzeitig an Abfluss- und Schneeedaten geeicht. Die Verifikation zeigte, dass das Modell die wesentlichen Eigenschaften der Dynamik der Wasserbilanz gut beschreibt. Mittlere Wasserbilanzgrößen (korrigierter Niederschlag, aktuelle Verdunstung, Abflusshöhe und Schneewasserwert) für den Zeitraum 1. 11. 1976 bis 31. 10. 1997, jeweils unterteilt in Frühling, Sommer, Herbst und Wintermonate, wurden ausgewertet (Parajka et al., 2004; 2005). Abbildung 7 zeigt als Beispiel dieser Auswertungen die mittleren Abflusshöhen für Österreich. Das räumliche Muster der Seehöhenabhängigkeit der Verdunstung und des Niederschlags prägt sich markant auf das räumliche Muster des Abflusses auf. Nach diesen Auswertungen ergibt sich für den Untersuchungszeitraum für das Bundesgebiet von Österreich ein korrigierter Niederschlag von 1112 mm/a, eine Aktuelle Verdunstung von 499 mm/a und ein lokaler Abfluss von 604 mm/a. Zusätzliche Kenngrößen, die in ähnlicher Form dargestellt wurden, sind die Anzahl der Tage mit Schneeschmelze, der Q_{95} Niederwasserdurchfluss, der Q_5 Hochwasserdurchfluss sowie die Anteile der Abflusskomponenten (Oberflächenabfluss, Interflow und Basisabfluss) am Gesamtabfluss. Abbildung 8 zeigt die Anteile der Abflusskomponenten jeweils unterschieden nach Jahreszeiten. Die roten Flächen in Abbildung 8 sind diejenigen Gebiete, in denen in der bestimmten Jahreszeit Basisabfluss dominiert. Das sind vor allem die Tal- und Beckenlandschaften und im Winter der Alpine Bereich. Die grünen Flächen sind die Gebiete, in denen Interflow dominiert, vor allem das nördliche Alpenvorland. Gelb zeigt eine Mischung von Basisabfluss und Interflow an. Cyan weist auf die schnellsten Abflusskomponenten, die hier simuliert werden, hin.

Als methodische Fragestellung wurde untersucht, welche Verfahren geeignet sind, Modellparameter auf Gebiete ohne Abflussmessungen zu übertragen. Dies ist besonders für die Anwendung von Abflussmodellen für kleine Einzugsgebiete von Interesse. Eine Zusammenfassung von Methoden der Abflussmodellierung für Gebiete ohne Abflussmessungen gibt Blöschl (2005). Merz and Blöschl (2004) testeten verschiedene Regionalisierungsmethoden, wobei die Güte der Übertragung mittels Kreuzvalidierung bewertet wurde. Diese Untersuchungen zeigten, dass die meisten breitenverfügbaren Einzugsgebietskenngrößen (wie etwa Landnutzung, Topographie) nur wenig Informationen über die hydrologisch relevanten Prozesse enthalten. Im Test wurden Methoden als am geeignetsten befunden, bei denen die räumliche Distanz einfließt.

Die Untersuchungen zeigten auf, dass eine zuverlässige Identifizierung der Modellparameter für Gebiete mit Abflussmessungen auch für die regionale Übertragung auf Gebiete ohne Abflussmessungen von zentraler Bedeutung ist. Eine multi-variate Eichung der Modellparameter z.B. auf Basis von Abfluss und Schneehöhen gleichzeitig, wie sie in Parajka et al. (2005) durchgeführt wurde, ist eine günstige Vorgangsweise. Deshalb werden die Untersuchungen zur hydrologischen Modellierung in Gebieten ohne Abflussmessungen derzeit in zweierlei Weise fortgeführt. In einem von der ÖAW geförderten Projekt (Raum-zeitliche Dynamik der Bodenfeuchte in unbeobachteten Einzugsgebieten), das 2004 begonnen hat, wird die Bodenfeuchte aus Satellitendaten (ERS Scatterometer) abgeleitet. Damit soll eine verbesserte Einschätzung der Wasserbilanzgrößen in Gebieten ohne Abflussmessungen ermöglicht werden. Das Einbeziehen der Bodenfeuchte baut auf den Erfahrungen von Western et al. (2002) auf. Das zweite Projekt hat 2005 begonnen und wird von der EU gefördert (A tool for monitoring and forecasting Available WATER Resource in mountain environment - AWARE, no. 012257). Hier ist die Projektidee, dass Satellitendaten der Schneebedeckung zu Eichung und Validierung der regionalen hydrologischen Modelle herangezogen werden (z.B. Grayson and Blöschl, 2000; Blöschl et al., 2002).

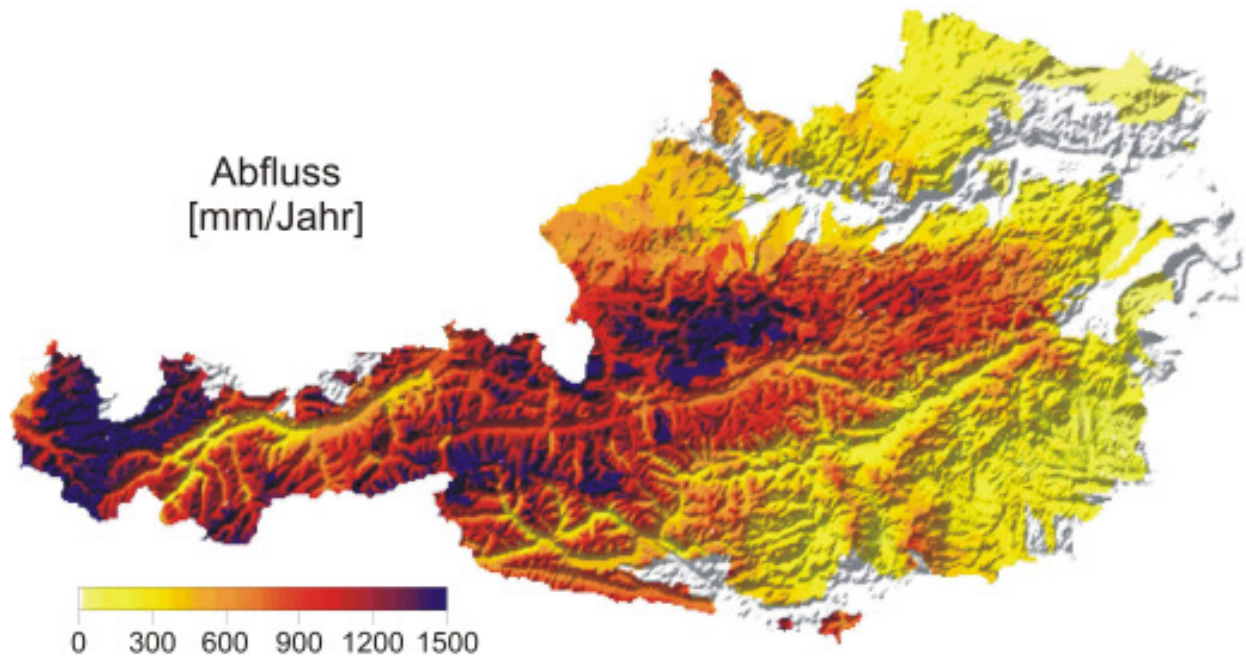


Abbildung 7: Mittlere Jahresabflusshöhen für den 1. November 1976 bis 31. Oktober 1997, ermittelt mit einem geeichten und getesteten Wasserbilanzmodell. Aus Parajka et al. (2004).

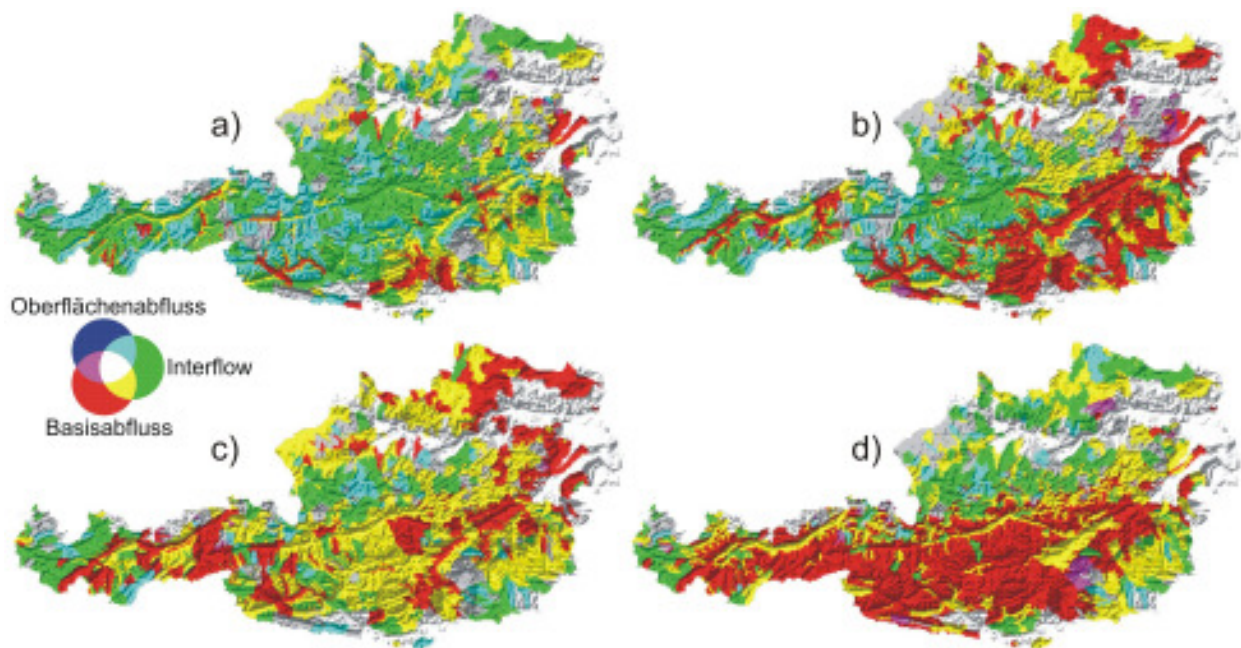


Abbildung 8: Mittlere Abflussanteile der Jahre 1976 – 1997, jeweils unterschieden nach Jahreszeiten; a) Frühling: März-Mai; b) Sommer: Juni-August; c) Herbst: September-November; d) Winter: Dezember-Februar. (Rot: Basisabfluss dominiert; Grün: Interflow dominiert; Gelb: Mischung von Basisabfluss und Interflow). Aus Parajka et al. (2005).

7 Danksagung

Unser Dank gilt zahlreichen Kollegen und Kolleginnen für die wunderbare Zusammenarbeit bei den hier angeführten Projekten. Dank geht an Prof. Gutknecht für die persönliche Unterstützung der Arbeiten, an die Förderungsstellen für die Finanzierung der Projekte und an das Hydrographische Zentralbüro für die Bereitstellung der Daten. Berichte zu den Forschungsprojekten sind bei den Autoren erhältlich. Der Erstautor dankt den folgenden internationalen Fachzeitschriften für die Möglichkeit seiner Tätigkeit als Mitherausgeber, die für die regionalen hydrologischen Arbeiten besonders befruchtend war: *Journal of Hydrology*, *Water Resources Research*, *Hydrological Processes*, *Nordic Hydrology*, *Int. J. of River Basin Management*, *Env. Modelling and Software*, *Encyclopedia Hydrol. Sciences*.

8 Literatur

- Blöschl, G. (1996) Scale and Scaling in Hydrology. Habilitationsschrift. Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 132, Institut für Hydraulik, TU Wien, 346 pp.
- Blöschl, G. (1999) Scaling issues in snow hydrology. *Hydrol. Processes*, 13, pp. 2149-2175.
- Blöschl, G. (2005) Rainfall-runoff modelling of ungauged catchments. *Encyclopedia of Hydrological Sciences*. J. Wiley, Chichester. hsa140, in press.
- Blöschl, G. and M. Sivapalan (1995) Scale issues in hydrological modelling - a review. *Hydrol. Processes*, 9, pp. 251-290.
- Blöschl, G., R. Kirnbauer, J. Jansa, K. Kraus, G. Kuschnig, D. Gutknecht und Ch. Reszler (2002) Einsatz von Fernerkundungsmethoden zur Eichung und Verifikation eines flächendetaillierten Schneemodells. *Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft*, 54, Heft 1/2, pp. 1-16.
- Chirico, G.B., A.W. Western, R.B. Grayson and G. Blöschl (2005) On the definition of the flow width for calculating specific catchment area patterns from gridded elevation data. *Hydrol. Processes*, in Press.
- DVWK (1984) Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlag-Abfluß-Modellen in kleinen Einzugsgebieten, Teil II: Synthese, DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft 113, DVWK, Bonn.
- Grayson, R. B. and G. Blöschl (Eds) (2000) *Spatial Patterns in Catchment Hydrology: Observations and Modelling*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 404 pp. free download at www.hydro.tuwien.ac.at
- Laaha, G. (2002) Modelling summer and winter droughts as a basis for estimating river low flows. In: FRIEND 2002 - Regional Hydrology: Bridging the Gap between Research and Practice (Proceedings of the Fourth International Conference held in Cape Town, South Africa, March 2002). IAHS Publ. no. 274, pp. 289-295.
- Laaha, G. (2003) Process based regionalisation of low flows (Prozessbasierte Regionalisierung von Niederwasserabflüssen). Dissertation an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen, 116pp.
- Laaha, G. and G. Blöschl (2005) Low flow estimates from short stream flow records - a comparison of methods. *Journal of Hydrology*, in press.
- Laaha, G. und G. Blöschl (2003) Saisonalität von Niederwasserspenden in Österreich. *Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich*, 82, pp. 59-68.
- Merz R. and G. Blöschl (2003a) A process typology of regional floods. *Water Resources Research*, VOL. 39, NO. 12, 1340, doi:10.1029/2002WR001952

- Merz, R. (2002) Understanding and estimating flood probabilities at the regional scale. Dissertation. Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 132, Institut für Hydraulik, TU Wien, 346 pp.
- Merz, R. and G. Blöschl (2004) Regionalisation of catchment model parameters. *Journal of Hydrology* 287, pp. 95-123.
- Merz, R. and G. Blöschl (2005) Flood frequency regionalisation - spatial proximity vs. catchment attributes. *Journal of Hydrology*, 302, pp 283-306.
- Merz, R. und G. Blöschl (2003b) Saisonalität hydrologischer Größen in Österreich. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Nr 82 Wien, pp. 41-58.
- Merz, R., G. Blöschl und U. Piöck-Ellena (1999) Zur Anwendbarkeit des Gradex-Verfahrens in Österreich. *Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft*, 51, Heft 11/12, pp. 291-305.
- Merz, R., J. Parajka, Ch. Reszler und G. Blöschl (2004) Analyse regionaler Ereignisabflussbeiwerte in Österreich. Abschlussbericht an das BMLFUW. Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, Technische Universität Wien.
- Parajka, J., G. Blöschl and R. Merz (2004) Mapping of daily water balance components in Austria. 22nd Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, 30 Aug. - 2 Sep. 2004, Brno, The Czech Republic.
- Parajka, J., R. Merz und G. Blöschl (2005) Regionale Wasserbilanzkomponenten für Österreich auf Tagesbasis. *Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft*, 57, Heft 3/4, in Druck.
- Sivapalan, M. and G. Blöschl (1998) Transformation of point rainfall to areal rainfall: intensity-duration-frequency curves. *Journal of Hydrology*, 204, pp. 150-167.
- Skøien, J. O., G. Blöschl and A. W. Western (2003) Characteristic space scales and timescales in hydrology. *Water Resources Research*, Vol. 39, No. 10, 1304, 10.1029/2002WR001736.
- Western, A., R. Grayson and G. Blöschl (2002) Scaling of soil moisture: a hydrologic perspective, *Ann. Rev. Earth and Planetary Sci.*, 30, pp. 149–180.

Anschrift der Verfasser

A.o.Univ.Prof. Dr. Günter Blöschl, Dr. Ralf Merz, Dr. Juraj Parajka, DI Jon Skøien

Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, Technische Universität Wien

Karlsplatz 13/222, A-1040 Wien

email: bloeschl@hydro.tuwien.ac.at <http://www.hydro.tuwien.ac.at/>

Dr. Gregor Laaha, Institut für Angewandte Statistik und EDV

Universität für Bodenkultur; email: gregor.laaha@boku.ac.at

Quantitative Risikobeurteilung von Einzelgrundwasserkörpern auf Grundlage hydrographischer Daten

Quantitative Risk Assessment of Single Bodies of Groundwater based on Hydrological Data

Gabriele Fuchs, Michael Samek, Otto Vollhofer

Beschlagwortung: Wasserrahmenrichtlinie, Risikobeurteilung, Einzelgrundwasserkörper, kritischer Grundwasserstand, NGW_{3M}

Zusammenfassung

Vom Hydrographischen Dienst wurde auf Grundlage des Strategiepapiers „Grundwasserentnahmen“ ein Verfahren der Risikobeurteilung von Einzelporengrundwasserkörpern entwickelt. Dieses berücksichtigt in bestmöglicher Form die in Österreich beim Hydrographischen Dienst vorhandenen Grundwasserstandsdaten und sonstige hydrographische Informationen.

Bei der Entwicklung einer Methode zur Risikoabschätzung wurde davon ausgegangen, dass aus Grundwasserstandsdaten generell besser abgesicherte Aussagen über die langjährigen Veränderungen, die regionale Verteilung und die zukünftige Entwicklung der verfügbaren Grundwasserressource abgeleitet werden können, als dies aus den derzeit noch im geringem Umfang vorliegenden Angaben über die Grundwasserneubildung möglich gewesen wäre.

Summary

The hydrological service has developed a procedure for the risk assessment of single bodies of groundwater based on the strategy paper „Groundwater abstraction“. It takes into account the data available from the hydrological service regarding groundwater levels and other hydrological information.

In developing a method for risk assessment, it has been assumed that it is safer to make statements on changes lasting many years from data related to the groundwater level, the regional distribution and the future situation of the available groundwater resource than it would have been possible from the few data available on groundwater recharge, which possibly even would have had to be estimated.

1 Einleitung

Mit der im Dezember 2000 in Kraft getretenen EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) wurde im Bereich der Europäischen Gemeinschaft ein Instrument für die künftige gemeinsame Wasserpolitik geschaffen. Die in der EU-WRRL vorgegebenen qualitativen und quantitativen Umweltziele sind von den Mitgliedstaaten sowohl für Oberflächengewässer als auch für das Grundwasser bis 2015 zu erreichen. In einem ersten Schritt ist im Rahmen einer Ist-Bestandsanalyse unter anderem auch der quantitative Zustand der Grundwasserkörper zu ermitteln.

In der vorliegenden Arbeit werden die dazu entwickelten und in der Praxis bereits angewandten Methoden und Berechnungsalgorithmen im Detail vorgestellt.

2 Aufgabenstellung

Gemäß Anhang II Punkt 2.1 EU-WRRL haben die Mitgliedsstaaten die Lage und Grenzen der Grundwasserkörper festzulegen. Die Grundwasserkörper sind gemäß Punkt 2.1 bis 2.3 der EU-WRRL so zu beschreiben, dass beurteilt werden kann, ob ein Risiko besteht, dass die in Artikel 4 der EU-WRRL festgelegten Umweltziele nicht erreicht werden.

Das gemäß Anhang V der EU-WRRL für Grundwasser zu erreichende quantitative Umweltziel ist dessen guter mengenmäßiger Zustand. Um dieses Ziel zu erreichen, sind die Mitgliedstaaten verpflichtet alle Grundwasserkörper zu schützen, zu verbessern und zu sanieren und ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahmen und -neubildung zu gewährleisten.

Da es in Österreich bisher keine einheitliche Methode gab, den quantitativen Zustand eines Grundwasserkörpers zu beschreiben, war es notwendig, eine Methode für die geforderte Risiko beurteilung zu entwickeln.

3 Ausgangslage

Bereits zu Beginn des Jahres 2001 wurde für den Bereich Grundwasser ein Bund-Länder-Arbeitskreis (AK-E) eingesetzt. Von diesem Arbeitskreis wurden die Strategiepapiere „Lage und Grenzen von Grundwasserkörpern“ und „Grundwasserentnahmen“ erarbeitet. In diesen Strategiepapieren wurde dargestellt, wie in Österreich die konkrete Umsetzung der EU-WRRL vorgenommen werden soll.

Entsprechend den im Strategiepapier „Lage und Grenzen von Grundwasserkörpern“ enthaltenen Vorgaben wurde das gesamte Bundesgebiet flächendeckend in insgesamt 128 oberflächennahe Grundwasserkörper bzw. Gruppen von Grundwasserkörpern unterteilt. Von diesen wurden insgesamt 64 als Einzelgrundwasserkörper ausgewiesen. Diese Grundwasserkörper

stellen in ihrer überwiegenden Mehrzahl die für die gegenwärtige und zukünftige Trinkwasserversorgung bedeutenden Porengrundwasservorkommen dar. Zusätzlich zu den oberflächennahen wurden insgesamt 10 Tiefengrundwasserkörper bzw. Gruppen von Tiefengrundwasserkörpern ausgewiesen.

Eine Analyse der vorhandenen Daten der Grundwasserneubildung und der Entnahmen aus dem Grundwasser zeigte, dass diese derzeit nicht ausreichen dürften, um für Einzelporengrundwasserkörper mit ausreichender Genauigkeit die geforderte Bestimmung des Gleichgewichtes und eine Beurteilung des Risikos eines Nichterreichens der Umweltziele gemäß EU-WRRL vornehmen zu können.

Es lag daher nahe, der Ermittlung des Gleichgewichtes und der Beurteilung des Risikos eines Verfehlens der quantitativen Umweltziele gemessene Grundwasserstandsdaten zu Grunde zu legen.

Die verfügbare Grundwasserressource in Porengrundwasserkörpern sollte an jenen Messstellen, die das Gesamtsystem hydrologisch hinreichend gut charakterisieren, indirekt durch einen näher zu bestimmenden Grundwasserstand beschrieben werden.

Die gewählte Vorgangsweise resultiert aus der Überlegung, dass in Österreich an vielen Messstellen über einen langen Zeitraum gesicherte Grundwasserstandsdaten vorliegen. Es konnte daher davon ausgegangen werden, dass aus diesen Daten besser abgesicherte Aussagen über die langjährigen Veränderungen, die regionale Verteilung und die zukünftige Entwicklung der verfügbaren Grundwasserressource abgeleitet werden können, als dies aus vorhandenen bzw. abzuschätzenden Angaben über die Grundwasserneubildung möglich gewesen wäre. Es war weiters davon auszugehen, dass die gewählte Vorgangsweise auch bessere Möglichkeiten bietet, die verfügbare Grundwasserressource effizienter zu bewirtschaften.

In dem vom Arbeitskreis Grundwasser ausgearbeiteten Strategiepapier „Grundwasserentnahmen“ wurden die quantitativen Umweltziele und die Strategie, wie bei Risikobeurteilungen von Einzelporengrundwasserkörpern vorzugehen ist, festgelegt.

In einigen wenigen Einzelporengrundwasserkörpern und allen Gruppen von Grundwasserkörpern lagen Grundwasserstandsdaten nicht in jenem Umfang vor, der es ermöglicht hätte, die Risikobeurteilung nach der im folgenden beschriebenen Methode durchzuführen. In diesen Fällen wurde die verfügbare Grundwasserressource aus der mittleren Grundwasserneubildung abgeschätzt. Im Strategiepapier „Grundwasserentnahmen“ wurde die Vorgangsweise im Detail dargestellt.

4 Risikobeurteilung von Einzelporengrundwasserkörpern

Der Begriff „Risiko“ ist in der EU-WRRL nicht näher definiert. Im Folgenden wird Risiko nicht als Produkt von Eintrittswahrscheinlichkeit und Größe eines Schadens, sondern als Möglichkeit der Zielverfehlung definiert. Das zu erreichende Ziel ist der mengenmäßig gute Zustand eines Grundwasserkörpers. Dieser Zustand kann durch eine Zielgröße beschrieben werden. Ein Risiko, dass die geforderten Umweltziele nicht erreicht werden, ist dann gegeben, wenn die aus den ausgewerteten Daten abgeleitete Entwicklung erkennen lässt, dass die den Zielzustand beschreibende Größe (Zielgröße) ganz oder zu einem festgelegten Anteil (Prozentsatz) über- oder unterschritten wird.

4.1 Quantitative Umweltziele

Entsprechend den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie ist der gute mengenmäßige Zustand in einem Grundwasserkörper oder einer Gruppe von Grundwasserkörpern dann erreicht, wenn

- die verfügbare Grundwasserressource nicht von der langfristigen mittleren jährlichen Entnahme überschritten wird und
- der Grundwasserspiegel keinen anthropogenen Veränderungen unterliegt, die zu einem Verfehlen der ökologischen Qualitätsziele gemäß Artikel 4 EU-WRRL führen.

Die Charakterisierung der verfügbaren Grundwasserressource in Einzelgrundwasserkörpern (Porengrundwasserkörpern) erfolgt im Rahmen der erstmaligen Beschreibung der Grundwasserkörper an Hand des kritischen Grundwasserstandes (GW_{krit}). Dies ist jener Grundwasserstand, der im Hinblick auf das Erreichen der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie in einem Grundwasserkörper nicht unterschritten werden soll.

Der kritische Grundwasserstand ist so festzulegen, dass es in einem Grundwasserkörper

- zu keinem Verfehlen der ökologischen Qualitätsziele gemäß Artikel 4 der EU-WRRL für in Verbindung stehende Oberflächengewässer und es zu keinen signifikanten Schädigungen von Landökosystemen, die unmittelbar vom Grundwasserkörper abhängen, kommt (Ökologie),
- bestimmte Grundwasserverhältnisse (Gefälle, Strömungsrichtung, Fließgeschwindigkeit und Schwankungen) auch bei diesem tiefen Grundwasserstand weiterhin erhalten bleiben (Grundwasserverhältnisse),
- bestimmte Nutzungen im erforderlichen Ausmaß gesichert sind (Nutzungen) und
- eine Unterschreitung des kritischen Grundwasserstandes keine Verschlechterung der Qualität des Grundwassers bewirkt (Qualität).

Die Ermittlung des kritischen Grundwasserstandes erfordert umfangreiche und zeitintensive Erhebungen und Auswertungen der vorhandenen Daten. Um die in der EU-WRRL genannten zeitlichen Vorgaben einhalten, aber auch um den mit der Ermittlung der verfügbaren Grundwasserressource verbundenen Arbeitsaufwand so gering wie möglich gestalten zu können, wurde im Rahmen der ersten Berichtslegung der kritische Grundwasserstand (GW_{krit}) für alle ausgewiesenen Einzelgrundwasserkörper nicht im Detail ermittelt. Der kritische Grundwasserstand (GW_{krit}) wurde einem charakteristischen niedrigen Grundwasserstand, dem $\text{NGW}_{3\text{M}}$, gleichgesetzt.

Die Ermittlung des $\text{NGW}_{3\text{M}}$ erfolgte für jede Messstelle in einem Grundwasserkörper stichtagsbezogen und als Mittel der Grundwasserstände über einen Zeitraum von 3 Monaten (1.5 Monate vor und nach dem Stichtag). Als Stichtag wird jener Tag bezeichnet, an dem die Summe der an allen Messstellen eines Grundwasserkörpers gemessenen Grundwasserstände ein Minimum aufweist.

Voraussetzung für diese Vorgangsweise ist, dass auch bei diesem Grundwasserstand die bereits genannten Kriterien (Ökologie, Grundwasserverhältnisse, Nutzungen und Qualität) eingehalten werden.

Der kritische Grundwasserstand (GW_{krit}) bzw. der charakteristische niedrige Grundwasserstand ($\text{NGW}_{3\text{M}}$) stellt das zu erreichende qualitative Umweltziel für Einzelgrundwasserkörper (Porengrundwasserkörper) und somit die den Zielzustand begrenzende Größe (Zielgröße) dar.

4.2 Zeiträume

Gemäß Artikel 5 Abs. 1 der EU-WRRL muss vier Jahre nach deren Inkrafttreten, also 2004, die Überprüfung der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten auf den Zustand des Grundwassers abgeschlossen sein. Gemäß Art. 5 Abs. 2 hat eine Aktualisierung der Überprüfungen und Analysen im Jahr 2013 und dann alle sechs Jahre zu erfolgen.

Nähere Vorgaben die Zeiträume für Datenerhebungen und -auswertungen betreffend werden in der EU-WRRL nicht getroffen. Es war daher erforderlich entsprechende Überlegungen anzustellen, für welche Zeiträume die erhobenen und damit bereits vorliegenden Daten für die Risikobeurteilung herangezogen und ausgewertet werden sollen.

Im Zuge der Erarbeitung einer entsprechenden Vorgangsweise wurden zuerst die beim Hydrographischen Dienst zur Verfügung stehenden Zeitreihen der Grundwasserstände, sowohl in ihrem zeitlichen Verlauf als auch in ihrer räumlichen Verteilung, visuell beurteilt.

Es zeigte sich, dass im Zeitraum 1990 bis 2001 für die meisten der in Österreich beobachteten Grundwasserkörper ein repräsentatives Messnetz vorhanden war und die vorliegenden Zeitreihen der Grundwasserstände keine oder nur in geringem Umfang Lücken aufwiesen. Das

Grundwassergeschehen in diesem Zeitraum kann insgesamt als ausgeglichen beurteilt werden, was daraus ersichtlich ist, dass sowohl hohe als auch tiefe Grundwasserstände erfasst werden konnten (siehe Abbildung 1). Der ausgewählte Zeitraum entspricht mehr als dem 1,5 fachen eines Berichtszeitraumes.

Im Arbeitskreis Grundwasser wurde vereinbart, dass im Rahmen der erstmaligen Berichtslegung die Risikobeurteilung auch bei kürzer beobachteten Einzelgrundwasserkörpern nach der angegebenen Methode durchgeführt werden kann, wenn in diesen zumindest über den Zeitraum 1997 bis 2001 Beobachtungsdaten vorliegen. Diese Festlegung erwies sich als zulässig, weil die Auswertung der in dem kürzeren Zeitraum beobachteten Grundwasserstände auf Grund des hydrologischen Geschehens einen stärker negativen Trend ergab, als jene der Grundwasserstände über den gesamten Bezugszeitraum. Es konnte somit davon ausgegangen werden, dass bei Auswertung der kürzeren Datenreihe die Ergebnisse auf der sicheren Seite liegen werden.

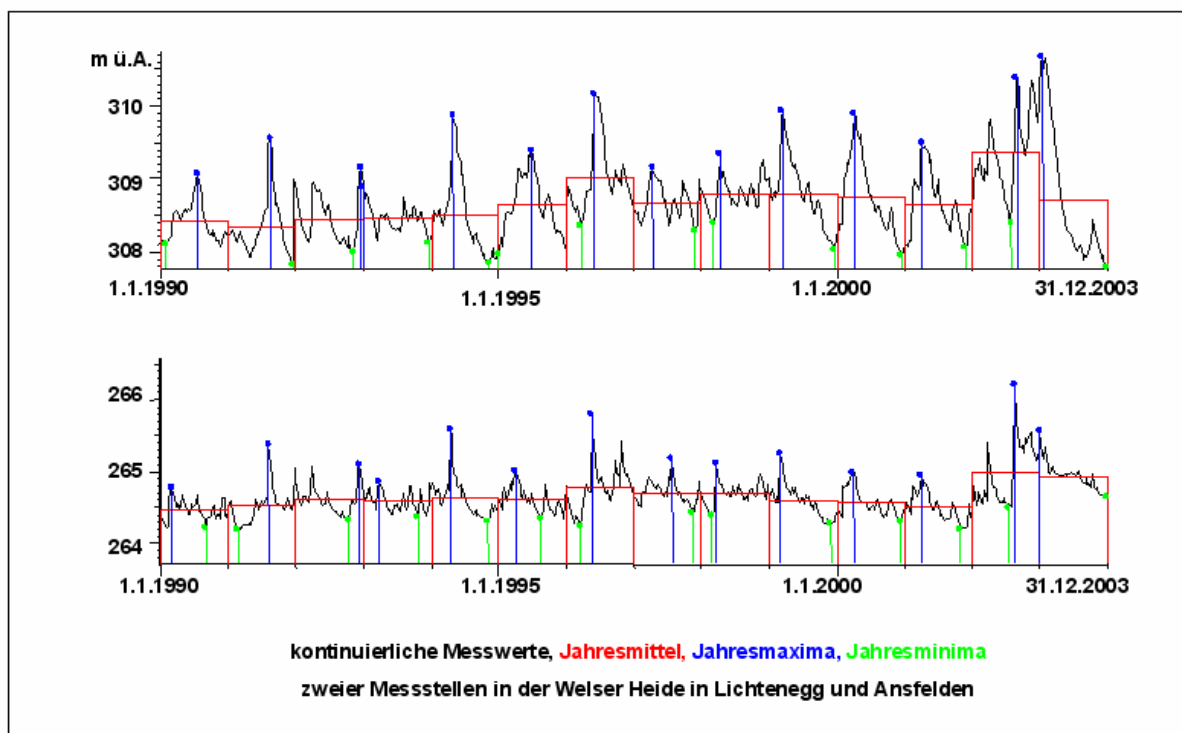


Abbildung 1: Zeitliche Entwicklung einzelner Grundwasserstände zwischen 1990 und 2003

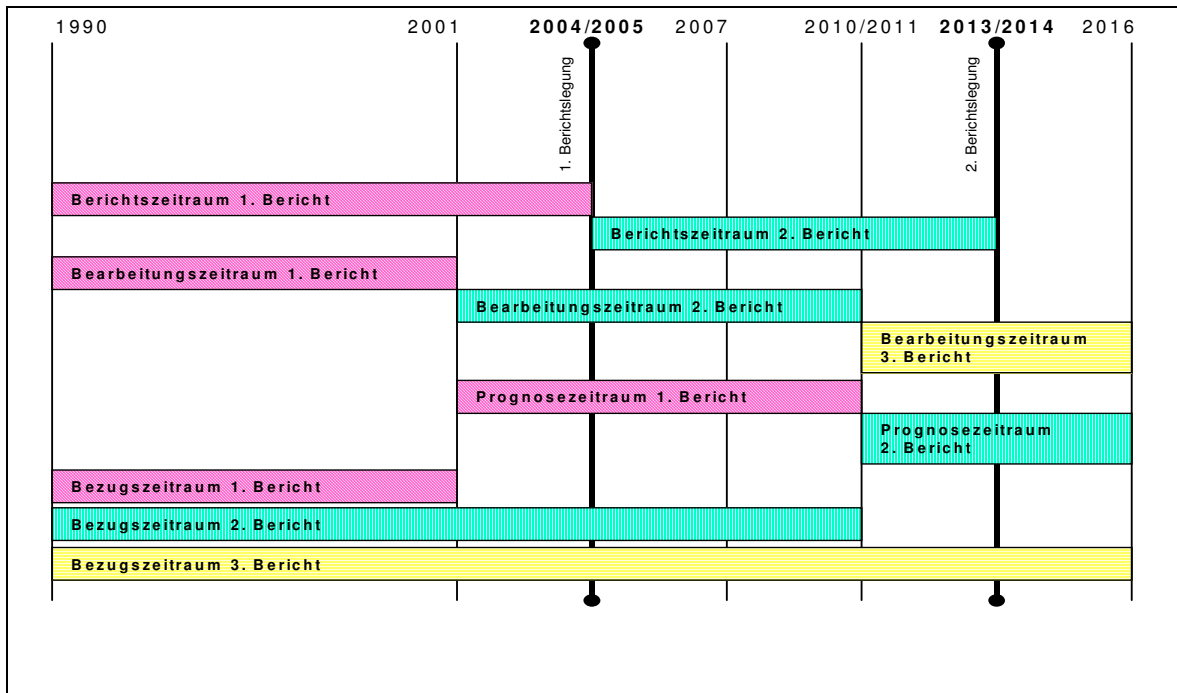


Abbildung 2: Definition der Zeiträume

Für die weiteren Arbeiten und die quantitative Risikobeurteilung wurden die in Abbildung 2 dargestellten zeitlichen Festlegungen getroffen.

Der Berichtszeitraum für die erste Berichtslegung ist der Zeitabschnitt von 1990 bis 2004, für die zweite Berichtslegung der Zeitabschnitt von 2005 bis 2013 und in weiterer Folge ein Zeitabschnitt von jeweils sechs Jahren.

Der Bearbeitungszeitraum ist jener Zeitraum, in dem Grundwasserstandsdaten erhoben und für die Berichtslegung zur Erfüllung der Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie ausgewertet werden. Für die erste Berichtslegung ist der Bearbeitungszeitraum identisch mit dem Bezugszeitraum, er beträgt 12 Jahre. Für die zweite Berichtslegung beträgt der Bearbeitungszeitraum 9 Jahre. In weiterer Folge umfasst der Bearbeitungszeitraum eine Dauer von jeweils 6 Jahren.

Der Bezugszeitraum beginnt mit dem Jahr 1990 und ist jener Zeitraum, der der Datenauswertung für die Ermittlung des NGW_{3M} und der Trendanalyse zugrunde gelegt wird. Der Bezugszeitraum verlängert sich mit jeder Berichtslegung um den Bearbeitungszeitraum. Der Bezugszeitraum für die erste Berichtslegung umfasst generell den Zeitraum von 1990 bis 2001.

Der Prognosezeitraum ist der einem Bearbeitungszeitraum folgende Zeitraum und ist identisch mit dem Bearbeitungszeitraum für die nächste Berichtslegung. Die Entwicklung der Grundwasserstände im Prognosezeitraum wird mittels des durch Trendextrapolation ermittelten, prognostizierten mittleren Grundwasserstandes (MGW_{prog}) abgeschätzt. Der Prognosezeitraum erstreckt sich über einen Zeitraum von sechs Jahren. Der erste Bericht umfasst davon abweichend einen Prognosezeitraum von 9 Jahren.

4.3 Kriterien für die Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung für einen Grundwasserkörper umfasst die Prüfung auf Gleichgewicht und die Prüfung auf Risiko.

Die Prüfung, ob ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahmen und Grundwasserneubildung besteht, erfolgt generell durch einen Vergleich der für die einzelnen Messstellen festgelegten kritischen Grundwasserstände mit den an diesen Messstellen für einen Bearbeitungszeitraum (für den ersten Bericht von 1990 bis 2001 bzw. 1997 bis 2001) bestimmten arithmetischen Mitteln der mittleren jährlichen Grundwasserstände (MGW).

In einem Grundwasserkörper ist ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahmen und -neubildung im Berichtszeitraum dann gegeben, wenn an mindestens 75% der Messstellen das Mittel der mittleren jährlichen Grundwasserstände (MGW) den festgelegten kritischen Grundwasserstand (GW_{krit}) bzw. charakteristischen niedrigen Grundwasserstand ($\text{NGW}_{3\text{M}}$) überschreitet.

Die Prüfung, ob ein Risiko besteht, dass die in der EU-WRRL bzw. im WRG 1959 genannten quantitativen Umweltziele in einem Grundwasserkörper nicht erreicht werden können, erfolgt durch den Vergleich der für die einzelnen Messstellen festgelegten kritischen Grundwasserstände bzw. charakteristischen niedrigen Grundwasserstände mit den an diesen Messstellen für den Prognosezeitraum bestimmten mittleren Grundwasserständen (MGW_{prog}).

Ein Risiko besteht dann nicht, wenn im Berichtszeitraum an mindestens 75% der Messstellen der prognostizierte mittlere Grundwasserstand (MGW_{prog}) den für die jeweilige Messstelle festgelegten kritischen Grundwasserstand (GW_{krit}) bzw. charakteristischen niedrigen Grundwasserstand ($\text{NGW}_{3\text{M}}$) überschreitet.

Der gute mengenmäßige Zustand ist dann gegeben, wenn sich ein Grundwasserkörper im Gleichgewicht befindet und kein Risiko besteht, dass die quantitativen Umweltziele verfehlt werden könnten.

5 Daten

Für die in Kapitel 4 dargestellte Risikobeurteilung ist es erforderlich, dass ausreichende Informationen über die Grundwasserstandsverhältnisse in den einzelnen Einzelporengrundwasserkörpern vorliegen.

Es war daher zu prüfen, welche Daten in welcher Qualität in den genannten Zeiträumen zur Verfügung standen. Dabei wurden die vorhandenen Informationen jeder Messstelle systematisch erfasst und für die weiteren Auswertungen aufbereitet.

Darüber hinaus war die Repräsentativität von Messnetzen zu überprüfen und die in einem Grundwasserkörper erforderliche Mindestanzahl von Messstellen festzulegen.

5.1 Topographische Daten

Die Lagen und Grenzen sämtlicher in Österreich ausgewiesenen Grundwasserkörper liegen in digitaler Form auf GIS-Basis vor. Über die Koordinaten der Messstellen des Hydrographischen Dienstes war es möglich, diese den ausgewiesenen Grundwasserkörpern eindeutig zuzuordnen.

5.2 Stammdaten

Neben den Koordinaten kann eine Messstelle durch zahlreiche andere Merkmale beschrieben und charakterisiert werden. Für die durchgeführten Auswertungen standen folgende Daten zur Verfügung:

- Grunddaten, wie Zeitpunkt der Errichtung oder der Auflassung einer Messstelle
- Zusatzinformationen, wie Messstellenart (Rohr, Sonde, Brunnen mit oder ohne Entnahme)
- Höhenkoten, wie Messpunkthöhe, Geländehöhe, Sohlage
- Messcodes, die Auskunft darüber geben, ob es sich um Einzelbeobachtung oder um ein kontinuierlich registrierendes Messgerät handelt
- Logbuch, in dem die Geschehnisse an der Messstelle dokumentiert werden

Vor allem die Messcodes und die im Logbuch enthaltenen Informationen dienen zur Beurteilung der Zeitreihen, insbesondere ihrer Extrema, welchen bei der durchgeführten Auswertung eine hohe Bedeutung zukommt.

5.3 Messwerte

Die Grundwasserstandsmesswerte werden beim Hydrographischen Dienst in unterschiedlichen Zeitreihen vorgehalten. Es lassen sich folgende Unterscheidungen treffen:

- „Kontinuierliche Zeitreihen“, diese bestehen aus den Rohwerten (Messwerten). Von Messwertlücken ist dann auszugehen, wenn zwischen zwei Messungen ein größerer Abstand als 14 Tage liegt. Die Datenhaltung beginnt 1966, bei jüngeren Messstellen mit Aufnahme der kontinuierlichen Beobachtung.
- Zeitreihen der Monatsmittel – diese werden aus den Rohwerten errechnet, wenn diese in einem Monat weniger als 25% Lücken aufweisen. Zur Verlängerung von Reihen werden sie aus Fremddatenbeständen direkt importiert, sofern keine Rohwerte vorliegen.

- Zeitreihen der Jahresmittelwerte – werden aus Rohwerten oder aus Monatsmitteln berechnet, wenn weniger als 10% Lücken vorliegen.
- Extrema werden aus Rohwerten errechnet. Bei Übernahme von Fremdmessstellen in das staatliche Messnetz wird darauf Bedacht genommen, auch den an diesen Messstellen beobachteten höchsten und niedersten Grundwasserstand zu erheben und in die Extrema-Zeitreihen aufzunehmen.
- Bei Überflutungen wird der Grundwasserstand an einer Messstelle der Höhenkote der Geländeoberkante gleichgesetzt.
- Messwertcodes, diese beschreiben Sonderzustände einzelner Messungen wie Beeinflussung, Interpolation, Kontrolle, Trockenheit und Überflutung.
- Monatsmittelcodes enthalten Informationen über Vorhandensein und Anzahl interpolierter Messwerte oder Trockenheiten an der Messstelle.
- Interpolationen werden von den hydrographischen Landesdienststellen unter Einbeziehung von Nachbarmessstellen, sowie des früheren und späteren Verlaufes der Grundwasserstände an der jeweiligen Messstelle durchgeführt. Durch Interpolation können Lücken, die etwa durch Ausfall von Beobachtern entstehen, geschlossen und fiktive Grundwasserstände bei trocken gefallenen Messstellen abschätzt werden. Insbesondere sind „Extrapolationen unter der Messstellensohle“ für die Ermittlung von niederen Grundwasserspiegellagen von großer Bedeutung.

5.4 Messstellen für die Auswertung

Das Grundwassermessnetz des Hydrographischen Dienstes (siehe

Abbildung 3: Grundwasserstandsmessnetzes und ausgewiesene Grundwasserkörper in) ist steten Änderungen unterworfen. So werden immer wieder Messstellen aufgelassen bzw. werden neue Messstellen in das Beobachtungsprogramm aufgenommen.

Diese Veränderungen, aber auch technische Probleme bei der Datenerfassung und Datenaufzeichnung (Ausfall von Geräten und Beobachtern) bedingen, dass Grundwasserstandsdaten nicht an allen ausgewiesenen Messstellen in vollem Umfang vorliegen und die Messreihen Lücken aufweisen.

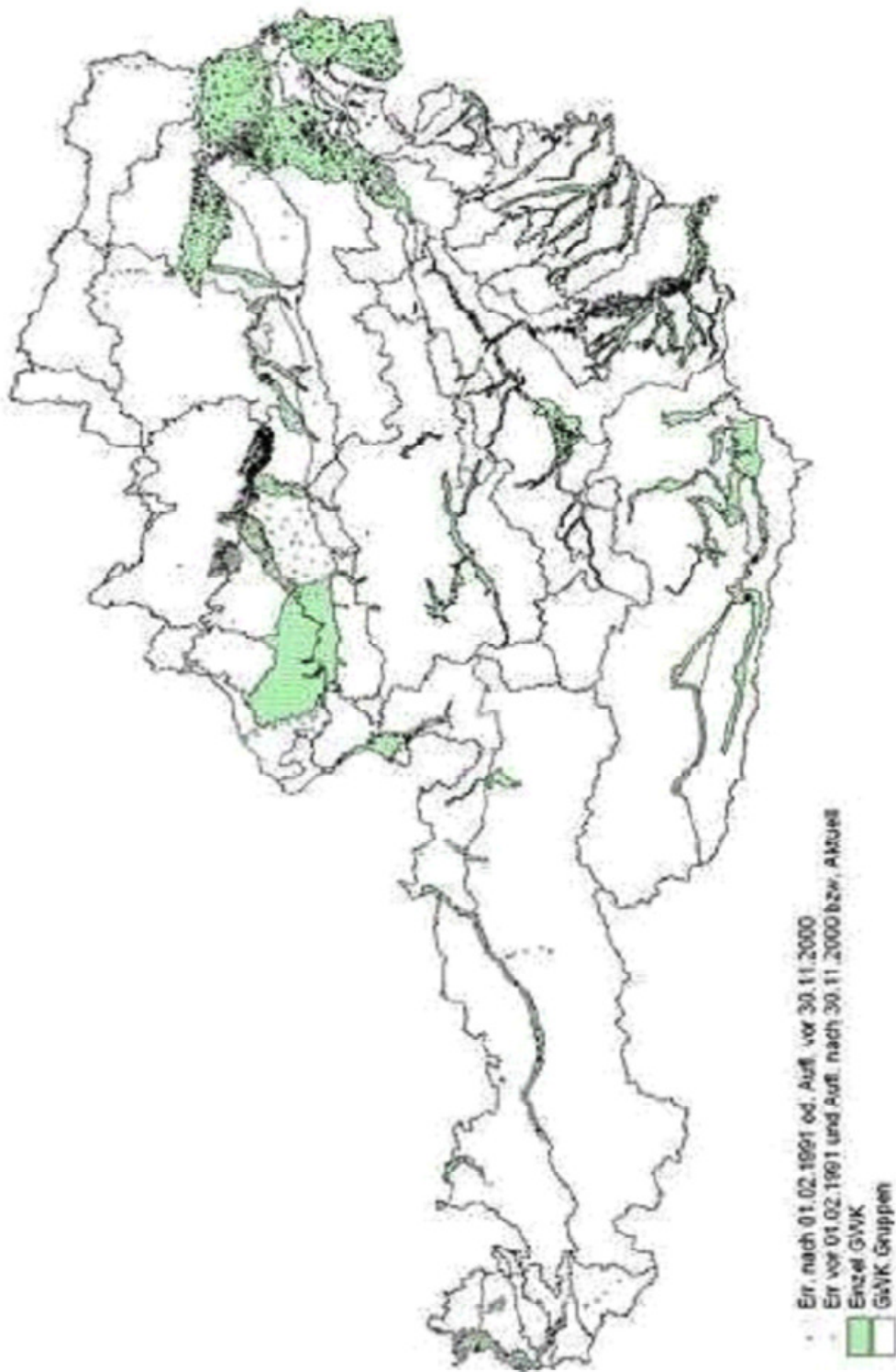


Abbildung 3: Grundwasserstandsmessnetzes und ausgewiesene Grundwasserkörper in Österreich

Als Rumpfmessstellen werden jene Messstellen bezeichnet, die nicht über den gesamten Bezugszeitraum beobachtet wurden und/oder zu große Datenlücken aufweisen.

Als Trendmessstellen werden jene Messstellen bezeichnet, die über den gesamten Bezugszeitraum beobachtet wurden und keine oder nur geringe Datenlücken aufweisen.

Die Veränderungen der Messnetze machten eine Prüfung erforderlich, ob die Anzahl und die räumliche Verteilung der Trendmessstellen überhaupt ausreichen und geeignet sind, um eine Risikobeurteilung durchführen zu können. Eine quantitative Risikobeurteilung für einen Einzelporengrundwasserkörper wurde nur dann durchgeführt, wenn im Bezugszeitraum an einer ausreichenden Anzahl von Messstellen Grundwasserstandsdaten vorlagen.

Eine Überprüfung der erforderlichen Anzahl von Trendmessstellen zur Beschreibung des Grundwassergeschehens wurde an Hand der Größe, Hydrogeologie und Topographie des Grundwasserkörpers, der Nutzungsstruktur, der Ergebnisse von Messnetzoptimierungen sowie der Anzahl beobachteter WGEV-Messstellen für jeden Einzelporengrundwasserkörper vorgenommen. Erwies sich die Datenlage als unzureichend, waren die räumliche Verteilung der Trendmessstellen, die Lage und Länge der Zeitreihen, allenfalls vorhandene Rumpfmessstellen sowie das Grundwassergeschehen in hinsichtlich ihrer Größe und Hydrogeologie vergleichbaren Einzelporengrundwasserkörpern zusätzlich zu berücksichtigen.

Tabelle 1 gibt für die in Österreich ausgewiesenen Einzelporengrundwasserkörper, die Anzahl der beobachteten, der den Auswertungen zu Grunde liegenden und die Mindestanzahl der für die Risikobeurteilung erforderlichen Grundwassermessstellen wieder.

Tabelle 1: Anzahl der Messstellen in den Einzelporengrundwasserkörpern

GWK Nr.	GWK Bezeichnung	Länder	GWK Fläche km ²	Mindestanzahl an Messstellen	beobachtete Messstellen	ausgewertete Messstellen	Bezugszeitraum 1990 bis 2001	Bezugszeitraum 1997 bis 2001	unzureichende Datenlage
GK100001	Großache [DBJ]	Tir	30	6	8	5			
GK100002	Inntal [DBJ]	Tir	223	73	176	73			
GK100003	Kobernaubergwald, Hausruck [DBJ]	Ooe	916	30		0			
GK100004	Lechtal [DBJ]	Tir	49	8	16	8			
GK100005	Pinzgauer Saalachtal [DBJ]	Sbg	56	15		0			
GK100006	Unteres Salzbachtal [DBJ]	Sbg	182	40	99	40			
GK100017	Erlaufthal / Pöchlerner Feld [DUJ]	Noe	64	15	17	15			
GK100018	Heideboden [DUJ]	Bgl	113	9	25	9			
GK100019	Machland [DUJ]	Ooe	112	30	56	48			
GK100020	Marchfeld [DUJ]	Noe, Wien	942	100	220	166			
GK100021	Parndorfer Platte [LEI]	Bgl	254	15	33	15			
GK100022	Pielachtal [DUJ]	Noe	48	5	9	8			
GK100023	Südl. Machland [DUJ]	Noe	43	15	20	19			
GK100024	Südl. Wiener Becken [DUJ]	Bgl, Noe, W	1228	150	311	277			
GK100025	Traisental [DUJ]	Noe	97	10	21	18			
GK100026	Tullnerfeld [DUJ]	Noe	587	80	145	113			
GK100027	Unteres Ennstal (NT,OT) [DUJ]	Noe, Ooe	118	10	14	13			
GK100028	Ybbstal / Ybbssee Scheibe [DUJ]	Noe	119	32	38	33			
GK100036	Eferdinger Becken [DUJ]	Ooe	120	42	51	45			
GK100037	Liesing [MUR]	Stk	21	6	8	6			
GK100038	Linzer Becken [DUJ]	Ooe	97	30	65	60			
GK100039	Mittleres Ennstal (Trautenfels bis Gesäuse) [DUJ]	Stk	80	10		0			
GK100040	Oberes Ennstal (Landesgrenze bis Trautenfels) [DUJ]	Stk	78	10	16	10			
GK100041	Palten [DUJ]	Stk	27	3		0			
GK100042	Traun [DUJ]	Stk	47	5		0			
GK100043	Unteres Ennstal (Stmk) [DUJ]	Stk	18	2		0			
GK100044	Vöckla - Ager - Traun - Alm [DUJ]	Ooe	404	8	9	8			
GK100045	Welser Heide [DUJ]	Ooe	207	40	63	54			
GK100058	Altes Gurktal [DRA]	Ktn	40	7		0			
GK100059	Drautal [DRA]	Ktn, Tir	214	35	55	34			
GK100060	Gailtal [DRA]	Ktn	176	17	19	17			
GK100061	Giantal [DRA]	Ktn	81	1	5	1			
GK100062	Jauntal [DRA]	Ktn	210	5	10	5			
GK100063	Klagenfurter Becken [DRA]	Ktn	101	11	14	11			
GK100064	Krappfeld [DRA]	Ktn	37	1	11	1			
GK100065	Lavanttal [DRA]	Ktn	75	10		0			
GK100066	Metnitztal [DRA]	Ktn	18	4		0			
GK100067	Rosental [DRA]	Ktn	71	10	13	13			
GK100068	Tiebel [DRA]	Ktn	33	4		0			
GK100069	Unteres Gurktal [DRA]	Ktn	33	6		0			
GK100096	Aichfeld-Murboden (Judenburg - Knittelfeld) [MUR]	Stk	163	20	56	40			
GK100097	Grazer Feld (Graz/Andritz - Wildon) [MUR]	Stk	166	40	136	96			
GK100098	Leibnitzer Feld [MUR]	Stk	103	25	85	80			
GK100099	Mittl. Murtal Knittelfeld bis Bruck/Mur [MUR]	Stk	106	20	28	27			
GK100100	Murdurchbruchstal (Bruck/Mur - Graz)	Stk	43	15	40	39			
GK100101	Oberes Murtal [MUR]	Stk	76	6	6	6			
GK100102	Unteres Murtal [MUR]	Stk	195	62	80	71			
GK100103	Kainach [MUR]	Stk	78	8	8	8			
GK100104	Lassnitz, Stainzbach [MUR]	Stk	63	6	8	6			
GK100106	Sulm und Saggau [MUR]	Stk	74	5	14	9			
GK100126	Feistritztal [RRA]	Stk	56	11	11	9			
GK100127	Günstal [RRA]	Bgl	7	1	2	1			
GK100129	Lafnitztal [RRA]	Bgl, Stk	96	7	18	7			
GK100130	Pinkatal [RRA]	Bgl, Stk	80	11	18	11			
GK100131	Raabtal [RRA]	Bgl, Stk	114	10	14	10			
GK100132	Rabnitztal [RRA]	Bgl	40	7		0			
GK100133	Safental [RRA]	Stk	34	7		0			
GK100134	Seewinkel [RRA]	Bgl	443	55	88	55			
GK100135	Stoobbachtal [RRA]	Bgl	12	2		0			
GK100136	Stremtal [RRA]	Bgl	50	3	12	3			
GK100149	Rheintal [RHE]	Vbg	202	80	119	119			
GK100150	Walgau [RHE]	Vbg	48	20	116	69			
GK100156	Mürz [MUR]	Stk	60	15	19	18			
GK100174	Ilz und Rittscheintal [RRA]	Stk	40	4	4	4			

6 Methoden

6.1 Trendanalyse

Im Rahmen der durchgeführten Risikobeurteilung wurde der lineare Trend für die Jahresmittel der Grundwasserstände im Bezugszeitraum bestimmt. Auf diese Weise wurde verhindert, dass saisonale Schwankungen des Grundwassergeschehens das Ergebnis der Trendanalyse beeinflussen.

Die Berechnungen wurden für alle Trendmessstellen in den Einzelporengrundwasserkörpern durchgeführt. Die Prüfung auf Signifikanz eines Trends erfolgt auf einem Niveau von 95 % mittels Student-Test. Dieses Prüfniveau wurde gewählt, um ungenaue Trendaussagen zu vermeiden.

Eine Trendanalyse wurde nur mit Zeitreihen der Jahresmittel durchgeführt, deren Datenlücken das Ausmaß von maximal 10 % des Bezugszeitraumes (1990 bis 2001 bzw. 1997 bis 2001) nicht überschritten (siehe Beispiel Abbildung 4).

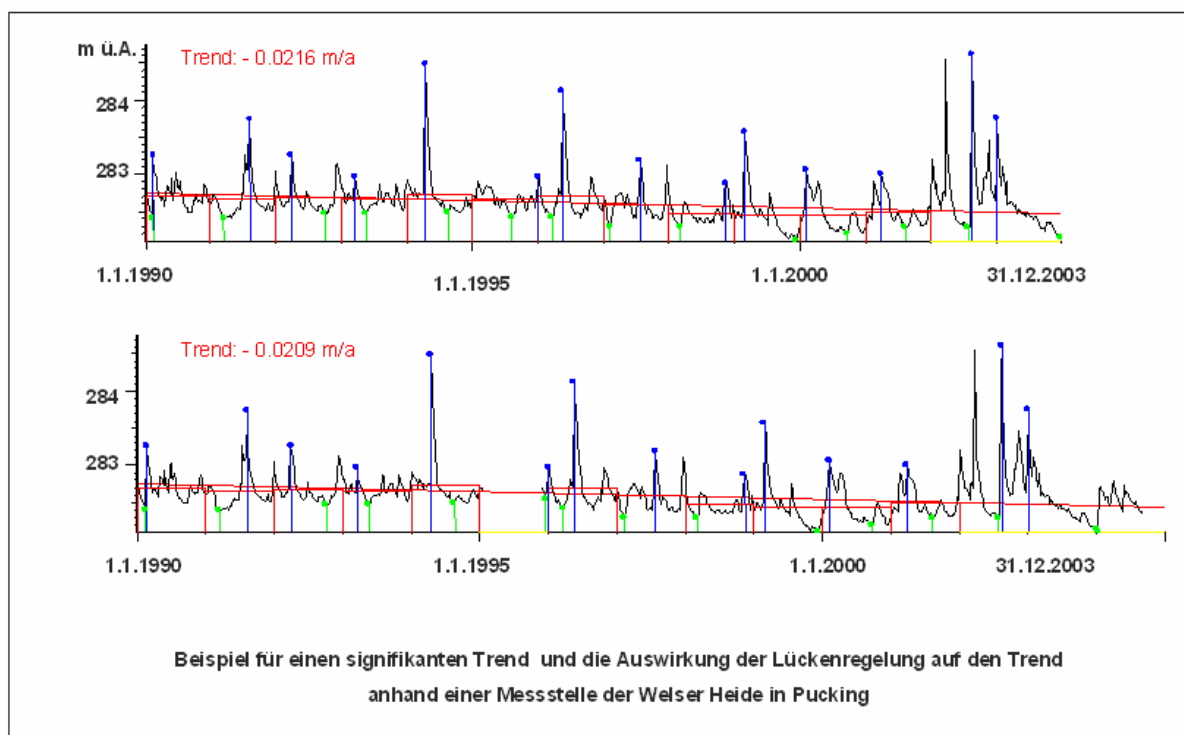


Abbildung 4: Beispiel für die Lückenregelung und Nicht-Signifikanz eines Trends

6.2 NGW-Stichtagsermittlung

Als Stichtag – Zeitpunkt des Auftretens der niedrigsten Grundwasserstände – wird jener Zeitpunkt innerhalb des Bezugszeitraumes bezeichnet, an dem das Mittel der Grundwasserstände aller Messstellen eines Grundwasserkörpers ein Minimum aufweist.

Der Einfluss des Grundwasserspiegelgefälles auf das Ergebnis der NGW-Stichtagsermittlung erwies sich bei Grundwasserkörpern mit räumlich ungleich verteilten Messstellen, wie dem Südlichen Wiener Becken, als problematisch. Um diesen Einfluss zu minimieren, wurden sämtliche NGW-Stichtagsermittlungen mit Grundwasserständen durchgeführt, die um den jeweiligen Messstellenmittelwert verringert waren.

Besonderes Augenmerk galt der Entwicklung eines Algorithmus zum automatischen Auffinden von Stichtagen, an welchen im gesamten Grundwasserkörper möglichst niedrige Grundwasserhältnisse herrschten.

Dabei wurde so vorgegangen, dass für jeden einzelnen Tag des Bezugszeitraumes das Mittel der an den Trendmessstellen gemessenen Grundwasserstände berechnet wurde. Das Minimum dieser Mittelwerte wurde für die Ermittlung des Stichtages nur dann herangezogen, wenn an zumindest 75% der Messstellen, für die eine Trendanalyse durchgeführt werden konnte, ein Messwert vorlag. Konnte diese Bedingung nicht erfüllt werden, dann wurde der Stichtag an Hand des nächst größeren Mittelwertes, an dem diese Bedingung erfüllt werden konnte, bestimmt. Auf diese Weise war sichergestellt, dass die Risikobeurteilung auf Basis einer repräsentativen Grundwasserspiegellage (NGW), die mittels einer ausreichenden Anzahl von Messstellen ermittelt wurde, durchgeführt werden konnte.

6.3 Ermittlung von NGW_{3M}

Die Ermittlung des NGW_{3M} erfolgte für jede Messstelle in einem Grundwasserkörper aus Einzelwerten der Grundwasserstände mittels gewichtetem Mittel über den Zeitraum 1,5 Monate vor und 1,5 Monate nach dem Stichtag (3-Monatsmittel).

Die diesen Ermittlungen zugrunde liegenden Zeitreihen dürfen im Mittelungszeitraum insgesamt nur 10% Lücken aufweisen. Konnte dieses Kriterium nicht erfüllt werden, dann wurde der NGW_{3M} an Hand von Monatsmittelwerten berechnet.

6.4 Ermittlung von MGW und MGW_{prog}

Der mittlere Grundwasserstand (MGW) wird für jede Messstelle in einem Grundwasserkörper, für die auch eine Trendanalyse durchgeführt werden konnte, aus dem arithmetischen Mittel der Jahresmittelwerte in einem Bearbeitungszeitraum ermittelt (Abbildung 5).

Der prognostizierte mittlere Grundwasserstand (MGW_{prog}) ist das arithmetische Mittel der im Prognosezeitraum extrapolierten Jahresmittel der Grundwasserstände (Abbildung 5). Der MGW_{prog} wird für jede Messstelle in einem Grundwasserkörper ermittelt.

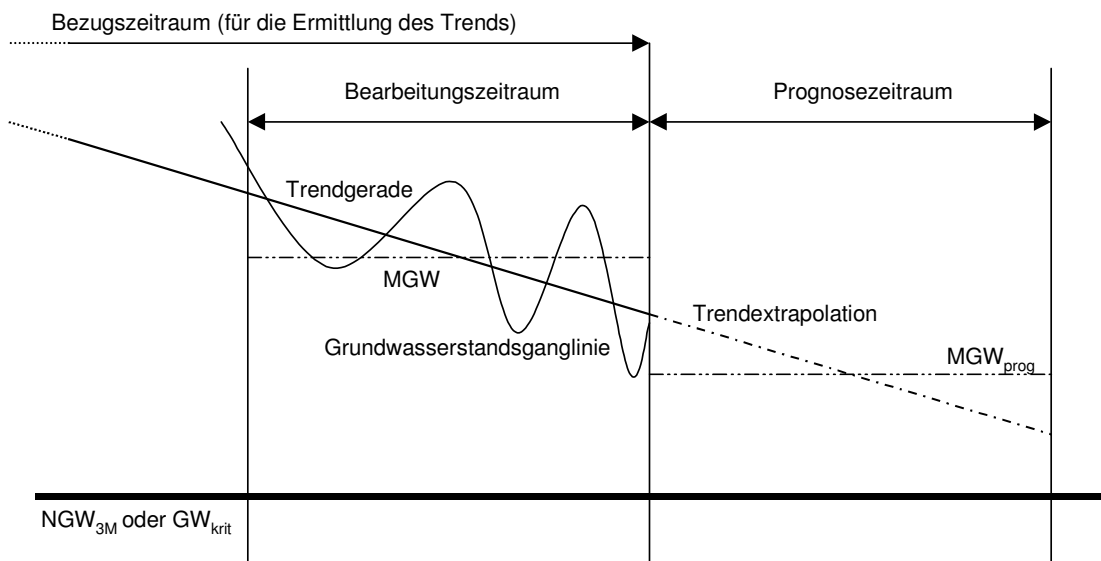


Abbildung 5: Definition MGW, NGW_{3M}, MGW_{prog} und Trend

7 Ergebnisdarstellung

7.1 Charakteristische Kennwerte

Die Kennwerte für die Risikobeurteilung wurden, nach Einzelporengrundwasserkörpern gegliedert, für alle ausgewerteten Messstellen in einer in fünf Blöcke unterteilten Tabelle dargestellt.

In den einzelnen Blöcken sind folgende Daten zusammengefasst (siehe auch Abbildung 6):

- Block 1 Stammdaten
- Block 2 Schwankungsbreiten und die an der Messstelle bisher beobachteten niedrigsten Grundwasserstände
- Block 3 Stichtags-NGW und 3-Monatsmittel NGW_{3M}
- Block 4 mittlerer Grundwasserstand MGW, prognostizierter Grundwasserstand MGW_{prog}, Ergebnisse der Prüfung auf Gleichgewicht, Risiko und der Trendanalyse.
- Block 5 Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

Diesen Tabellen voran- bzw. -nachgestellt sind je ein Ergebnis- und ein Auswertungsblatt (Abbildung 7 und Abbildung 8). Diese Blätter enthalten Angaben über jeden einzelnen Grundwasserkörper, wie die Anzahl der beobachteten und ausgewerteten Messstellen, nähere Angaben über die maßgeblichen Berechnungszeiträume, die Ergebnisse der Prüfung auf Gleichgewicht und auf Risiko, das Ergebnis der Trendanalyse und eine verbale Beurteilung des mengenmäßigen Zustandes des Grundwasserkörpers.

	1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11
lfd. Nr.	HZB-Nr.	WGEV-Nr.	Messstellenname		Mst.-art	GOK	Sohl-		Koordinaten		Erricht.-Datum	Aufli.-Datum
						Gel.-oberk. [m ü.A.]	lage	tiefe	X-Kegel	Y-Kegel		
							[m ü.A.]	[m]	[m]	[m]	[m]	

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
vorliegende Daten										Schwankungsbreite			
kont. Beobachtung		Einzelwert-ZR (kont.)				aggregierte ZR (Monmit)				obere		untere	
Beginn	Ende	Beginn	Ende	Soll-Dauer [d]	% Ist v.S.	Beginn	Ende	Soll-Dauer [d]	% Ist v.S.	Datum	max [m]	Datum	max [m]

26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Messst.-NGW (M-NGW _{min}) ohne kont. Beobachtung/Aggregation				Messst.-NGW (M-NGW) mit kontinuierlicher Beobachtung					3 Monatsmittel des M-NGW (M-NGW _{3M})			
Datum	Wasserstand [m ü.A.]	Flurabst. [m]	Messwert-Code	Datum	Wasserstand [m ü.A.]	Flurabst. [m]	Messwert-Code	Lage über M-NGW _{min} [m]	Wasserstand [m ü.A.]	Flurabst. [m]	Mittelwert-Code	Lage über M-NGW [m]

39	40	41	42		43	44	45	46	47
Sichtags-NGW (1990 - 2001)				lfd. Nr.	3 Monatsmittel des Stichtags-NGW (NGW _{3M}) (1990 - 2001)				
ermitteltes Datum: 26.09.1993					Wasserstand [m ü.A.]	Flurabst. [m]	Mittelwert-Code	Lage über Stichtags-NGW [m]	Lage über M-NGW _{3M} [m]

43	44	48	49	50	51		52	53	54	55	56
NGW _{3M} (1990-2001)		Messt.-MGW (1990-2001)		MGW _{prog} (2002-2010)		lfd. Nr.					Trend 1990 - 2001
							Gleichgewicht		Risiko		
Wasserstand [m ü.A.]	Flurabst. [m]	Wasserstand [m ü.A.]	Flurabst. [m]	Wasserstand [m ü.A.]	Flurabst. [m]		Differenz MGW zu NGW _{3M} [m]	in % d. unt. Schwankungsbreite	Differenz MGW _{prog} zu NGW _{3M} [m]	in % d. unt. Schwankungsbreite	[m/a]

Abbildung 6: Tabellenköpfe für die fünf Blöcke

Risikobeurteilung des mengenmäßigen Zustandes von Grundwasserkörpern	
Ergebnis	
Grundwasserkörper	Planungsraum
Nummer: Bezeichnung: Art: einzel-GWK zuständige Bundesländer: Fläche (gerundet auf km ²):	Nummer: Bezeichnung: Abkürzung:
Anzahl der Messstellen:	Anzahl der für die Risikobeurteilung ausgewerteten Messstellen:
Zeitraum für den Stichtag und Trend: 01.01.1990-31.12.2001 (Bezugszeitraum lt. "Strategiepapier Entnahmen")	
Zeitraum für MGW: 01.01.1990-31.12.2001 (Bearbeitungszeitraum lt. "Strategiepapier Entnahmen")	Zeitraum für MGW_{prog}: 01.01.2002-31.12.2010 (Prognosezeitraum lt. "Strategiepapier Entnahmen")

Abbildung 7: Ergebnisblatt

Auswertung	
Grundwasserkörper Nummer: Bezeichnung:	
Anzahl der für die Risikobeurteilung ausgewerteten Messstellen:	Stichtagstermin:
Prüfung auf Gleichgewicht	Prüfung auf Risiko
Anzahl der Messstellen mit $MGW = NGW_{3M}$: / % ¹	Anzahl der Messstellen mit $MGW_{prog} = NGW_{3M}$: / % ¹
Anzahl der Messstellen mit $MGW < NGW_{3M}$: / % ¹	Anzahl der Messstellen mit $MGW_{prog} < NGW_{3M}$: / % ¹
GW-Körper ist im Gleichgewicht: ²	Risiko, dass der gute mengenmäßige Zustand nicht gegeben ist: ³
Trenduntersuchung	
Anzahl der Messstellen mit positivem oder keinem Trend:	Ergebnis der Risikobeurteilung Der Grundwasserkörper befindet sich in guten mengenmäßigen Zustand
Anzahl der Messstellen mit negativem Trend:	
Mittlerer Trend des GW-Standes im GW-Körper pro Jahr: [m/a] ⁴	
<small>1 Prozentzahlen beziehen sich auf die Anzahl der für die Risikobeurteilung ausgewerteten Messstellen. 2 Ein Grundwasserkörper befindet sich im Gleichgewicht, wenn 75 % oder mehr der ausgewerteten Messstellen die Bedingung $MGW = NGW_{3M}$ erfüllen. 3 Ein Risiko, dass der gute mengenm. Zustand nicht gegeben ist, liegt vor, wenn mehr als 25 % der ausgewerteten Messst. die Bedingung $MGW_{prog} < NGW_{3M}$ erfüllen. 4 Mittelwert des Trends (Spalte 56) über alle ausgewerteten Messstellen.</small>	

Abbildung 8: Auswertungsblatt

7.2 Planliche Darstellungen

Unter Punkt 4.1 wurde dargestellt, dass der GW_{krit} dem NGW_{3M} gleichgesetzt werden kann, wenn neben anderen Kriterien bestimmte Grundwasserverhältnisse auch bei diesem tiefen Grundwasserstand weiterhin erhalten bleiben und bestimmte Nutzungen im erforderlichen Ausmaß gesichert sind.

Um zu überprüfen, ob diese Voraussetzungen gegeben sind, wurden Grundwasserspiegellagen und Fließvektoren bei NGW_{3M} und MGW_{3M} berechnet und in Form von Spiegellagenplots graphisch dargestellt.

Die Ermittlung des MGW_{3M} erfolgte für jede Messstelle in einem Grundwasserkörper stichtagsbezogen und als Mittel der Grundwasserstände über einen Zeitraum von 3 Monaten (1.5 Monate vor und nach dem Stichtag). Als Stichtag wird jener Tag bezeichnet, an dem die Summe der an allen Messstellen eines Grundwasserkörpers gemessenen Grundwasserstände ein Mittel aufweist.

Zur besseren Lesbarkeit der Spiegellagenplots (Abbildung 9 und Abbildung 10) wurden in diese auch die Grenzen der einzelnen Grundwasserkörper, das Messnetz samt Risiko-Kennzeichnung der einzelnen Messstellen, Flüsse und Landesgrenzen eingetragen. Grundlage für die Erstellung dieser Spiegellagenplots bildeten die über das im Hydrographischen Zentralbüro installierten GIS-System abrufbaren Daten.

Auswertungen der Spiegellagenplots zeigten, dass mittels der durchgeführten Interpolationen nachvollziehbare Grundwasserspiegellagen erstellt werden konnten und die Messnetze, vor allem die in den schon länger beobachteten Einzelporengrundwasserkörpern, das Grundwassergeschehen gut repräsentieren.

Lediglich 4 von insgesamt 1000 Messstellen in 60 Porengrundwasserkörpern erwiesen sich für die Erstellung eines Spiegellagenplots nicht geeignet.

Ein Vergleich der beiden Grundwasserspiegellagen ergab, dass im Bearbeitungszeitraum bei NGW_{3M} keine nachteilige Beeinflussung der quantitativen Grundwasserverhältnisse zu befürchten ist.

NGW_{3M}- Welser Heide[DUJ] - GWK 100045
Grundwasserstandsplan der 3-Monatsmittel der Niederwasserstichtagswerte

Planungsraum:
BG 100003 - Donau unterhalb Jochenstein

Bezugszeitraum:
1990 - 2001

Stichtagstermin
16.10.1992

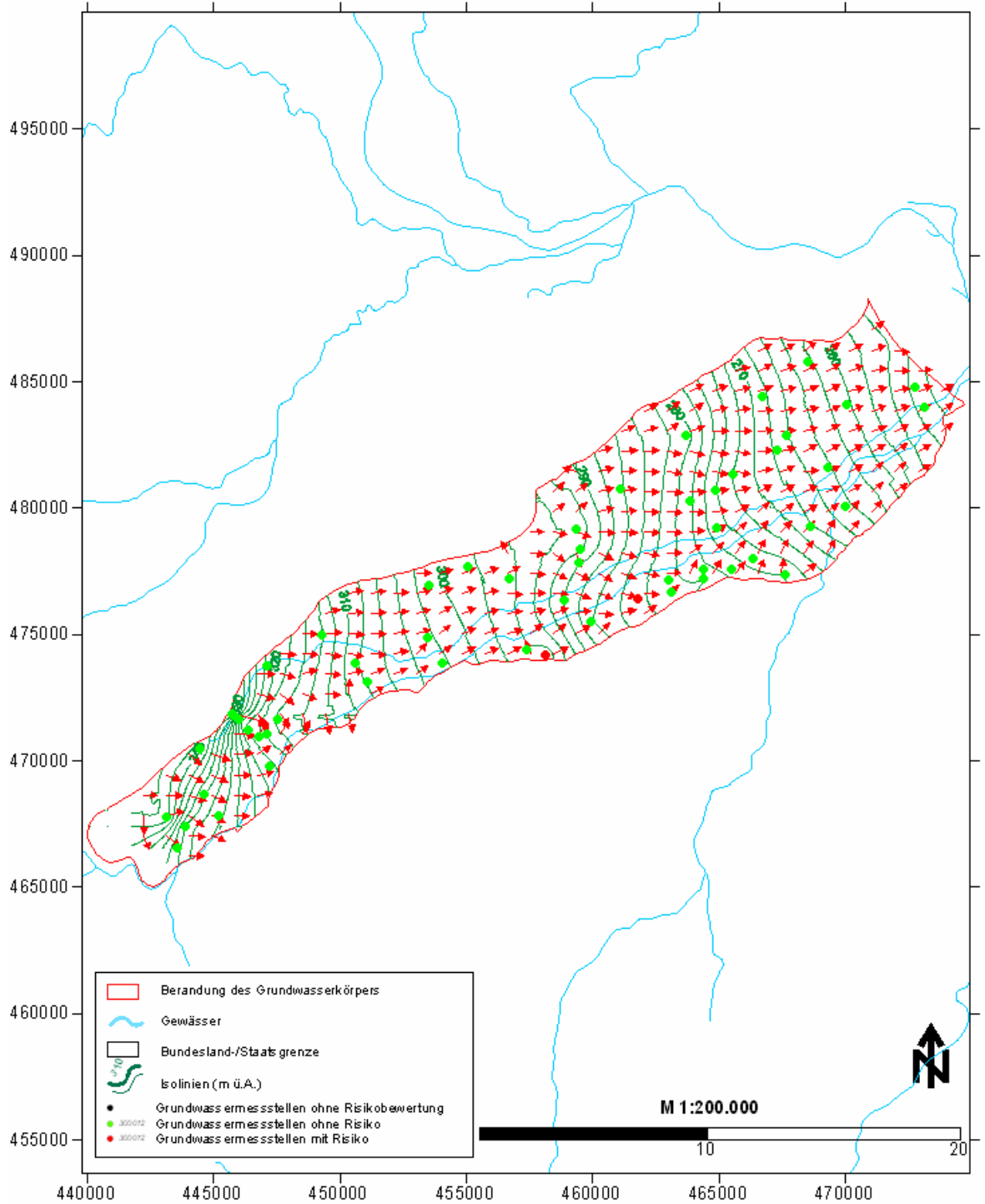


Abbildung 9: Spiegellagenplot mit Fließvektoren für stichtagsbezogenen NGW3M (1990 – 2001)

MGW_{III} - Welser Heide[DUJ] - GWK 100045
Grundwasserstandsplan der 3-Monatsmittel der Mittelwasserstichtagswerte

Planungsraum:
BG 100003 - Donau unterhalb Jochenstein

Bezugszeitraum:
1990 - 2001

Stichtagstermin
25.1.1996

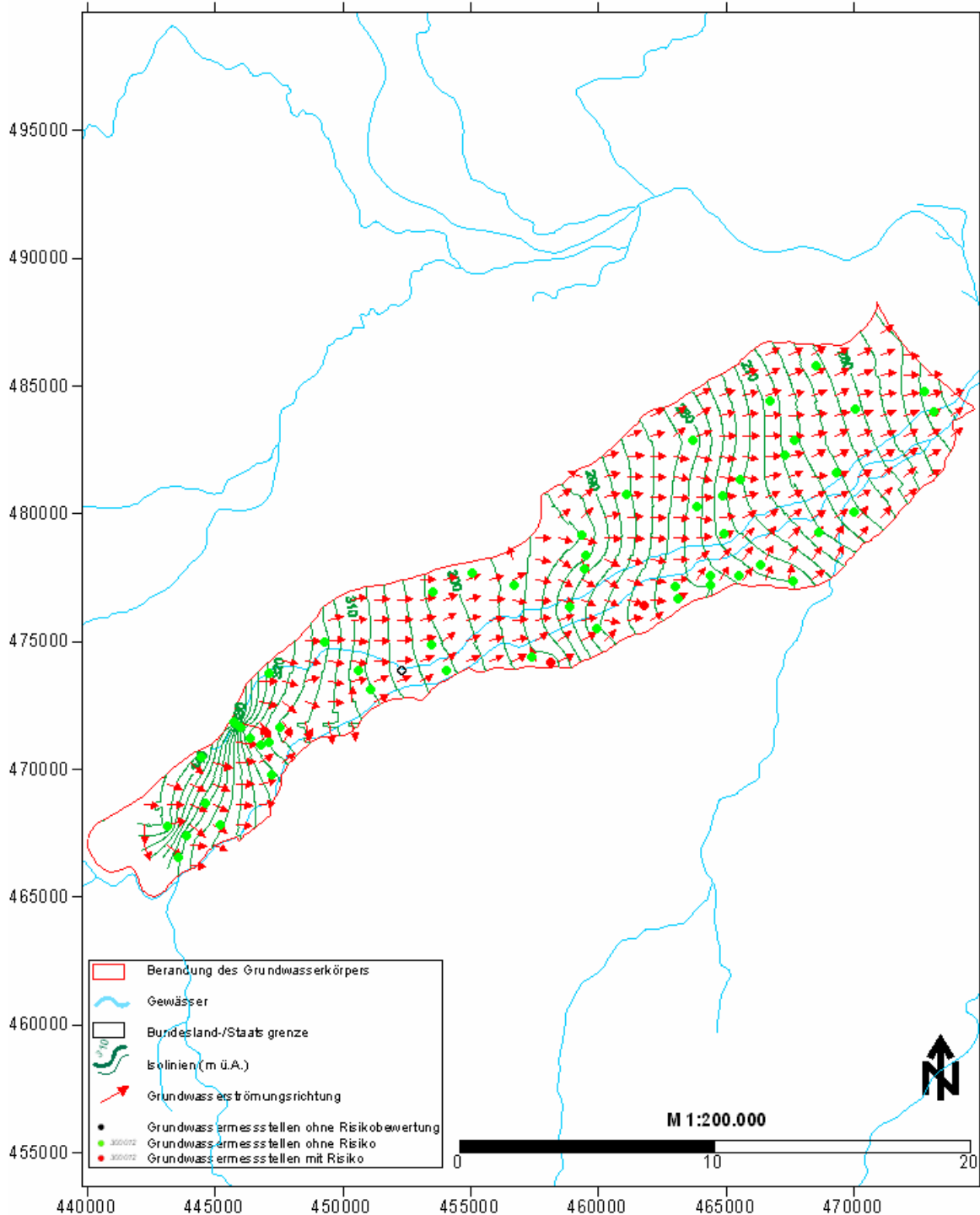


Abbildung 10: Spiegellagenplot mit Fließvektoren für stichtagsbezogenen MGW_{3M} (1990 – 2001)

8 Literatur

BMLFUW(2002): Wasserrahmenrichtlinie, Arbeitskreis E Grundwasser, Strategiepapier „Lage und Abgrenzung von Grundwasserkörpern“,
<http://publikationen.lebensministerium.at/>

BMLFUW(2004): Wasserrahmenrichtlinie, Arbeitskreis E Grundwasser, Strategiepapier „Grundwasserentnahmen“
<http://publikationen.lebensministerium.at/>

SAMEK M., O. VOLLHOFER: Quantitative Risikobeurteilung von Grundwasserkörpern nach den Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL).
Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Heft 3 - 4, März/April 2004, 56. Jahrgang

Anschrift der Verfasser:

MR Dipl.-Ing. Gabriele Fuchs, OR Dipl.-Ing. Michael Samek und
MR Dipl.-Ing. Dr. Otto Vollhofer

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Marxergasse
2, A-1030 Wien

E-mail: gabriele.fuchs@lebensministerium.at
michael.samek@lebensministerium.at
otto.vollhofer@lebensministerium.at

Erfahrung mit der Kalibrierung von Wippengeräten am Beispiel des Grazer Versuchsgebietes

Experience in calibration of tipping bucket gauges by means of the research area Graz

Vilmos Vasvári, Martin Hochedlinger und Werner Sprung

Niederschlagsmessung, Niederschlagswippe, Intensitätenvergleich, Kalibrierung,
Kanalmonitoring
precipitation measurements, tipping bucket, comparison of intensities, calibration, sewer-
monitoring

Zusammenfassung

Im Grazer Versuchsgebiet werden durch das Institut für Siedlungswasserwirtschaft der TU Graz Niederschlag und Abfluss beobachtet. Die Niederschläge werden durch sieben Wippen und eine mobile Waage erfasst. Messungen haben bereits in den vergangenen Jahren eine Abweichung zwischen gemessenen und tatsächlichen Niederschlagsintensitäten gezeigt (VASVÁRI, 1995). Die Niederschlagsmessungen werden für Kanalsimulationsrechnungen benötigt (HOCHEDLINGER et al., 2003). Deswegen werden diese Abweichungen durch Kalibrierungen kompensiert. Mit Hilfe eines mobilen und tragbaren Kalibriergerätes werden diese durchgeführt (BERGMANN et al., 2001). Im vorliegenden Beitrag werden der Kalibrierungsvorgang und deren aktuellen Ergebnisse an sieben Messstationen präsentiert.

Summary

In the Graz research area precipitation and runoff are observed by the Institute of Urban Water Management of the University of Technology Graz. Precipitation is measured by seven tipping bucket gauges and one weighing gauge. So far deviations between measured and actual intensity could be noticed (VASVÁRI, 1995). These precipitation measurements are further used for sewer simulations (HOCHEDLINGER et al., 2003). Therefore these deviations are improved by calibrations using a portable calibration instrument (BERGMANN et al., 2001). In this paper the calibration process of the seven gauges and its latest results are presented.

1 Einführung

Wippengeräte sind die populärsten Messinstrumente, die von vielen nationalen hydrographischen und meteorologischen Diensten verwendet werden. Hohe Genauigkeit der Werterfassung im niedrigen bis mittleren Intensitätsbereich und ein hervorragender Mechanismus des Schaltsystems, Eignung für Fernaufzeichnung sowie Zuverlässigkeit zeichnen diese Messgeräte aus. Wippengeräte sind bekannt für die Unterschätzung des Niederschlages bei höheren Intensitäten wegen des Wasserverlustes während der Bewegung der Wippe (MARSALEK, 1981).

In Graz werden die Niederschlagsmessungen mit automatisch aufzeichnenden Wippengeräten durchgeführt. Im Stadtgebiet werden vom Institut insgesamt sieben Messstationen betrieben, von welchen drei bereits seit acht Jahren an ihren Standorten im Einsatz sind. Das Messnetz wird vom Kanalbauamt betreut und die Auswertungen am Institut durchgeführt.

Im Grazer städtischen Versuchsgebiet werden Niederschlagsmessgeräte eingesetzt, um in einem urbanen Gebiet einerseits die Jahresniederschlagshöhen, andererseits die Niederschlagshöhen bei Starkregenereignissen zu erfassen.

Niederschlagsdaten bilden die Eingangsgrößen von mathematischen Modellen, die die Abflussvorgänge an der Oberfläche, in den Gewässern und unterirdisch in den Kanälen und im Grundwasserkörper abbilden. Die Bemessung der Bauwerke des Siedlungswasserbaues wird heute mit Modellen durchgeführt. Damit liegt die Wichtigkeit der Kenntnis über den Niederschlag auf der Hand – sie wirkt sich direkt auf die Bau- und Wartungskosten aus.

Die Güte und Vertrauenswürdigkeit der Messdaten steigern deren Wert. Bei wichtigen Eckdaten wie Jahresniederschlag oder Intensitäten von Starkniederschlägen sind diese für den Planer Ausgangspunkte für seine Überlegungen. Die Kalibrierung von Wippengeräten ist ein wesentlicher Beitrag, um die Güte der Messdaten zu steigern.

Deshalb ist es wichtig, die sorgfältige Kalibrierung der Messgeräte regelmäßig vorzunehmen, um die korrekte Messung von beiden Größen, hohen Intensitäten und den Niederschlagsmengen zu garantieren. Die erfassten Niederschlagswerte bilden die Grundlage zur Optimierung von Kanalnetzen und deren Steuerungsstrategien.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, Kontrollmessungen an den erwähnten Niederschlagsmessstationen durchzuführen, um herauszufinden, wie groß die Abweichung zwischen der registrierten und der tatsächlichen Intensität ist. Diese Abweichung wird in Form von Kalibrierkurven als Gerätecharakteristik angeführt. Mit Hilfe von diesen Kurven oder der Korrekturfaktoren können die gemessenen Intensitäten korrigiert und in die aktuellen Werte konvertiert werden. Wegen der enormen Datenmenge ist die Korrektur nur durch eine Software möglich.

2 Das Niederschlagsmessnetz in Graz

Das Institut für Hydrologie und Hydraulik begann mit der Einrichtung eines kleinen städtischen Versuchsgebietes in Graz bereits im Jahre 1989. In diesem Gebiet, im Grazer Stadtteil Waltendorf, wurden neben den zwei Niederschlagsmessstationen zwei Abflussmessstellen eingerichtet und betreut. Der Standort der ursprünglichen Niederschlagsmessstationen musste 1994 bzw. 1995 verlegt werden. Die erste Abflussmessstelle (Kanaleinlauf) wurde 1991 eingerichtet, die zweite 1996.

Im Jahre 2001 übernahm das Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau die Betreuung des Versuchsgebietes und somit oblagen dem Institut die wissenschaftliche Betreuung der Erweiterung des Messnetzes und die damit verbundene Kalibrierung der neu errichteten Messstationen. Im Jahre 2003 wurden im Stadtgebiet Graz weitere vier Niederschlagsmessstationen in Betrieb genommen (Abbildung 1).

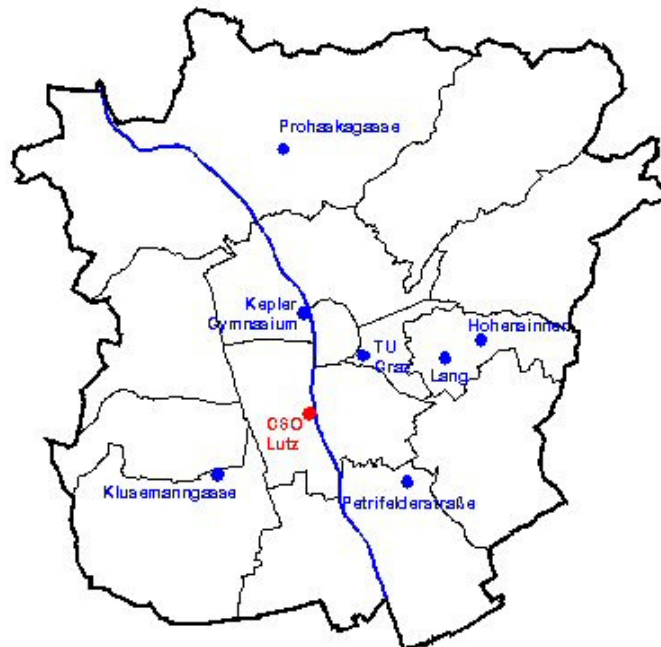


Abbildung 1: Lageplan mit dem hydrologischen Messnetz und der Kanalmonitoring Station in Graz

3 Kanal-Monitoring-Messstation in Graz

Hauptziel der Kanal-Monitoring-Messstation Graz (GRUBER et al., 2004) ist neben der Erfassung der Häufigkeit und Dauer von Entlastungsereignissen auch die onlinemäßige Erfassung der abgeschlagenen Jahresschmutzfrachten im Bereich einer Mischwasserentlastung – CSO Lutz - (Abbildung 1) im Stadtgebiet von Graz in den Vorfluter Mur. Das für dieses Vorhaben ausgewählte entlastete Einzugsgebiet, welches über keinerlei

Vorentlastungen verfügt, weist eine Größe von insgesamt 351 ha (102 ha₀) auf. In diesem Einzugsgebiet leben bzw. arbeiten ca. 13.000 Personen.

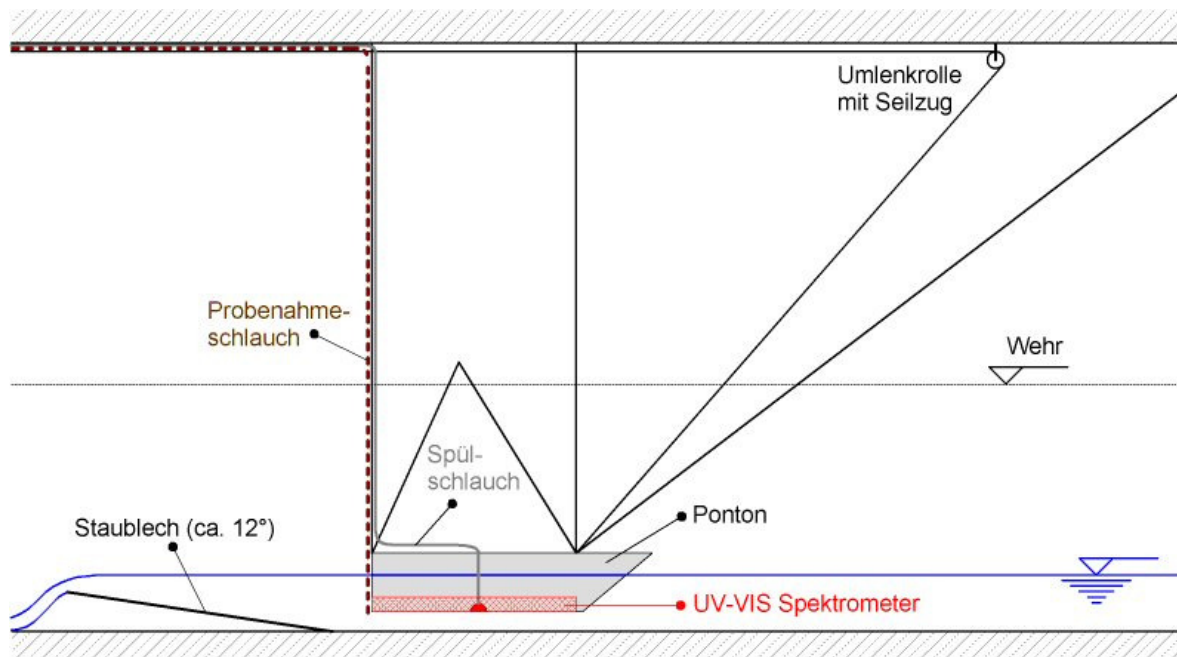


Abbildung 2: Kanal-Monitoring-Messstation mit Spektrometer (GRUBER et al., 2004)

Direkt im Abwasserstrom eingebaut ist ein in einem schwimmenden Ponton (Abbildung 2) integriertes Multi-Spektrometer zur Erfassung der organischen Kohlenstoffverbindungen, der Feststoffkonzentrationen, des Nitrats und der Abwassertemperatur. Um nicht nur im Falle von Entlastungsereignissen Informationen über die Abwasserqualität zu erhalten, wurde der Ponton mit dem Multi-Spektrometer zur Erfassung der in den Vorfluter abgeschlagenen Schmutzfrachten nicht im Entlastungskanal, sondern in der Schmutzwasserrinne des Zulaufkanals montiert.

Das Messfenster des Spektrometers wird in regelmäßigen Abständen mit Druckluft gereinigt. Zur Referenzierung und zum Erstellen von sog. „lokalen“ Kalibrierungen wurde der Ansaugschlauch des Probenahmegerätes direkt am Kiel des Pontons in unmittelbarer Nähe des Messfensters fixiert.

Im Zulaufkanal zur Mischwasserkammer wurden zur Messung der dem Mischwasserüberlauf zufließenden Wassermengen ein berührungsloses Radarmessverfahren (Q_1) und im Entlastungskanal zur Messung der abgeschlagenen Wassermengen (Q_3) ein Ultraschall-Korrelationsmessverfahren mit getrennter Wasserstandsmessung eingebaut. Genauere Informationen über diese Messstelle können auch unter der Projekts-Homepage www.imw.ac.at abgerufen werden.

4 Kalibrierung der Wippengeräte

In diesem Abschnitt werden der Gegenstand der Kalibrierung, die Wippengeräte und der Kalibrierungsvorgang selbst kurz beschrieben.

4.1 Die Niederschlagsstationen in Graz

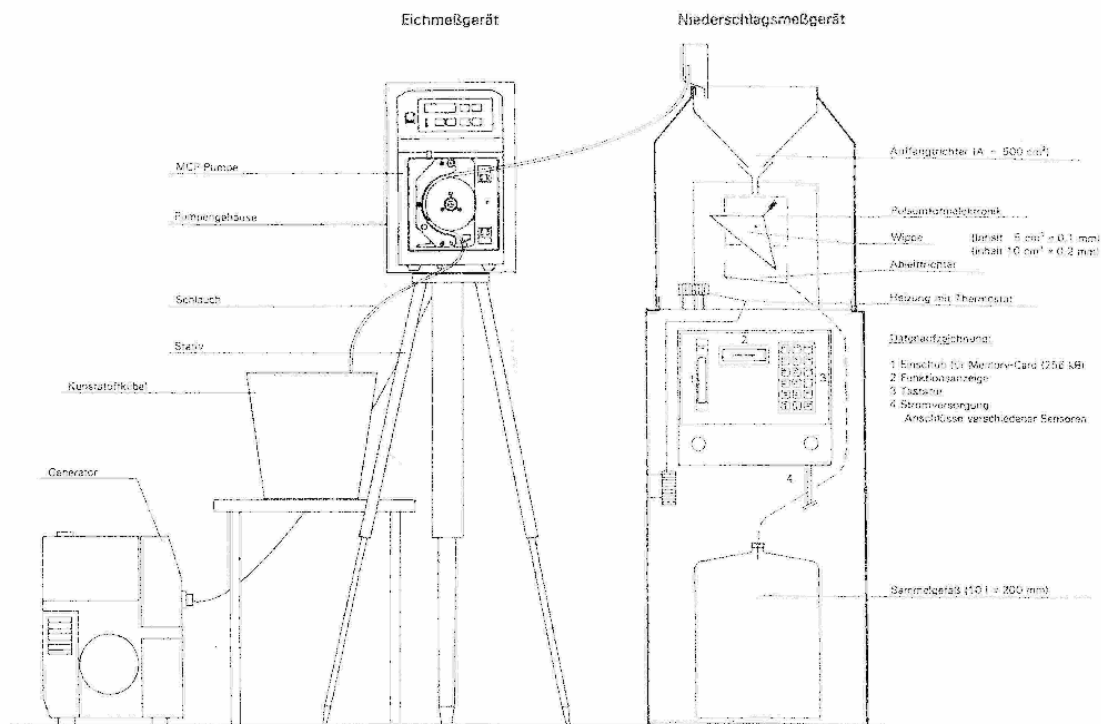


Abbildung 3: Schemaskizze eines Niederschlagsmessgerätes und der Kalibriereinrichtung (VASVÁRI, 1995)

Die im Grazer Versuchsgebiet eingesetzten Niederschlagsmessgeräte bestehen aus vier wesentlichen Elementen: dem Auffangtrichter, der Wippe, der Datenaufzeichnung und dem Sammelbehälter. Die Auffangfläche des Trichters variiert bei den zwei unterschiedlichen Messgerätetypen zwischen 200 oder 500 cm². Dementsprechend beträgt der Schaleninhalt der Wippe 2 oder 5 cm³, was einer Niederschlagshöhe von 0,1 mm gleichkommt. Die Datenaufzeichnung findet zeitvariabel statt; der Zeitpunkt jeder Wippung wird digital auf Festpeicher erfasst. Das Niederschlagswasser gelangt schließlich in den Sammelbehälter (Abbildung 3).

4.2 Statische und dynamische Kalibrierung von Niederschlagswippen

Zwei Methoden der Kalibrierung von Niederschlagswippen sind bekannt - die statische und die dynamische Kalibrierung. Die Voraussetzung beider Methoden ist, dass die Niederschlagswippe in Grundstellung in die Waagrechte gebracht wird.

Zwischen der aktuellen und der gemessenen Intensität besteht eine nichtlineare Beziehung. Diese Beziehung besteht, weil eine bestimmte Menge Wasser während der Dauer der Wippung verloren geht (CALDER & KIDD, 1978).

Bei der statischen Kalibrierung wird z.B. mit einer Pipette dem Inhalt einer Schale entsprechendes Volumen Wasser angesaugt und langsam in eine der Schalen getropft. Die Wippung muss genau nach Einlangen des letzten Tropfens in die Schale erfolgen. Ist dies nicht der Fall, wird der Anschlagnocken solange verstellt bis das Auskippen der Wippe nach dem letzten Tropfen eintritt. Anschließend wird dieser Vorgang für die andere Schale der Wippe durchgeführt. Oft ist es bei dieser Methode nicht möglich, für beide Stellungen der Wippe eine genaue Einstellung zu erzielen. Es ist jedoch anzustreben, dass beide Schalen auf die gleiche Wassermenge auskippen sollen.

Eine genauere Überprüfung erlaubt die dynamische Kalibrierung.

Bei der dynamischen Kalibrierung wird die Wippe mit Wasser bestimmten Volumens aus einem Behälter in einer vordefinierten Zeit beaufschlagt. Währenddessen wird die Anzahl der durch die Wippungen ausgelösten Signale registriert. Weiters wird die in der einen Schale nach der letzten Wippung zurückgebliebene Wassermenge gemessen. Dies kann wiederum mit einer Pipette erfolgen. Aufgrund der Anzahl der registrierten Wippungen und der Restwassermenge kann der Fehler der Wippe berechnet werden (CAMPBELL Scientific Ltd., 2000). Die bei der dynamischen Kalibrierung erforderliche Wassermenge kann auch mit einer Pumpe gefördert werden, wobei sich die Dauer eines Kalibrierungsschrittes nach der Anzahl der Wippungen ergibt, wie dies im Folgenden dargestellt wird.

4.3 Kalibriereinrichtung und -vorgang

Die einfache Kalibriereinrichtung wurde speziell für den Feldeinsatz entwickelt und besteht aus einer Schlauchquetschpumpe und einem transparenten Schlauch. Das Kalibriergerät dient zur Förderung einer konstanten Durchflussrate. Der zentrale Teil der Einrichtung ist eine MCP-360 Schlauchquetschpumpe. Zunächst wurde die Pumpe mit zwei Schläuchen unterschiedlicher Durchmesser im Labor zur Kontrolle der durch den Hersteller vorgegebenen Eichkurven der Schläuche kalibriert. Der Schlauch kleineren Innendurchmessers von 1,8 mm ist geeignet für Intensitäten bis 1 mm/min und der Schlauch größeren Innendurchmessers von 6 mm ist bis 7 mm/min geeignet. Das Niederschlagsmessgerät wird über den Schlauch und durch den Auffangtrichter mit einer vordefinierten Durchflussrate beaufschlagt. Das Wasser rinnt über die Wippe und wird unten im Sammelbehälter aufgefangen (Abbildung 3). Während des Messvorganges erfasst ein elektronisches System die durch die Wippung erzeugten Signale. Die Durchflussrate der Pumpe (simulierte Intensität) und die gemessene Intensität werden in zwei getrennten Messvorgängen aufgezeichnet. Die Durchflussrate kann in eine bestimmte

Intensität entsprechend der Auffangfläche des Trichters (200 cm² oder 500 cm²) umgerechnet werden.

Da nur die Drehzahl, jedoch nicht direkt der Durchfluss von der Pumpe eingestellt werden kann, werden die Drehzahlen in Zehnerschritten ausgewählt. Die Dauer einer Messung orientiert sich an der Anzahl der Wippungen, weil nur eine runde Anzahl der Wippungen messbar ist. Die Anzahl der Wippungen variiert je nach Einstellung in der Regel zwischen 5 und 15.

4.4 Auswertungen des Kalibriervorganges

Die Ergebnisse der Messdatenauswertung werden grafisch und tabellarisch dargestellt. Die aktuelle Intensität i_0 (Sollwert) aus der Durchflussrate und die gemessene Intensität i (Istwert) aus der Anzahl der Wippungen werden bestimmt. Weiters wird die relative Abweichung d der gemessenen Intensität von der aktuellen Intensität, bezogen auf die aktuelle Intensität durch folgende Formel ermittelt:

$$d = \frac{i - i_0}{i_0} \times 100 \quad [\%]$$

Der Korrekturfaktor c [-] wird berechnet durch die Formel:

$$c = \frac{i_0}{i}$$

Mit Hilfe des Korrekturfaktors c wird die aktuelle Intensität aus der gemessenen wie folgt berechnet werden:

$$i_0 = c \times i$$

wobei der Korrekturfaktor eine Funktion der gemessenen Intensität $c = c_{(i)}$ ist (VASVÁRI, 1995).

4.5 Datenkorrektur

Die Korrektur der gemessenen Daten wird mit Hilfe von Kalibrierkurven durchgeführt. Im Datenfile wird der Zeitpunkt einer Wippung aufgezeichnet. Eine Aufzeichnung bzw. eine Zeile in diesem Datenfile entspricht einem Volumen von 2 cm³ (oder 5 cm³) und einer Niederschlagshöhe von 0,1 mm. Aus dem Zeitintervall zwischen zwei aufeinander folgenden Aufzeichnungen wird ein Intensitätswert ermittelt. Diese Intensität wird mit Hilfe der Kalibrierkurve in die aktuelle Intensität umgerechnet und der entsprechende Schaleninhalt und die korrigierte Niederschlagshöhe berechnet. Der Zeitpunkt der Wippungen bleibt unverändert.

5 Ergebnisse der Kalibrierung

In der vorliegenden Untersuchung wurden zwei unterschiedliche Fabrikate von Wippengeräten getestet. Die Messinstrumente umfassen den Typ Horvath (Österreich) mit einer Auffangfläche

von 500 cm² und den Typ Young (USA) mit einer Auffangfläche von 200 cm². Die ersteren sind seit 1995 im Einsatz, die letztgenannten wurden im Sommer 2003 installiert. Die Intensitätsbereiche der Kalibrierung und deren Bewertung werden wie folgt definiert: von 0 bis 0,5 mm/min „niedrig“, von 0,5 bis 3,0 mm/min „hoch“, und über 3,0 mm/min „extrem“.

Während der Kalibrierung wurde beobachtet, dass ab Intensitäten von ca. 4 bis 4,5 mm/min das Niederschlagswasser wegen des zu kleinen Durchmessers der Zuleitung zur Wippe im Auffangtrichter zurück zu stauen beginnt. Daher sind die Messwerte in diesem Intensitätsbereich durch diese Erscheinung verfälscht und wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

5.1 Kalibrierkurven und relative Abweichungen

Der erste Schritt nach der Kalibrierung ist die Erstellung der Kalibrierkurven (Abbildung 4), welche in der Regel als Potenzfunktionen angegeben werden.

$$i_0 = a \times i^b$$

wobei a und b die Kalibrierungsparameter sind. Die für die sieben Messstationen ermittelten Kalibrierungsparameter sind in Tabelle 1 angeführt, wobei r den Korrelationskoeffizient darstellt.

Tabelle 1: Kalibrierungsparameter der sieben Wippengeräte (Potenzfunktion)

NS-Station	Hersteller/Typ	a	b	r ²
Hohensinner	Horvath	1.166	1.067	0.999
Lang	Horvath	1.020	1.103	0.998
TU Graz	Horvath	1.019	1.094	0.999
Prohaskagasse	Young	1.119	1.121	0.997
Petrifeldergasse	Young	1.313	1.098	0.998
Kepler Gymnasium	Young	1.148	1.173	0.997
Klusemangasse	Young	1.173	1.114	0.998

Wenn die Korrelation zwischen den gemessenen Daten und der Potenzfunktion nicht zufrieden stellend ist, wie dies in Abbildung 4 ersichtlich ist, können die Kalibrierungskurven durch einen Polynom zweiten Grades oder durch eine Anzahl von Regressionsgeraden angenähert werden. Auf diese Weise kann die Genauigkeit der Datenkorrektur erhöht werden. Um eine Anpassung so gut wie möglich zu erzielen, werden 6 bis 8 Bereiche bzw. Regressionsgeraden definiert. Es ist wichtig, Regressionsgeraden zu definieren, welche gemeinsame Beginn- und Endpunkte aufweisen.

Auf Basis der aktuellen und der gemessenen Intensitäten wurden die Korrekturfaktoren und die relativen Abweichungen für sämtliche Stationen berechnet. Abbildung 5 zeigt die relative Abweichung in Abhängigkeit von der tatsächlichen Intensität der untersuchten Stationen. Aufgrund des Verlaufes der Kurven kann generell festgestellt werden, dass nicht nur negative,

sondern auch positive Abweichungen auftreten. Erstere werden mit zunehmender Intensität größer, letztere nehmen mit steigender Intensität ab.

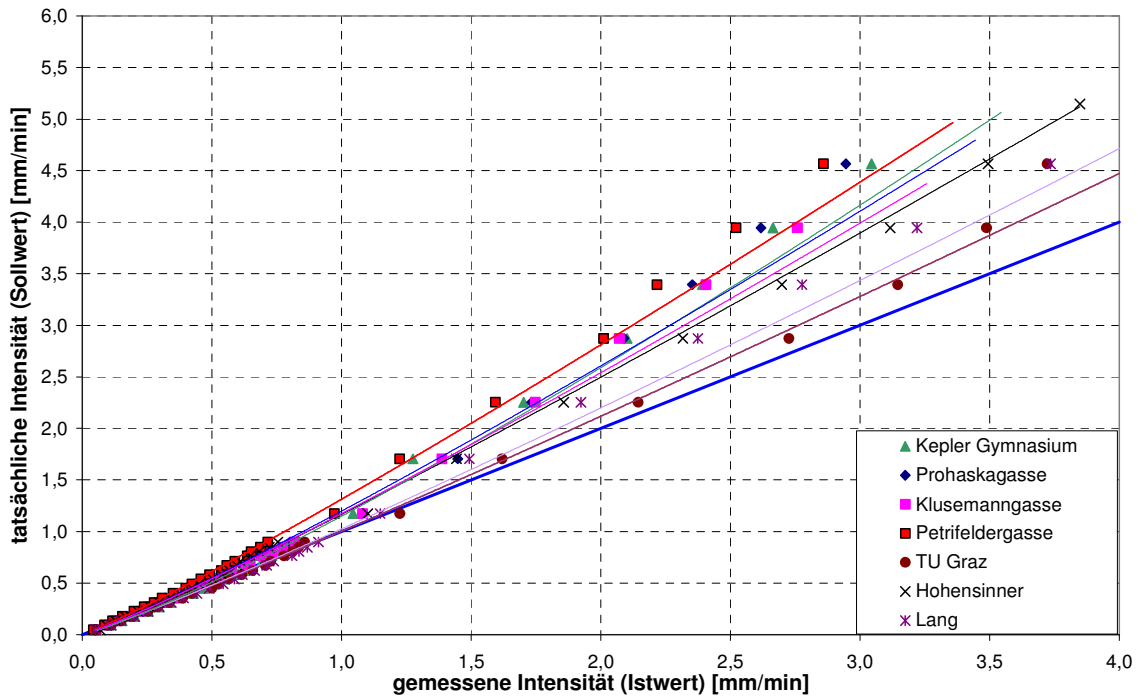


Abbildung 4: Gegenüberstellung der gemessenen mit der tatsächlichen Intensität

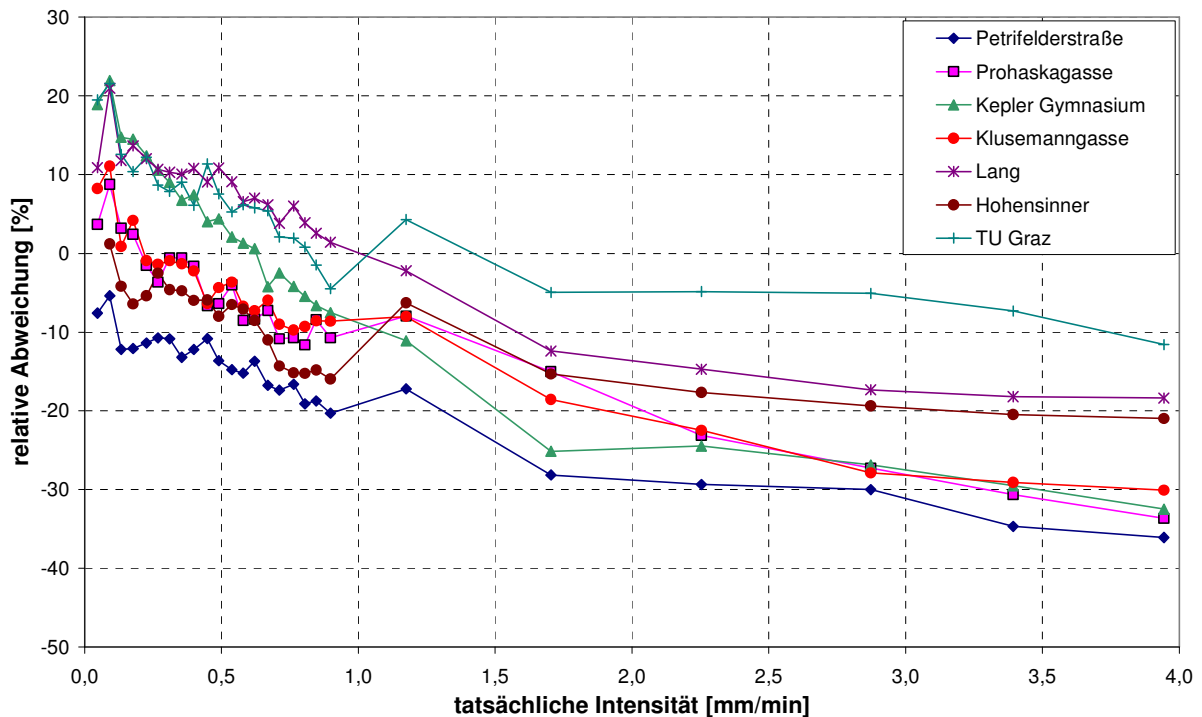


Abbildung 5: Die relative Abweichung in Abhängigkeit von der tatsächlichen Intensität

Es kann erkannt werden, dass die drei Wippen mit größerem Schaleninhalt (Lang, Hohensinner, TU Graz) im hohen Intensitätsbereich niedrigere relative Abweichungen haben als die vier mit kleinerem Wippeninhalt. Bei den letzteren überschreitet die relative Abweichung

sogar -30 %. Bei extremen Intensitäten variiert die relative Abweichung zwischen -10 und -36 %. Bei niedrigen Intensitäten kann die gemessene Intensität die tatsächliche sogar überschreiten. Die größte relative Abweichung in diesem Bereich beträgt 21 %. Bei Intensitäten über 1 mm/min ist die gemessene Intensität immer kleiner als die tatsächliche.

5.2 Die zeitabhängige Gerätecharakteristik

Anhand der vorliegenden Messdaten war es auch möglich, Kurven der relativen Abweichung zu unterschiedlichen Zeitpunkten zu vergleichen. Zwei Messstationen - Hohensinner und Lang - wurden nicht nur 2003, sondern auch bereits 1998 kalibriert. Wie sich die Kalibrierungskurven und somit die Kurven der relativen Abweichung verändert haben, wird in Abbildung 6 gezeigt. Bei der Station Hohensinner passen die Werte im niedrigen Intensitätsbereich gut zusammen. Im hohen Intensitätsbereich wurde in fünf Jahren die relative Abweichung niedriger. An der Station Lang kann sowohl im niedrigen als auch im hohen Intensitätsbereich eine Verschlechterung der Genauigkeit beobachtet werden.

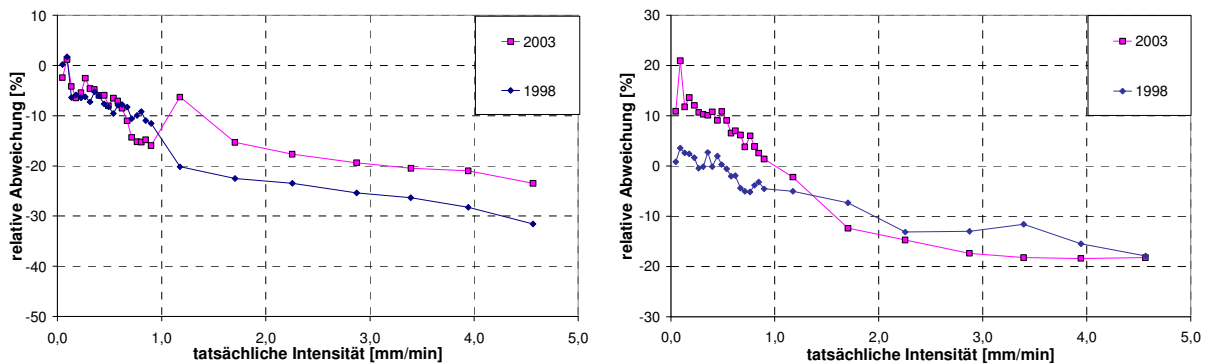


Abbildung 6: Die relative Abweichung von der tatsächlichen Intensität an den Stationen Hohensinner (links) und Lang (rechts)

Wie die oben beschriebene relative Abweichung die Niederschlagshöhe von längeren Zeitintervallen z.B. die Jahresniederschlagshöhe beeinflusst, wird in Tabelle 2 angeführt.

Tabelle 2: Vergleich der gemessenen und der korrigierten Jahresniederschlagshöhen zwischen 1998 und 2003 (Werte in Klammern stellen mit Datenverlust behaftete Werte dar)

NS-Station	Jahr	Jahresniederschlagshöhe [mm]		Abweichung [%]	Behälter
		NS-Wippe gemessen	NS-Wippe korrigiert		
Lang	1998	933,5	924,5	1,0	899,7
	1999	(845,9)	(838,1)	1,0	(900,6)
	2000	(766,1)	(754,1)	1,6	(791,1)
	2001	(548,5)	(537,4)	2,1	(547,0)
	2002	892,6	881,4	1,3	855,9
	2003	(549,5)	(485,7)	13,1	(579,1)
Hohensinner	1998	853,3	919,4	-7,2	901,8
	1999	(814,0)	(873,5)	-6,8	(909,5)
	2000	768,6	820,0	-6,3	831,5
	2001	514,8	546,5	-5,8	539,1
	2002	(690,7)	(733,7)	-5,9	(823,9)
	2003	607,4	659,7	-7,9	599,5

Die Jahre 1998 bis 2002 wurden mit der Kalibrierkurve von 1998 korrigiert, das Jahr 2003 bereits mit der neuen Kalibrierkurve. Die Werte der Abweichung der Jahresniederschlagshöhen an der Station Hohensinner sind in etwa konstant über die Beobachtungsperiode. Dies ist damit zu erklären, dass sich die relative Abweichung im Bereich der niedrigen Intensitäten, in dem die Niederschläge am häufigsten vorkommen, nicht wesentlich verändert hat. Die Verbesserung der Abweichung im Bereich der hohen Intensitäten wirkt sich auf die Jahresniederschlagshöhen unbedeutend aus. Die relative Abweichung der Jahresniederschlagshöhe entspricht etwa der relativen Abweichung der Intensität im Bereich von 0 bis 0,5 mm/min.

Dem gegenüber ist an der Station Lang im Bereich der niedrigen Intensitäten eine wesentliche Verschiebung in positive Richtung eingetreten und da die Häufigkeit der Niederschläge in diesem Bereich groß ist, zeigt sich die Abweichung eindeutig in der Jahresniederschlagshöhe. Dies kann auch in Abbildung 6 verfolgt werden. Die Kalibrierung von 1998 hat im Bereich $i < 0,5$ mm/min eine Abweichung zwischen -0,4 und 3,6 % festgestellt. Dies stimmt mit dem durchschnittlichen Fehler der Jahresniederschlagshöhen von 1,4 % überein. In diesem Bereich ist die Abweichung der Intensität auf 2003 auf über 10 % angestiegen, was auch in der auf 13,1 % angestiegenen relativen Abweichung der Jahresniederschlagshöhe erkennbar ist.

6 Vergleich Niederschlagswippe mit Niederschlagswaage

Am Standort Klusemanngasse wird für eine bestimmte Zeit neben der fix aufgestellten Niederschlagsstation mit Wippe auch eine mobile Waage betrieben. Dieser Vergleich soll genauere Aussagen bringen, welche der beiden Messsysteme für eine hydrodynamische bzw. eine Schmutzfrachtsimulation bessere Niederschlagsdaten liefern kann.

Durch eine hohe Güte von Niederschlagsdaten und von Abflussmessungen ergibt sich die Möglichkeit, die Rechenmodelle der Wirklichkeit weiter anzunähern. Wenn Rechenmodelle verändert werden, ist es absolut notwendig, dass alle Niederschlags- und Abflussmessstellen synchron geschaltet sind.

Da für diesen Anwendungsfall und für die Optimierung des bestehenden Kanalnetzes zusätzlich Informationen über die Verschmutzung des Abwassers, besonders im Mischwasserfall bei Starkregenereignissen, notwendig sind, wurde zu diesem Zwecke auch eine Kanal-Online-Monitoring-Messstelle eingerichtet. Die Analysen beinhalten den Beobachtungszeitraum vom 11.07.2003 bis 31.12.2003.

Die Situierung dieser beiden Messsysteme erfolgte nebeneinander in einem Abstand von ca. 3 m, um eine Vergleichbarkeit zu geben. Die Messstelle Klusemanngasse befindet sich im Süden des Einzugsgebietes der Mischwasserentlastung. Leider wurden bisher nur diese beiden Niederschlagsmessgeräte im Einzugsgebiet aufgestellt, obwohl bekannt ist, dass besonders für Starkniederschläge die Niederschlagsintensität örtlich sehr unterschiedlich auftreten kann. Als Niederschlagsgeräte wurde einerseits das Wippengerät der Firma Young (Model 52202) und als Waagengerät das Modell Pluvio der Firma Ott aufgestellt.

Wie bisher beschrieben, beinhalten Wippengeräte Fehler (LA BARBERA et al., 2002), die korrigiert werden können. Zu diesem Zwecke wurde jene Funktion näher untersucht, die diese Korrektur am besten für die Messstation Klusemanngasse beschreibt. Daher wurden Analysen durchgeführt, wo neben den bisher genau beschriebenen linearen und potenziellen Korrekturfunktionen auch eine polynomische Korrekturfunktion zweiten Grades untersucht wurde.

Zuerst wurden die Kalibrierkurven durch lineare Regressionsgeraden angeglichen (Abbildung 7). Am Beispiel Klusemanngasse wurden fünf verschiedene Regressionsgeraden (Tabelle 3) gewählt. Die allgemeine Formel der Regressionsgeraden lautet:

$$i_0 = a \times i + b$$

Der Faktor i stellt die gemessene Intensität und der Faktor i_0 die korrigierte Intensität dar.

Tabelle 3: Fünf Bereiche mit den Faktoren und dem Korrelationskoeffizient der linearen Regressionsgeraden für die Kalibrierkurven am Beispiel Klusemanngasse

Intensität i [mm/min]		a	b	r ²
von	bis			
0,0000	0,2965	1,0031	0,0000	0,9973
0,2965	0,5084	1,1289	-0,0373	0,9946
0,5084	0,7055	1,2239	-0,0856	0,9851
0,7055	1,0655	1,0555	0,0332	0,9998
1,0655	2,8000	1,1660	-0,6106	0,9993

Die Ergebnisse dieser linearen Regressionsgeraden sind sowohl in Tabelle 3 als auch graphisch in Abbildung 7 dargestellt. Die Bereiche der Regressionsgeraden sollen so gewählt werden, dass der Korrelationskoeffizient sehr hoch ist. Die Problematik bei dieser Methode liegt darin, dass die Bereiche selbst gewählt werden müssen und durch eine Trial-and-Error-Methode jene Regressionsgeraden gefunden werden, die zu einem zufriedenstellenden Ergebnis führen. Die genaueste Methode ist natürlich, zwischen jedem Soll/Ist-Wertepaar aus der Kalibrierung eine Regressionsgerade zu legen. Das ergibt zwangsläufig eine große Anzahl von Bereichen bzw. Regressionsgeraden, die dann alle einen Korrelationskoeffizienten von 1 besitzen.

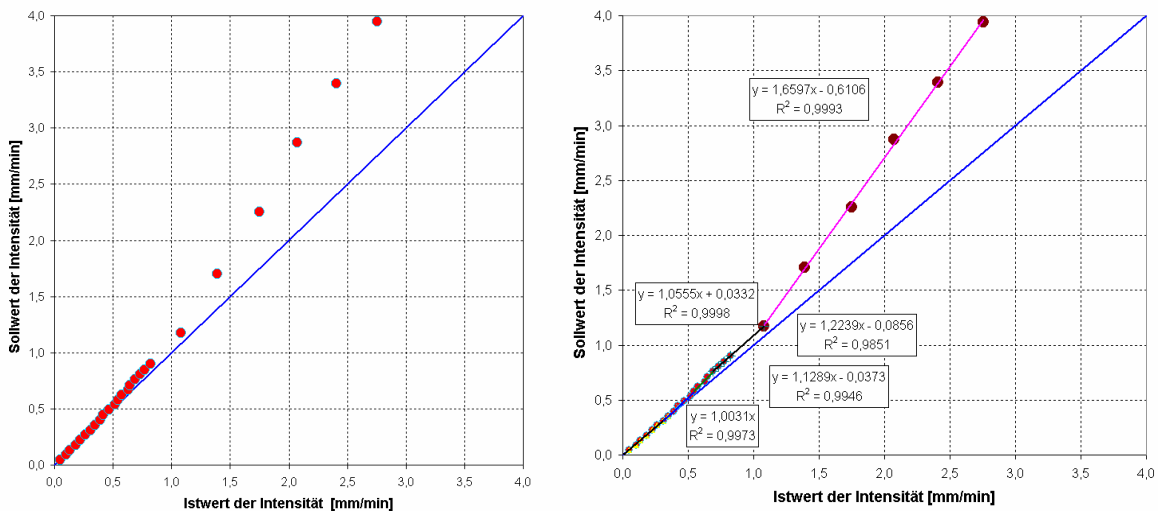


Abbildung 7: Gegenüberstellung von Soll- und Istintensität (links) und die Kalibrierkurven mit linearen Regressionsgeraden (rechts) am Beispiel Klusemanngasse

Neben der Möglichkeit mit Regressionsgeraden kann die Kalibrierkurve auch nur mit einer Funktion beschreiben werden. Zu diesem Zweck wurde eine Kalibrierkurve als Potenzfunktion bzw. als polynomische Funktion zweiten Grades ermittelt.

Die Potenzfunktion der Form $i_0 = a \times i^b$ (Abb. 8) konnte mit den Faktoren $a = 1,1735$ und $b = 1,1142$ errechnet werden. Diese Funktion $y = 1,1735 \times x^{1,1142}$ ergibt einen Korrelationskoeffizienten von $r^2 = 0,9981$. Dieser Wert von 0,9981 sollte eigentlich zufrieden stellend sein, eine genauere Analyse zeigte jedoch die Schwachstellen bzw. Ungenauigkeiten dieser potenziellen Funktion auf.

Für die polynomische Funktion (Abbildung 8) der Form $i_0 = a \times i^2 + b \times i$ wurden für den Faktor a ein Wert von 0,1757 und für den Faktor b ein Wert von 0,9736 ermittelt. Der Korrelationskoeffizient für die polynomische Funktion erreicht einen Wert von 0,999. Genauere Untersuchungen zeigten, dass für das Fallbeispiel Klusemanngasse die polynomische Funktion als geeignet erscheint.

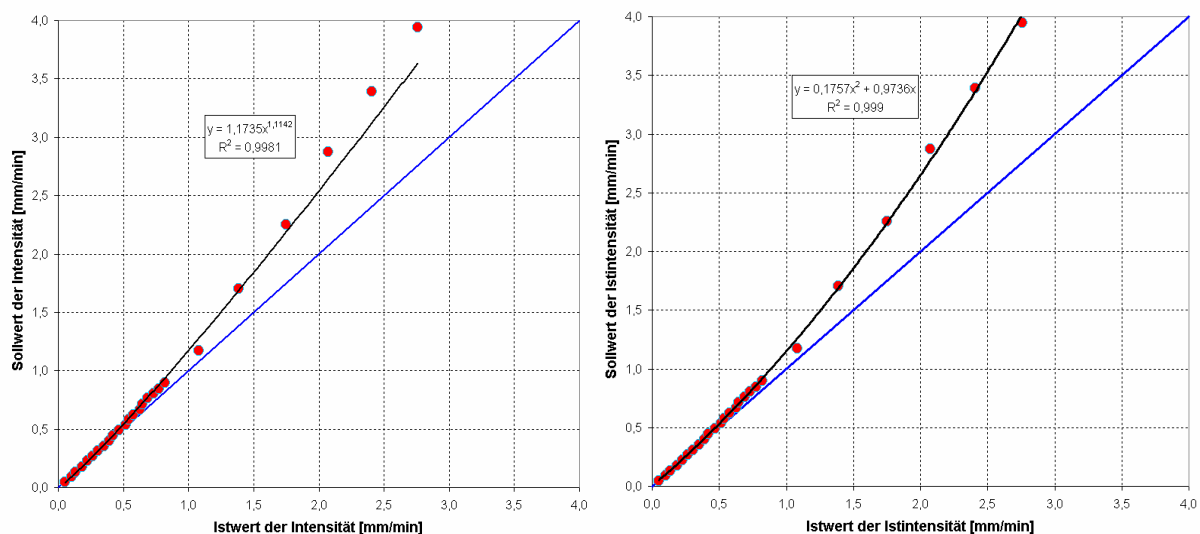


Abbildung 8: Kalibrierkurven mit potenzieller (links) und polynomischer Funktion zweiten Grades (rechts) am Beispiel Klusemanngasse

Eine Gegenüberstellung des Gesamtniederschlags für den Zeitraum 11.07.2003 bis 31.12.2003 ist in Tabelle 4 dargestellt.

Je nach Niederschlagsgerät wurde für die Waage ein Niederschlag von 325,8 mm bzw. für das Wippengerät ein Wert von 384,5 mm aufgezeichnet. Das ergibt somit einen absoluten Fehler bzw. einen absoluten Unterschied zum Wippenwert ohne Korrektur von 58,7 mm, das entspricht einem relativen Fehler von -15,3 %.

Interessant erscheint die Tatsache, dass sowohl eine Korrektur mit linearen Regressionsgeraden als auch mit polynomischer Funktion nur einen relativen Fehler von 3,8 bzw. 2,8 % aufweisen. Dieser geringe Unterschied kann zu dem Schluss führen, dass eine Korrektur nicht notwendig ist. Diese Fehlinterpretation wird gemacht, wenn nur der Vergleich mit dem Gesamtniederschlag durchgeführt wird. Bei hydrodynamischer Simulation bzw. Schmutzfrachtsimulation wirken sich jedoch die Starkniederschläge mit hohen Intensitäten aus.

Daher werden am Beispiel eines Starkniederschlages des 17.7.2003 diese Unterschiede (Tabelle 5) genauer aufgezeigt.

Tabelle 4: Vergleich des Gesamtniederschlages für Waage und Wippe mit verschiedenen Kalibrierkurven

		Gesamtniederschlag	Absoluter Fehler	Relativer Fehler
		[mm]	[mm]	[%]
Waage		325,8	-58,7	-15,3
Wippe	Ohne Korrektur	384,5	-	-
Wippe Lineare Korrektur		399,1	14,6	3,8
Wippe Potentielle Korrektur		344,7	-39,8	-10,4
Wippe Polynomische Korrektur		395,4	10,9	2,8

Tabelle 5: Vergleich des Niederschlages für Waage und Wippe mit verschiedenen Kalibrierkurven am Beispiel des 17. Juli 2003 (Fehler sind auf den Wert der Wippe ohne Korrektur bezogen)

Niederschlagsereignis 17.7.2003		Niederschlag	Absoluter Fehler	Relativer Fehler
		[mm]	[mm]	[%]
Waage		40,8	2,6	6,8
Wippe	Ohne Korrektur	38,2	-	-
Wippe Lineare Korrektur		44,9	6,7	17,7
Wippe Potentielle Korrektur		44,6	6,4	16,8
Wippe Polynomische Korrektur		45,2	7,0	18,2

Die Betrachtung eines Starkniederschlages am Beispiel des 17. Juli 2003 zeigt, dass in diesem Fall für alle korrigierten Kalibrierkurven größere Unterschiede auftreten als beim Gesamtniederschlag. Der relative Fehler erreicht bei einer polynomischen Korrektur eine Abweichung von 18,2 %.

7 Diskussion der Ergebnisse

Im Falle der in dieser Studie untersuchten sieben Niederschlagswippen würden die mit Potenzfunktionen angenäherten Kalibrierungskurven besonders im Bereich der extremen Intensitäten keine ausreichend genaue Korrektur sicherstellen. Daher wurden die Kalibrierungskurven abschnittsweise mit Regressionsgeraden angenähert.

Aufgrund der Analyse der Niederschlagswippen kann festgestellt werden, dass die Niederschlagswippen die Niederschlagsintensität nicht im gesamten Messbereich unterschätzen. Im Bereich der niedrigen Intensitäten kann die relative Abweichung positive Werte annehmen, die im Grazer Versuchsgebiet höchstens 21 % erreichen können. Ist die relative Abweichung positiv und somit auch die gemessene Intensität größer als die tatsächliche, so kann das zwei Gründe haben. Entweder erfolgt der Wippenumschlag früher, obwohl das eigentliche Fassungsvermögen der Schale nicht erreicht ist. Das kann mit einer statischen Kalibrierung vermieden bzw. ausgeschlossen werden. Der zweite Grund beruht auf der Zurückhaltung von Wasser in der Schale. Das zurückgehaltene Haftwasser kann mit der Adhäsion erklärt werden. Die Wippen mit größeren Schalen und größerer Fläche halten mehr Wasser zurück. Eine weitere Erklärung ist, dass die älteren Wippen aus Metall angefertigt worden sind und deshalb, wenn sie auch nur in geringem Maße korrodiert sind, die benetzbare Fläche einer Schale vergrößert ist. Andererseits sind die neueren Plastikschalen Wasser abweisend. Die negative relative Abweichung, d.h. wenn die gemessene Intensität kleiner als die tatsächliche ist, kann darauf zurückgeführt werden, dass bei höheren Intensitäten bereits in die vollgefüllte Schale noch während der Wippung weiteres Niederschlagswasser kommt, was für die Messung einen Verlust darstellt. Bei größeren Schalen ist der auf diese Weise auftretende spezifische Verlust geringer als bei kleineren Schalen. Daher weisen die Wippen mit größeren Schalen kleinere relative Abweichungen auf. Die adhäsive Zurückhaltung des Wassers existiert auch in höheren Intensitätsbereichen, jedoch wirkt sich der Verlust viel höher aus.

Im höheren Intensitätsbereich weisen Wippen mit größeren Schalen kleinere Abweichungen auf als Wippen mit kleineren. Da beide Schalengrößen derselben Niederschlagshöhe entsprechen, erfolgt die Wippung bei gleicher Intensität mit gleicher Frequenz. In den größeren Schalen treten spezifisch kleinere Verluste als in den kleineren Schalen auf. Diese Fehler ergeben sich aus dem Messprinzip der Wippe und können durch Justierung nicht eliminiert werden.

Aufgrund der bisherigen Analysen der verschiedenen Korrekturmöglichkeiten (lineare, potenzielle und polynomische Regression) hat sich gezeigt, dass die potenzielle Kalibrierkurve im hohen Intensitätsbereich die Niederschlagswerte unterschätzt und für die Wippe Klusemangasse als nicht geeignet erscheinen. Der subjektive Einfluss bei der linearen

Korrektur durch Wahl der einzelnen Regressionsbereiche wird nur durch Kalibrierkurven, die zwischen jedem Soll- und Intensitätswertepaar erstellt werden, ausgeschlossen. Der Vorteil durch Beschreibung der Kalibrierkurven mit nur einer Formel kann die polynomische Funktion zweiten Grades erfüllen. Am Beispiel Klusemannngasse wurden mit dieser Kalibrierkurve gute Ergebnisse erzielt.

Die Wichtigkeit der Korrektur konnte am Beispiel des 17. Juli 2003 gezeigt werden. Bei einem Starkniederschlagsereignis sind Unterschiede zwischen korrigierten und nicht korrigierten Niederschlagswerten von mehr als 17 % festgestellt worden. Da diese Niederschlagswerte Eingangsdaten für die Kanal-Simulationsrechnung sind, ist deren Plausibilität von enormer Wichtigkeit. Falsche Eingangsdaten führen zwangsläufig zu verfälschten Ergebnissen. Starkniederschlagsereignisse gehen in eine solche Simulationsrechnung stark ein, da sie letztendlich z.B. bei einem Mischwasserüberlauf zu einem Anspringen dieses Bauwerks führen. Niederschläge mit geringen Intensitäten haben daher auch nur einen geringen Einfluss auf die Modellrechnung.

In den Untersuchungen hat sich gezeigt, dass sich die Fehleränderungen, auch in wenigen Jahren, sowohl in die positive als auch in die negative Richtung, bezogen auf die Abweichungen, auswirken können. Dies ist gerätecharakteristisch und kann nicht prognostiziert werden. Daher wird die Kalibrierung der Wippengeräte aufgrund der oben angeführten Erfahrungen mindestens alle 2 Jahre erforderlich sein.

Mithilfe der Kalibrierkurven ist es möglich, die Gerätecharakteristik zu beschreiben, die Fehlerquellen zu berücksichtigen und die gemessenen Niederschlagshöhen in die tatsächlichen Niederschlagshöhen umzurechnen.

8 Ausblick

Die weiteren Forschungsaktivitäten werden sich auf Abschätzung von Fehlern bei der Kalibrierung der Niederschlagswippen konzentrieren. Zu diesem Zweck wurden zwei Wippengeräte gleicher Bauart nebeneinander, in einem Abstand von 3 m, im Einzugsgebiet aufgestellt. Anhand dieser Wippen und mit Durchführung verschiedener Kalibrierungsmethoden (dynamische, statische) sollen Fehler abgeschätzt werden. Weiters wird untersucht, wie oft Kalibrierungen durchgeführt werden sollen.

Weiters werden die Möglichkeiten der Kalibrierung mit polynomischer Funktion auf alle Niederschlagsstationen untersucht. Sollte diese Korrektur auch bei anderen Wippengeräten zu zufrieden stellenden Ergebnissen führen, wird eine Online-Korrektur der Niederschlagsdaten implementiert, damit den Anwendern von Simulationsrechnungen korrigierte Daten sofort zur Verfügung stehen.

Durch eine hohe Güte von Niederschlagsdaten und von Abflussmessungen ergibt sich die Möglichkeit, die Rechenmodelle der Wirklichkeit weiter anzunähern. Wenn Rechenmodelle verändert werden, ist es absolut notwendig, alle Niederschlags- und Abflussmessstellen synchron zu schalten.

Regenfronten bewegen sich in der Natur. Diese Überlegungen führen bereits zu einer weiteren Frage – ist die Dichte der Niederschlagsstationen ausreichend für Bemessungen von Siedlungswasserbauten und für eine Kanalnetzsteuerung? Gibt es durch eine Verdichtung – in welcher Form auch immer – merkbare Verbesserungen?

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Roland Fuchs, dem Messtechniker des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau für die gewissenhafte Durchführung der Kalibriermessungen und die Aufbereitung der Messdaten und bei Roswitha Pauritsch für das Korrektur Lesen dieses Artikels.

9 Literatur

- BERGMANN, H., H. BREINHÄLTER, O. HABLE & R. KRÄINER (2001): Calibration of Tipping Bucket Hyetographs, *Phys. Chem. Earth (C)*, Vol. 26, No. 10-12, 731-736.
- CALDER, I.R. & C.H.R. KIDD (1978): A note on the dynamic calibration of tipping-bucket gauges, *Journal of Hydrology*, 39: 383-386.
- GRUBER, G., HOCHEDLINGER, M. & H. KAINZ (2004): Quantifizierung von Schmutzfrachten aus Mischwasserentlastungen mit Online-Messtechnik, *Wiener Mitteilungen*, Band 187, 93-118.
- HABLE, O. (2000): Die Eichung von mit Wippe ausgestatteten Niederschlagsmessgeräte am Beispiel des hydrologischen Versuchsgebietes Annabach in Graz, *Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich*, 79: 35-51.
- HOCHEDLINGER, M., GRUBER, G. & H. KAINZ (2003): Assessment of Spill Flow Emissions on the Basis of Measured Precipitation and Waste Water Data, *Sixth International Workshop on Precipitation in Urban Areas*, Proceedings, 118-123, Pontresina.
- LA BARBERA, P., L.G. LANZA & L. STAGI (2002) Tipping bucket mechanical errors and their influence on rainfall statistics and extremes, *Water Science and Technology*, Vol. 45 No. 2 pp 1 – 9.
- MARSALEK, J. (1981): Calibration of the tipping-bucket raingage, *Journal of Hydrology*, 53: 343-354.
- CAMPBELL Scientific Ltd. (2000): FSS500 & FSS500H Tipping Bucket Raingauge. User Guide. Loughborough.
- VASVÁRI, V. (1995): Kontrollmessungen zur Eichung der mit Wippe ausgestatteten Niederschlagsmessgeräte, *Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich*, 73: 55-66.

VASVÁRI, V. (2003): Calibration of tipping bucket rain gauges using the example of the urban research area of the city Graz, *Sixth International Workshop on Precipitation in Urban Areas Proceedings*, 1-7, Pontresina.

Anschriften der Verfasser:

Dipl.-Ing. Dr. techn. Vilmos Vasvári
Ingenieurbüro für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
Kleegasse 4
8020 Graz
IB_Vasvari@hotmail.com

Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Martin Hochedlinger
Technische Universität Graz
Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau
Stremayrgasse 10/I
8010 Graz
hochedlinger@sww.tugraz.at

Dipl.-Ing. Werner Sprung
Kanalbauamt
Magistratsabteilung 10/2
Europaplatz 20
8011 Graz
werner.sprung@stadt.graz.at

Berichte und Mitteilungen

Hydrologischer Atlas von Österreich (HAÖ)

Die 2. Lieferung wurde am 17. März 2005 präsentiert

Das Wasser hat in Österreich eine zentrale Bedeutung. Regen, Schnee und Gletscher, Abfluss und Verdunstung, der Wasserhaushalt als Ganzes prägen die österreichische Landschaft. Zur nachhaltigen Nutzung und zum umfassenden Schutz der Ressource Wasser sind verlässliche Grundlagen für zukunftsorientierte Entscheidungen erforderlich.

Mit dem Hydrologischen Atlas von Österreich stellte das Lebensministerium eine moderne Kartensammlung in gedruckter Form und den digitalen Atlas in einer PC-Version der Öffentlichkeit zur Verfügung. Die im Jahr 2003 veröffentlichte 1. Lieferung wurde um 16 Karten erweitert. Gemeinsam mit den Karten der 1. Lieferung umfasst der Atlas nun 40 Karten, die alle Themen des Wasserkreislaufes behandeln. Diese 16 neuen Karten spannen einen weiten thematischen Bogen von der Darstellung der Wasserbilanz, über Informationen zur Wassertemperatur, zur Hydrochemie, zu Mineral- und Thermalwässern bis hin zu einer Übersicht der Wasserkraftanlagen, sowie einer Darstellung der naturräumlichen Charakteristik der Fließgewässer.

Die Karten präsentieren sich in einer hervorragenden kartografischen Qualität, was die Inhalte und Informationen in dieser Form sowohl für Wissenschaftler, Schulen als auch für wasserwirtschaftliche Entscheidungsträger und Planer unverzichtbar macht. Die Daten des digitalen Atlas von Österreich können natürlich digital weiter verarbeitet werden. Erläuterungsblätter und Karten sind in deutscher und englischer Sprache verfasst, womit auch die internationale Verwendung der Informationen zur Ressource Wasser ermöglicht wird.

Weitere Informationen zu allen Karten finden Sie unter:

<http://www.boku.ac.at/iwhw/hao/inhalte.html>

Hydrographische Daten Österreichs im Internet

Für eine verantwortungsvolle Nutzung der Ressource Wasser ist die Kenntnis des Wasserkreislaufes von grundlegender Bedeutung. Um die dazu notwendigen Daten für eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete wasserwirtschaftliche Planung verfügbar zu haben, betreibt der Hydrographische Dienst in Österreich ein Basisnetz zur Beobachtung der wesentlichsten Komponenten des Wasserkreislaufes.

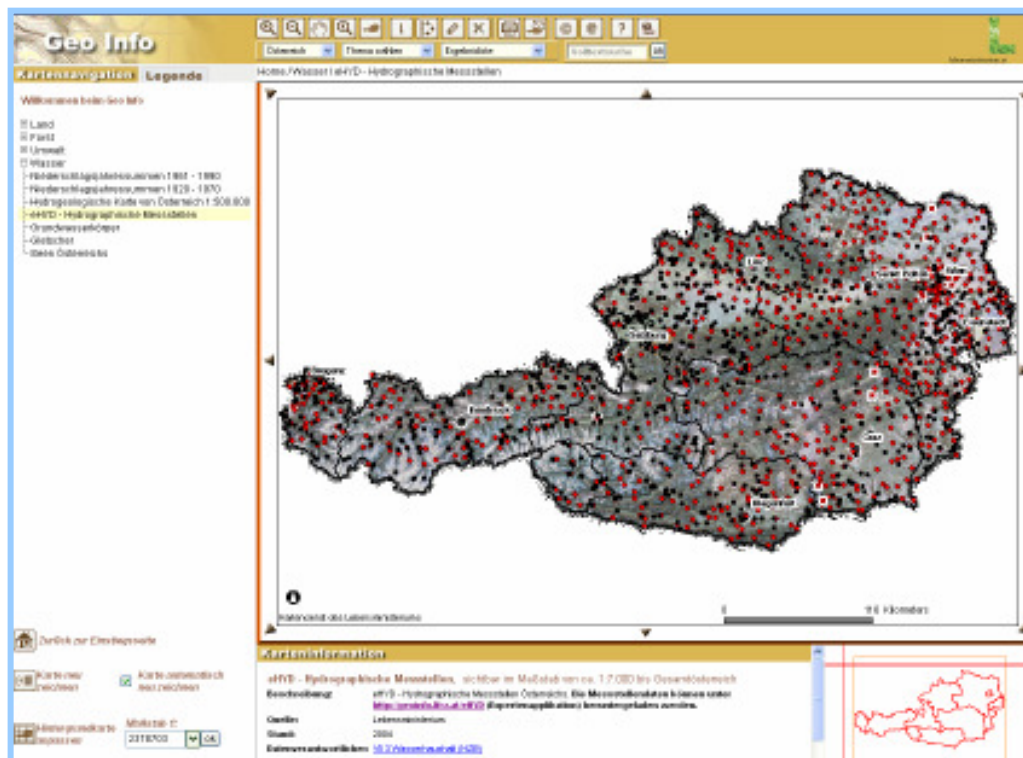


Abbildung 1: GeoInfo - Portal des Lebensministeriums

Es ist eine Aufgabe des BMLFUW diese Daten zu sammeln und in geeigneter Form, insbesondere als Berichte oder im Internet zu veröffentlichen (§ 55k Abs. 2 WRG 2003).

Hydrologische Daten sind raum- und zeitbezogene Informationen. Der räumliche Bezug kann am besten durch ein Geographisches Informationssystem (GIS) dargestellt werden. In Zusammenarbeit mit dem LFRZ hat die Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt (HZB) den Zugang zu hydrologischen Daten im Internet über die WebGIS–Applikation GeoInfo des LFRZ (siehe Abbildung 1) realisiert.


Der Hydrographische Dienst in Österreich verwaltet sämtliche hydrographische Daten mit einem einheitlichen Hydrographischen Datenmanagement System (HyDaMS). Diese Software wurde von der Firma aquaplan gemeinsam mit der Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt entwickelt und beinhaltet die Datenerfassung, die Qualitätskontrolle sowie zusätzliche Analysewerkzeuge.

Schnittstellen von HyDaMS zu verschiedensten Anwendungen sind einfach zu realisieren und versorgen auch die GIS-Anwendung eHYD (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Schematische Darstellung des Datentransfers

Mit der Adresse: <http://www.lebensministerium.at/geoinfo> kommen Sie auf das gesamte GeoInfo-Angebot des Lebensministeriums.

Ein Klick auf den Button  (*Gis-Links und andere Webkartendienste*) öffnet ein zusätzliches Fenster, das einen aktiven Link **eHYD – Hydrographische Messstellen Österreichs (Expertenkarte)** enthält. Ein Mausklick aktiviert die **eHYD – Experten-anwendung**.

Das Bild zeigt die eHYD-Expertenanwendung. Oben ist eine Karte mit einem roten Kreis um eine Messstelle. Rechts daneben ist eine Tabelle mit den Daten der Messstelle zu sehen:

Messstelle:	Molln
HZF-Nummer:	205898
Gewässer:	Krumme Steyr11
Errichtet:	1919
Sachgebiet:	OWF
Dienststelle:	HD-Oberösterreich
oroogr. Einzugsgebiet [km²]:	129.4
Pegelnullpunkt:	
gültig seit:	Höhe [m ü. A.]:
01.01.1955	404,16
Geographische Koordinaten:	
gültig seit:	Länge (Grad,Min,Sec)Breite (Grad,Min,Sec)
01.01.1966	14 16 53 47 53 26
Exportzeitreihe:	
12	Exportzeitreihe:
13	Zeitreihe:
14	Exportqualität:
15	Parameter:
16	Definitionsart:
17	Aussage:
18	Einheit:
19	Zeitraum:
20	Der Intervallwert gilt bis zum nächsten Zeitpunkt mit demselben Wertformat:
21	Wertformat:
22	Werte:
23	01 01 1951 00:00
24	02 01 1951 00:00
25	03 01 1951 00:00
26	04 01 1951 00:00
27	05 01 1951 00:00
28	06 01 1951 00:00
29	07 01 1951 00:00

Ein großer 3D-Download-Symbol ist über die Tabelle gelegt.

Abbildung 3: eHYD - Experten-anwendung und Download-Bereich

Mit der Internetadresse: <http://geoinfo.lfrz.at/website/ehyd> kommen Sie direkt zu der oben beschriebenen Expertenapplikation (siehe Abbildung 3) und damit zum Service der Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt (HZB). Durch einen speziell für das Internet entwickelten Viewer werden die Messstellendaten des Hydrographischen Dienstes in Österreich präsentiert. Die Symbolik dieser GIS–Anwendung wurde auf das Wesentliche reduziert und erleichtert dadurch dem Anwender die geographische Navigation. Hydrographische Daten sind Stammdaten, welche die Messstellen beschreiben und zeitabhängige Daten, wie direkte Messungen und daraus abgeleitete Daten. Das Angebot zum „Download“ beinhaltet die Stammdaten und abgeleitete Zeitreihen der im Hydrographischen Jahrbuch von Österreich enthaltenen Messstellen.

Österreichische Gesellschaft für Hydrologie

Heft 82 des Mitteilungsblattes des Hydrographischen Dienstes in Österreich informierte über die Aktivitäten der Österreichischen Gesellschaft für Hydrologie im Jahr 2002. Die nachfolgenden Ausführungen berichten kurz über die Veranstaltungen der Jahre 2003 und 2004 und geben einen Überblick über die das Jahr 2005.

Jahr 2003

Die ordentliche Generalversammlung 2003 fand am 13.11.2003 statt. Im Rahmen dieser Generalversammlung hielt Herr Prof. Dr. Wolfgang Kinzelbach (Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft, ETH Hönggerberg, Zürich/Schweiz) einen Vortrag über „Wasserwirtschaft und Grundwassermodellierung heute“.

A.o. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Günter Blöschl berichtete in seiner Funktion als organisatorisch-wissenschaftlicher Vorstandsbeirat über die Veranstaltungen des Jahres 2003:

- 24.01. Bemessungshochwasser - Ingenieurhydrologische Betrachtungen und Berechnungen, Vortrag von Prof. Dr. Jan Szolgay, Fakultät für Zivilingenieurwesen, Technische Universität Bratislava, Slowakische Republik
- 07.03. - Über das Fließwiderstandsverhalten flexibler Vegetation, Vortrag von Frau DI Dr. Ursula Stephan, Institut für Wasserbauversuche und hydrometrische Prüfung des BAW, Wien
 - Messung und Modellierung des Sedimenttransportes in alpinen Einzugsgebieten, Vortrag von Univ.DoZ. DI Dr. Helmut Habersack, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau der Universität für Bodenkultur, Wien
- 22.03. Mitwirkung bei einer Veranstaltung der IAEA „World Water Day on behalf of 22 UN-Organizations“

- 23.05. Untersuchungen über die Auswirkungen von Klimaänderungen auf Hydrologie und Wasserbewirtschaftung am Beispiel des Elbegebietes, Vortrag von Dr. Alfred Becker, Potsdam - Institut für Klimafolgenforschung, Deutschland
- 13.11. Generalversammlung mit einem Vortrag: Wasserwirtschaft und Grundwassermodellierung heute, Prof. Dr. Wolfgang Kinzelbach, Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft, ETH Hönggerberg, Zürich, Schweiz

Jahr 2004

Die ordentliche Generalversammlung 2004 fand am 25.11.2004 statt. Der traditionelle Gastvortrag wurde von Prof. Ijjas Istvan (Ungarische Gesellschaft für Hydrologie) zum Thema „The implementation of the EU Water Framework Directive in Hungary - the role of the Hungarian Hydrological Society“ gehalten.

Die Ungarische Hydrologische Gesellschaft besteht aus über ca. 2500 Mitgliedern, die in 15 thematischen Untergruppen und 21 örtlichen Gesellschaften organisiert sind. Sie unterhält neben den Kontakten zur ÖGH u.a. auch freundschaftliche Beziehungen zur British Hydrological Society, zur Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DVWK) sowie zur American Society of Civil Engineers. Nähere Angaben sind auf der homepage <http://www.mht.mtesz.hu/> mit email mail.mht@mtesz.hu zu finden.

A.o. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Günter Blöschl berichtete in seiner Funktion als organisatorisch-wissenschaftlicher Vorstandsbeirat über die Veranstaltungen im Jahr 2004:

- 29.01 The Value of Water, Vortrag von Prof. Dr. Hubert Savenije, International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering, Delft, Niederlande
- 30.03 Grundwasserschutz und Stadthydrologie in der Südsteiermark, Technische Exkursion in Zusammenarbeit mit der TU Graz (Institut f. Siedlungswasserwirtschaft u. Landschaftswasserbau) und Joanneum Research (Institut für Wasserressourcenmanagement)
- 28.05. Wasserhaushalt und Gewässergüte in Szigetköz (KI. Schüttinsel), Technische Exkursion gemeinsam mit der Ungarischen Hydrologischen Gesellschaft
- 01.10. Glaciological research themes in Europe, Vortrag von Prof. Jonathan L. Bamber, Präsident der Kryosphärenwissenschaftlichen Sektion der European Geoscience Union (EGU)
- 25.11. Generalversammlung mit einem Vortrag zum Thema „The implementation of the EU Water Framework Directive in Hungary – the role of the Hungarian Hydrological Society“ von Prof. Ijjas Istvan (Ungarische Hydrologische Gesellschaft)

Prof. Blöschl berichtete über die geplanten Aktivitäten im nächsten Vereinsjahr:

20.01.2005	Methoden der Regionalisierung in Österreich, Vortrag von Prof. Günter Blöschl, TU Wien
17.03.2005	Präsentationsveranstaltung Hydrologischer Atlas von Österreich (HAÖ) - 2. Lieferung, gemeinsam mit dem BMLFUW
28.04.2005	Symposium "Hydrology and Water Resources in the Danube Region" bei der General Assembly der European Geosciences Union in Wien
19.05.2005	Global Trends in Streamflow During the Past Half-Century, Vortrag von Dr. Harry Lins, US Geological Survey, Reston, USA
Sept. 2005	Exkursion nach Salzburg
24.11.2005	Generalversammlung mit Neuwahl des Vorstandes sowie Vortrag „Die Hydrologie der Schweiz“ von Prof. Manfred Spreafico, Bundesamt für Wasser und Geologie, Bern, Schweiz

Prof. Blöschl präsentierte die mit der Einladung zur Generalversammlung gesandte Auswertung eines Mitgliederfragebogens zur Zukunft der ÖGH und gab eine Zusammenfassung des Ergebnisses. Dabei hob er die deutliche Zustimmung für einen Fortbestand der Gesellschaft als Informationsplattform der hydrologischen Aktivitäten in Österreich hervor. Der Präsident fasste die im Rahmen der Fragebogenaktion genannten Wünsche der Mitglieder zusammen und schlug die in der folgenden Tabelle genannten Aktionspunkte vor.

Wünsche der Mitglieder	vorgeschlagene Aktionspunkte (AP)
ÖGH als Informationsplattform	AP: Aktiver Internetauftritt, Homepage mit monatlicher Wartung, uploaden/downloaden von Beiträgen, Links → Verfolgen der Aktivitäten in Österreich
ÖGH als Koordinationsplattform für Aktivitäten	AP: siehe auch Informationsplattform. Derzeit koordinieren Mitglieder als Einzelpersonen. Kann die ÖGH hier aktiver werden?
Anwender (Ziviltechniker etc.) einbinden	AP: Aktives Bewerben der ÖGH
Junge Kolleginnen und Kollegen motivieren	AP: Junge Kolleginnen und Kollegen in den Vorstand
Stärkere Präsenz der ÖGH	AP: Mitgliederzahl erhöhen durch Internetauftritt (s.o.), Bewerbung (s.o.), Verjüngung der Struktur der Gesellschaft (s.o.)
Mehr Veranstaltungen in den Bundesländern	AP: Vorträge z.B. in Salzburg, Exkursion nach Vorarlberg
Zusammenarbeit mit anderen Gesellschaften	AP: Kooperationsverträge abschließen (Inländisch: ÖMG, ÖGG, ...; Ausländisch: EGU, DGW, ..)
Aussendungen per email	AP: Aussendungen grundsätzlich per E-mail (mit Ausnahmen)
Vorträge in Blöcken	AP: Tag der Hydrologie organisieren, zu einem methodischen Schwerpunktthema

Vor- und Nachteile der Informationsverteilung per E-mail wurden diskutiert. Mit Aussendung des Protokolls wurden die E-mail-Adressen der Vereinsmitglieder erhoben bzw. aktualisiert.

Homepage ÖGH: <http://iwhw.boku.ac.at/oegh/>

In memoriam Ministerialrat i.R. Dipl.-Ing. Ernst Glasel

Herr Ministerialrat i.R. Dipl.-Ing. Ernst Glasel ist zwei Wochen nach einer vorerst gut verlaufenen Operation am 1. Februar 2005 unerwartet im 82. Lebensjahr verstorben

Ernst Glasel wurde am 24. Juni 1923 in Etsdorf am Kamp geboren. Nach dem Tod der Mutter wurde der Wohnsitz nach Mödling verlegt, wo Glasel die Volksschule und das Realgymnasium besuchte. Nach der Matura im März 1941 wurde er zum Arbeitsdienst und anschließend zur Wehrmacht einberufen. Zu Kriegsende geriet er vorerst in französische und dann in amerikanische Gefangenschaft. Ende 1945 wurde er in Bayern entlassen und begann 1946 unter schwierigen Umständen mit Nebenerwerb und Nachhilfestunden das Bauingenieurstudium an der Technischen Hochschule in Wien, das er 1952 mit der 2. Staatsprüfung abschloss.

1953 trat er in das Hydrographische Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft ein. Am Anfang seines Berufslebens wurde er mit der Ausarbeitung der Studie über das Donauhochwasser im Juli 1954 betraut. Diese Arbeit bildet bis heute einen wertvollen Teil in der Reihe der Beiträge zur Hydrographie Österreichs. Die Donau blieb weiterhin ein Schwerpunkt seiner Arbeiten. Dem Ausbau der Pegelfernmessnetze und der Entwicklung von Methoden der Wasserstandsvorhersagen kam dabei besondere Bedeutung zu.

Als österreichischer Vertreter der Hydrographie in der Donaukommission kam er mit den Fachkollegen aus den Donauanliegerstaaten in Kontakt; besonders enge Verbindungen entwickelten sich zu den Kollegen aus den Nachbarländern Bayern, Slowakei und Ungarn. Die auf Mitinitiative Österreichs beschlossenen Konferenzen der Donauländer für hydrologische Vorhersagen fanden trotz des Eisernen Vorhangs alle 2 Jahre abwechselnd in den einzelnen Donaustaaten statt und erforderten jeweils umfangreiche organisatorische und fachspezifische Arbeiten. Von 1981 bis 1986 war er mit der Leitung des Hydrographischen Zentralbüros betraut. Als er als stellvertretender Sektionsleiter in Pension ging, hat er seinem Nachfolger einen wohl geordneten Hydrographischen Dienst übergeben.

Die Kontakte zu seinen Kollegen und Freunden hat er auch im Ruhestand aufrechterhalten, und er war anlässlich der Hundertjahrfeier des Hydrographischen Dienstes von Österreich im Jahr 1994 ein Gründungsmitglied der Österreichischen Gesellschaft für Hydrologie. Alle, die zeitweise seine Weggefährten sein konnten, werden seiner stets als vorbildlichen Menschen in Dankbarkeit für das Zusammensein gedenken.

Die aufrichtige Anteilnahme gilt seinen Angehörigen, vor allem seiner geehrten Frau Gemahlin, seinen Kindern und seinen Enkelkindern, mit denen er in großer Liebe verbunden war.

Min.Rat i.R. Dipl.-Ing. Hans Schimpf

Personalia der Hydrographischen Dienststellen

Abteilung VII/3 - Wasserhaushalt (Hydrographisches Zentralbüro)

MR Dr. Franz Nobilis trat mit 1. Jänner 2004 als Leiter des Hydrographischen Zentralbüros (HZB) in den Vorruhestand. Dadurch verliert die Hydrologische Gemeinschaft in Österreich die Schaffenskraft und den Geist eines wichtigen Interessensvertreters und eines weit über die Grenzen Österreichs hinaus bekannten und geachteten hydrologischen Akteurs. Er war Mitglied in vielen internationalen und nationalen Fachgremien und prägte diese mit seinem Wissen, seinem Charme und nicht zuletzt auch mit seinem Humor. In einer Zeit, in der Budgets und Mitarbeiter reduziert werden, ist sein Bemühen um den Hydrologischen Atlas Österreichs und dessen Realisierung besonders hervorzuheben. Wir hoffen, dass er uns in dieser Angelegenheit mit seinem Rat noch weiter begleitet. Wir wünschen Dir, lieber Franz, alles Gute, Gesundheit und viel Freude mit den Enkelkindern am Spielplatz.

Mit Wirkung vom 1. Februar 2004 wurde MR Dipl.-Ing. Reinhold Godina zum neuen Leiter der Abteilung Wasserhaushalt ernannt.

Die Anzahl der Mitarbeiter der Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt beträgt nunmehr 17 Personen und hat sich in den letzten 5 Jahren um 40 % reduziert. Um die Qualität der Leistungen trotz der angeführten Personalreduktion auch in Zukunft zu gewährleisten, sind eine Reorganisation des Organigramms und eine Aufgabenreform innerhalb der Abteilung erforderlich, die im Laufe des Jahres 2005 wirksam werden.

Amt der Burgenländischen Landesregierung

Abteilung 9 – Wasser- und Abfallwirtschaft, Hydrographischer Dienst

Mit Wirkung vom 1. April 2005 ging Herr FOI Helmut Karner in Pension.

Amt der Kärntner Landesregierung:

Abteilung 18 – Wasserwirtschaft, Unterabteilung 18 – Hydrographie

Zusätzlich zum Lehrling Herrn Stefan Jaritsch, der im Sachgebiet NLV mitwirkt, wurde ein zweiter Lehrling eingestellt. Herr Christian Wernegger betreut das Fernübertragungsnetz und wirkt im Hydrographischen Messdienst mit. Er wird in Kooperation mit der EDV-Abteilung als EDV-Techniker ausgebildet.

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung:

Abteilung Hydrologie

Herr Mag. Leopold Washüttl – Leiter des Referates Grundwasserhydrologie – ist mit Wirksamkeit von 31. März 2004 in den dauernden Ruhestand getreten.

Anlässlich der Pensionierung von Mag. Washüttl wurden die Referate Geohydrologie und Grundwasserhydrologie unter der Leitung von Mag. Dr. Ehrendorfer zum neuen Referat Grundwasserhydrologie fusioniert.

Nach Ablegung der Externistenmatura und entsprechender fachlicher Einschulung nimmt Herr Wolfgang Kremser Aufgaben als Sachverständiger im Referat Grundwasserhydrologie wahr.

Frau Maria Konrath hat am 16. März 2004 Frau Martina Steininger (Karenzurlaub) als Sekretärin abgelöst.

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung:

Abteilung Wasserwirtschaft, Unterabteilung Schutzwasserwirtschaft und Hydrographie, Hydrographischer Dienst

Herr Thomas Enzenebner wurde 2003 mit der Leitung der Werkstätte betraut. Die Nachbesetzung seines Dienstpostens beim Sachgebiet OWF erfolgte im Jänner 2004 durch Herrn Andreas Dworzak.

Amt der Salzburger Landesregierung:

Fachabteilung 6/6 Wasserwirtschaft, Referat 6/64 - Hydrographischer Dienst

Mit Wirkung vom 03. Februar 2004 wurde Herr Dipl.-Ing. Harald Huemer als Nachfolger von Herrn TOAR Kurt Löcker beim Hydrographischen Dienst aufgenommen und mit den Aufgaben „Sachbearbeiter Niederschlag und Grundwasser, Hydrographischer ASV und Mitarbeiter im Hochwassernachrichtendienst“ betraut.

Herr Gernot Schwarzenberger ist seit Oktober 2003 vom Dienst suspendiert.

Herr Bernhard Werner, der bisher in der Fachabteilung Wasserwirtschaft tätig war, wurde dem HD als Ersatz mit Wirkung vom 23. Juni 2004 dienstzugeteilt.

Amt der Steiermärkischen Landesregierung:

Abteilung 19, Fachabteilung 19 A, Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Referat Hydrographie

Mit 31. Dezember 2004 ist Herr Franz Schuster in den Vorruhestand getreten.

Mit 1. Jänner 2004 hat Herr Roland Bayer in vorgeifender Weise auf den o.a. Vorruhestand den Dienst beim Hydrographischen Dienst Steiermark angetreten.

Mit 1. Jänner 2004 sind durch Umorganisationsmaßnahmen innerhalb der Fachabteilung 19A aus dem ehemaligen Referat II - Wasserversorgung - die Kollegen Werner Griessler, Gerald Hochl und Walter Glettler in den Hydrographischen Dienst transferiert worden. Herr Griessler ist schwerpunktmäßig im Fachbereich Grundwasser (Messstellenbau und -betreuung, Datenverarbeitung) und Herr Hochl für Abflussmessungen an den Messstellen des

Hydrographischen Dienstes und für die Generalbetreuung der aus dem ehemaligen Referat II stammenden Abflussmessstellen tätig. Herr Glettler betreut schwerpunktmäßig die Tiefengrundwassermessstellen (artesische Brunnen).

Seit 7. Februar 2005 ist Frau Ulrike Ben Chroud-Kanitsch provisorisch einer anderen Dienststelle dienstzugeeilt. Dieses provisorische Dienstverhältnis dauert voraussichtlich bis 30.6.2005 an, erst danach kann eine neue Lösung der Personalsituation gesucht und gefunden werden.

Im Rahmen der Umstrukturierung der FA 19A ist zu den Aufgaben des Hydrographischen Dienstes auch das Tätigkeitsfeld der Grundwasserressourcenerkundung hinzugekommen, welches derzeit weitgehend als 1-Mann-Betrieb mit Messdaten des Hydrographischen Dienstes (alle Fachbereiche) betreut wird.

Amt der Tiroler Landesregierung:

Landesbaudirektion Abteilung VIh Wasserwirtschaft, Sachgebiet Hydrographie

Seit Jahresbeginn 2004 haben Herr Bernd Wopfner (nun OWF) und Frau Cornelia Mayer (nun NLV) ihre Arbeitsplätze getauscht.

Der seit Dezember 2003 ausgeschiedene Herr Ing. Johannes Steindl (OWF) hat seit 2. Mai 2004 in der Hydrographie einen Nachfolger in der Person des jungen HTL-Technikers Josef Pfister.

Amt der Vorarlberger Landesregierung:

Landeswasserbauamt Bregenz – Hydrographischer Dienst

Mit 1. April 2004 trat Josef Baldauf (Hauptaufgabengebiet Abflussmessungen und Instandhaltung Messstellen in den Sachgebieten NLV und OWF) in den Ruhestand. Die Nachfolge hat Herr Reinhard Eberle im April diesen Jahres angetreten.

Mit 1. Jänner 2005 hat Herr Elmar Rauch den Hydrographischen Dienst verlassen und ist nunmehr in der Abteilung Wohnbauförderung. Seine Stelle wurde nicht wieder besetzt.

Mit Wirkung vom 1. Februar 2005 ist der Hydrographische Dienst Vorarlberg keine Abteilung des Landeswasserbauamtes mehr. Mit den Änderungen in der Organisation im Bereich Wasserwirtschaft im Amt der Vorarlberger Landesregierung wurde der Hydrographische Dienst dem Fachbereich Informationswirtschaft und Hydrographie zugeordnet.

Mit der Neuorganisation ist auch Herr Ing. Heinz Gesson nicht mehr dem Hydrographischen Dienst zugeteilt, verbleibt als Mitarbeiter im Fachgebiet Siedlungswasserbau und Gewässeraufsicht in der Abteilung Wasserwirtschaft und steht dem Hydrographischen Dienst in der Anfangszeit der Neuorganisation als „Konsulent“ zur Verfügung.

WSD Via donau – Österreichische Wasserstraßen GmbH

Mit 01.01.2005 (Organisationskonzept Dr. Burger/BMVIT) wurde die Wasserstraßendirektion in die Via donau unter Österreichische Wasserstraßenges.mmbH (ÖWG) eingegliedert.

Herr Hofrat Dr. Wolfgang Bors ist seit 01.12.2003 in Pension.

Verzeichnis der staatlichen Hydrographischen Dienststellen

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft,

Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt (Hydrographisches Zentralbüro),
Marxergasse 2, A-1030 Wien,
Tel.: 01/71100/Kl., Fax: 01/71100/6851
URL: <http://www.lebensministerium.at/wasser/>

Amt der Burgenländischen Landesregierung, Abt. 9 – Wasser – und Abfallwirtschaft,

Hydrographischer Dienst,
Landhaus-Neu, Freiheitsplatz 1, A-7000 Eisenstadt,
Tel.: 02682/600/Kl., Fax: 02682/600/2789

Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 18 – Wasserwirtschaft

Unterabteilung 18 Hydrographie
Völkermarkter Ring 29, A-9021 Klagenfurt,
Tel.: 0463/536/Kl., Fax: 0463/536/31828
URL <http://www.wasser.ktn.gv.at/>

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Hydrologie,

Landhausplatz 1, A-3100 St. Pölten,
Tel.: 02742/9005/Kl., Fax: 02742/9005/3040
URL: <http://www.noel.gv.at/Umwelt/Wasser.htm>

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft,

Unterabteilung Schutzwasserwirtschaft und Hydrographie, Hydrographischer Dienst,
Kärntner Straße 12, A-4020 Linz,
Tel.: 0732/6584/Kl., Fax: 0732/6584/2411
URL: http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/SID-3DCFCFC3-4D950C44/ooe/hs.xsl/667_DEU_HTML.htm

Amt der Salzburger Landesregierung, Fachabteilung 6/6, Wasserwirtschaft,

Ref. 6/64 - Hydrographischer Dienst, Postfach 527, A-5010 Salzburg,
Tel.: 0662/8042/Kl., Fax: 0662/8042/4199
<http://www.salzburg.gv.at/themen/nuw/wassererangelegenheiten.htm>

Amt der Steiermärkischen Landesregierung: Abteilung 19,

Fachabteilung 19A Wasserwirtschaftliche Planung und Hydrographie,
Postfach 630, Stempfergasse 7, A-8010 Graz,
Tel.: 0316/877/Kl., Fax: 0316/877/2116
URL: <http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/9394/DE/>

Amt der Tiroler Landesregierung, Landesbaudirektion,

Abteilung VI h – Wasserwirtschaft, Sachgebiet Hydrographie,
Herrengasse 1/II, A-6010 Innsbruck,
Tel.: 0512/508/Kl., Fax: 0512/508/4205

URL <http://www.tirol.gv.at/themen/umwelt/wasser/wasserkreislauf/hydrographie.shtml>

Amt der Vorarlberger Landesregierung – Abt. VII d Wasserwirtschaft

Hydrographischer Dienst,
Josef-Hutter-Straße 35, A-6900 Bregenz,
Tel.: 05574/511/Kl., Fax: 05574/511/927495

URL: http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/wasser_energie/wasser/wasserwirtschaft/start.htm

Magistrat der Stadt Wien, MA 45 – Wasserbau,

Gruppe Wasserwirtschaftliche Planung und Hydrographie
Wilhelminenstraße 93, A-1160 Wien,
Tel.: 01/48829/Kl., Fax: 01/48829/997290

URL: <http://www.magwien.gv.at/wasserbau/>

Via donau – Österreichische Wasserstraße-Gesellschaft

Hydrographischer Dienst,
Am Brigittenauer Sporn 7, A-1200 Wien
Tel.: 01/3788696/Kl., Fax: 01/3788696 215

URL: <http://www.via-donau.org>

Hinweise der Redaktion

Vor Übermittlung von Originalarbeit-Manuskripten ist mit der Redaktion Kontakt aufzunehmen.

Die „formalen Vorgaben“ für die Veröffentlichung im „Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes“ werden nach Kontaktaufnahme übermittelt.

Die Redaktion behält sich vor, unverlangt eingesandte Manuskripte anzunehmen oder ohne Angabe von Gründen abzulehnen.

Grundsätzlich dürfen nur Beiträge eingesandt werden, die nicht gleichzeitig an anderer Stelle zur Veröffentlichung eingereicht oder bereits veröffentlicht worden sind. Der Autor verpflichtet sich, seinen im „Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes“ veröffentlichten Beitrag auch nachträglich nicht an anderer Stelle zu publizieren.

Für den Inhalt der Beiträge sind die Verfasser allein verantwortlich.