

HYDROGRAPHISCHES
ZENTRALBÜRO



MITTEILUNGSBLATT

DES HYDROGRAPHISCHEN DIENSTES IN ÖSTERREICH

NR. 80

Wien, 2000

(Nachdruck 2001)



IMPRESSUM

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Abt. IV A 3 (Hydrographisches Zentralbüro; Leitung: MR Univ.Prof.Dr.F.Nobilis)

A-1030 Wien, Marxergasse 2

Redaktion: MR Dipl.-Ing.Dr.F.Pramberger

Fachbeirat: OR Dipl.-Ing.R.Godina, ORätin Dipl.-Ing.G.Fuchs, Rat Dipl.-Ing. P. Lorenz, Beamter Dr. V. Weiguni

Technische Mitarbeit: S. Spreitzer und ADir.Ing.J. Wurth

Redaktionsanschrift: Hydrographisches Zentralbüro,A-1030 WIEN, Marxergasse 2

Tel: ++43 1 71100 6942 Fax: ++43 1 71100 6851

E-mail: Franz.Pramberger@bmlf.gv.at



Druckerei RIEGELNIK Ges.m.H,A-1080 Wien, Piaristengasse 9

Gedruckt auf umweltschonend hergestelltem Papier mit
Pflanzenöl – Druckfarben.

©BMLFUW, Wien, 2000 - Alle Rechte vorbehalten

INHALTSÜBERSICHT

ORIGINALARBEITEN	Seite
Lorenz P. und G. Skoda : Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen ($D \leq 12$ Stunden) mit inadäquaten Daten	1
Plattner J.: Wasserhaushalt und Wasserstandsentwicklung des Neusiedler Sees	25
Herlicska H.: Ergebnisse aus der Anwendung von Mess- und Datenerfas- sungssystemen zur kontinuierlichen quantitativen Beobachtung von Tiefbrunnenanlagen im Südburgenland	39
Laaha G.: Zur Beurteilung der Genauigkeit von Niederwasserkennwerten	61
 BERICHTE UND MITTEILUNGEN	
The Extremes of the Extremes –Symposium über außergewöhnliche Hochwasser (17. bis 19. Juli 2000; Reykjavik, Island) – (F. Nobilis)	69
Die Meteorologische Weltorganisation (WMO) und die Hydrologie – (F.Nobilis)	69
Die Arbeitsgruppe für regionale Kooperation der Donauländer im Rahmen des IHP der UNESCO – (F.Nobilis)	74
Forum der Hydrologischen Dienste der Donauländer - 4. Treffen – (19. Mai 2000; Prag) - (F.Nobilis)	80
Workshop „Wasserhaushalt und Wassergüte des Neusiedler Sees“ - (10. Mai 2000; Illmitz) – (F. Pramberger)	81
Die „Lagekoordinaten“ des Hydrographischen Zentralbüros im Laufe seiner Geschichte - (F.Nobilis)	82
MR Dipl.-Ing. Hans Schimpf – 80 Jahre	83
Personalien	84
Verzeichnis der staatlichen Hydrographischen Dienststellen in Österreich	86
Redaktionshinweise	87

Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen ($D \leq 12$ Stunden) mit inadäquaten Daten

Design rain of short duration ($D \leq 12$ hours) using inadequate data

Lorenz P. und G. Skoda

Stichworte: Bemessungsregen, Regionalisierung von Starkniederschlag, Modell zur Vorhersage von konvektivem Niederschlag

Keywords: Designrain, regionalization of heavy rain, model for forecasting of convective rain

Zusammenfassung:

Niederschlag lässt sich aus partiellen Serien mit einem einfachen funktionellen Ansatz als Funktion von Dauerstufe und Wiederkehrzeit darstellen. Wie im Projekt ÖKOSTRA gezeigt wurde, konnten mit lediglich vier Parametern gute Erfolge erzielt werden. An Orten mit vieljähriger Niederschlagsbeobachtung ist die jeweilige Koeffizientenberechnung mittels statistischer Anpassung und damit die Berechnung von Bemessungsniederschlägen trivial.

Um die Informationslücken, die in datenarmen Regionen bestehen, zu schließen, werden die Fähigkeiten eines meteorologischen Vorhersagemodells für konvektive Niederschläge genutzt. Dieses Modell besitzt eine horizontale Auflösung von ca. 1,5 km mal 1,5 km und berücksichtigt vor allem topographische Einflüsse unterschiedlicher Größenordnungen auf den Niederschlagsprozess. Es ist im Rahmen des Programmes IDNDR (Forschungsprojekt der Österreichischen Akademie der Wissenschaften) zwischen 1991 und 1997 entwickelt worden und an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) im April 1997 für den praktischen Dienst implementiert worden. Im Rahmen der Modellphysik zulässige, als „extrem“ angenommene Anfangs- und Randwerte (labile Luftschichtung, hohe Einstrahlung, hohe Luftfeuchtigkeit, geeignete zeitliche Tendenzen dieser Größen etc.) produzieren Modellniederschläge verschiedener Intensität und Dauer. Diese Werte sind in den Regionen mit langen Beobachtungsreihen mit den gemessenen Werten zu kalibrieren. Die meteorologischen Startbedingungen werden so gewählt, dass die simulierten mit den beobachteten Niederschlagswerten für wenigstens zwei Dauerstufen und zwei Wiederkehrzeiten möglichst gut übereinstimmen. Für diese festgelegten Dauerstufen und Wiederkehrzeiten ist damit das gesamte Niederschlagsfeld flächendeckend bekannt. Mit den gleichzeitig bekannten Topographie-Daten wird eine Polynom-Regression, welche die Seehöhenabhängigkeit konvektiver Niederschläge beschreibt, durchgeführt. Aus praktischen Gründen werden diese Niederschlagsfelder im Gebiet zwischen 45 - 50,5 Grad N und von 9 - 18 Grad E geglättet. Die Ergebnisse repräsentieren Schätzwerte innerhalb von Quasi-Rechtecken der Größe 1/12 Grad longitudinal und 1/20 Grad meridional. Die erforderliche Koeffizientenberechnung (vier Parameter) kann nun überall durchgeführt werden.

Diese Parameterkoeffizienten stehen bei Vorgabe kurzer Dauerstufen und beliebiger Wiederkehrzeiten als Eingangsgrößen in die eingangs gewählte Formel für Bemessungsniederschläge zur Verfügung. Alle Programmalgorithmen und alle erforderlichen Parameterdateien sind am Rechnersystem des Hydrographischen Zentralbüros

(HZB) installiert. Zuletzt wird die Berechnung von Bemessungsniederschlägen an Hand von Beispielen dokumentiert.

Summary:

Precipitation from partial series can be calculated as a function of duration and return period. The project ÖKOSTRA shows that when using this particular function good results can be achieved with only four parameters. At places where precipitation has been documented for long periods of time, the calculation of the respective coefficient using statistical adaptation is easily pursued.

In order to make up for the lack of data in certain region we profit from the capacities of a meteorological forecasting model for convective precipitation. Its horizontal resolution is about 1.5 km times 1.5 km. This model especially takes into consideration topographic influences of different scales on the precipitation process. The model has been created in the course of the IDNDR programme (a research project of the Austrian Academy of Sciences), starting in 1991. It was implemented at the ZAMG for practical use in the weather service in April 1997.

We calculated model precipitation of different intensity and duration by supposing extreme starting and boundary conditions accepted in model physics - thermal instability, high insolation, high humidity, suitable tendencies with time etc. The obtained values have to be calibrated with the measured values in regions with long observation series. The meteorological data for the model input are defined in a way that the simulated and the observed precipitation values correspond to each other as far as possible at least for two durations and two return periods. Therefore for these specified durations and return periods the entire area of the precipitation field is known.

A polynome regression which describes the convective precipitation's dependency on altitude is pursued with the known topography data. For practical reasons, we smoothed these precipitation fields in the region between 45 to 50.5 degrees North and from 9 to 18 degrees East. The obtained results are estimated values within quasi-rectangles of the size of 1/12 longitudinally and 1/20 meridionally. Therefore this model makes possible to pursue the required coefficient calculation with four parameters at any location within Austria.

The parameters coefficients are available if short durations and any return periods are defined. They are put into the formula selected for the calculation of design rain. All required program algorithms and parameter files have been installed in the HZB's computer system. Finally the calculation of design rain is explained with several case studies.

1. Problemstellung

Bemessungswerte des Niederschlags können zur Lösung der verschiedensten wasserwirtschaftlichen Fragestellungen herangezogen werden. Synthetische Niederschläge sind vor allem dann nützlich, wenn keine ausreichenden Messdaten zur Verfügung stehen. In diesem Fall bietet sich deren Verwendung als Eingangsdaten für hydrologische Modelle an, um gesuchte Bemessungsgrößen oder optimale Konfigurationen wasserwirtschaftlicher Systeme zu ermitteln.

Brauchbare Niederschlagsmodelle enthalten jedenfalls einen physikalischen Kern. Sie werden zum Beispiel zur Bestimmung von Hochwasserbemessungsganglinien (DYCK et al., 1971; SACKL, 1994; SVENSSON et al., 1998), für die optimale Auslegung von Systemen von Hochwasserrückhaltebecken (BINARK, 1979), zur Untersuchung der Auswirkung von Klimaänderungen auf das regionale Niederschlagsverhalten (BÁRDOSSY, 1993), in der agrarwirtschaftlichen Planung in Entwicklungsländern (WILLEMS, 1993), für die Entwässerungsplanung im Siedlungsraum (FLECKSEDER, 1994) oder speziell im Bereich der Straßenentwässerung (FRITZER, 1983) eingesetzt.

Der Niederschlag ist das Ergebnis komplexer physikalischer Prozesse in der Atmosphäre. Seine deterministische raum-zeitliche Modellierung unter Berücksichtigung der zugrundeliegenden atmosphärischen Vorgänge ist, vor allem auch wegen der im Prozess inhärenten Wechselwirkungen aus verschiedenen Skalen, sehr kompliziert. Bei der Bestimmung eines „vermutlich maximalen Niederschlags“ (PMP) wurden auf physikalischer Grundlage beträchtliche Fortschritte erzielt (WIESNER, 1970; HAUCK, 1983; WMO, 1986; HAIDEN et al., 1989 und 1992). Dabei wurde mit dem maximal möglichen Wassergehalt einer Luftsäule über dem Einzugsgebiet einschließlich der durch den Wind zusätzlich herangeführten Feuchtigkeit (SCHMIDT, 1997) gearbeitet. Für viele ingenieur-hydrologische Aufgaben sind auch Bemessungswerte niedriger Wiederkehrzeiten von Interesse.

Deswegen hat es sich in der Hydrologie vielfach bewährt, den Niederschlag sowohl für Fragen der Echtzeitvorhersage als auch für die Simulation als stochastischen Prozess (GUTTORP, 1996) zu behandeln. Verschiedene Ansätze und Modelle zur Generierung kontinuierlicher Niederschläge werden in HABERLANDT (1996) vorgestellt. Die dabei verwendeten Modellparameter (mindestens drei bis mehr als ein Dutzend!) werden aus Zeitreihen beobachteter Werte ermittelt. Die Übertragbarkeit in datenarme Gebiete und die Abschätzung extremer Ereignisse bleibt problematisch.

Gesucht wird also eine objektive Prozedur, die Bemessungsniederschläge für kurze Dauerstufen ($D \leq 12$ Stunden) und bei beliebiger Wiederkehrzeit liefert. Bevorzugtes Interesse besteht an Ergebnissen aus Regionen mit spärlichen Messdaten, wie etwa aus Bergregionen.

2. Eingesetzte Verfahren und Bewertung im Hinblick auf deren Brauchbarkeit in Österreich

Für Österreich untersuchten insbesondere KREPS und SCHIMPF (1965) sowie SCHIMPF (1970) den Zusammenhang zwischen den mittleren Jahresniederschlägen, einem *90%-Wert des Tagesniederschlags* (definiert als jener Tagesniederschlag, welcher in der jährlichen Serie der Tagesniederschläge in 90 % aller Fälle erreicht bzw. überschritten wird) und den Starkregensmengen von 30 Minuten bis 72

Stunden Dauer. Ausgangspunkt dieser Starkniederschlagsauswertung waren die Überlegungen zur Berechnung von Starkregen nach WUSSOW (1922) und vor allem nach REINHOLD (1940). Die im jeweiligen Gebiet in Frage kommenden Kriterien (und damit verschiedenen Berechnungsformeln) wurden durch den mittleren Jahresniederschlag abgegrenzt und durch die 90%-Tageswerte an den Beobachtungsstellen (die sogenannten *K-Werte* einer Station) verfeinert. In der Praxis wurde eine Verdoppelung der Werte (*2-fach K-Werte*) empfohlen. Daran anschließend wurde die n-Jährlichkeit (wahrscheinliche Wiederkehr) nach KREPS (1958) berechnet. Die Klassifikation von Stationen nach ihren *K-Werten* (K_{25} -, K_{35} -, K_{45} -, K_{55} -Station) hat über den nationalen Bereich hinaus vor allem im technischen Bereich Nachahmer gefunden.

Bei der Kanalnetzberechnung wurden, falls keine verwertbaren Niederschlagsaufzeichnungen vorliegen, nach einem Entwurf des Bundesministeriums für Bauten und Technik (1976) folgende Bemessungsregen r angenommen (LECHER, 1982):

Alpen und Voralpen: $r_{15 \text{ Minuten}} = 150 \text{ l/(s ha)}$, bei $t_{\min} = 5 \text{ Minuten} \rightarrow r = 260 \text{ l/(s ha)}$;
übriges Bundesgebiet: $r_{15 \text{ Minuten}} = 125 \text{ l/(s ha)}$, bei $t_{\min} = 10 \text{ Minuten} \rightarrow r = 160 \text{ l/(s ha)}$.

Bei der Bemessung von Straßenentwässerungen behalf man sich lange Zeit mit der intensiven Auswertung von Starkniederschlägen, um einen Zusammenhang zwischen der Regenstärke [mm/min] (bzw. Regenspende [l/(s, ha)]) und der Regendauer [min] einerseits und der jährlichen Häufigkeit andererseits herzuleiten (FRITZER, 1983). Die mittlere Regenstärke über die Regendauer, multipliziert mit dem Faktor 166,667, ergibt rechnerisch die mittlere Regenspende über dieselbe Andauer; die Niederschlagsmenge h_N [mm] ist durch $0,006 \cdot \text{Regenspende} \cdot \text{Regendauer}$ gegeben. In dieser Studie wurde erstmals der Vergrößerung der Regenstärke (Intensität) für kürzere Regen systematisch Rechnung getragen; am Konzept der Blockregen (Niederschlag gleichmäßig verteilt über die Dauer [min] des Regens) wurde festgehalten. Für Niederösterreich hat das Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (AMT NÖ, 1998) Leitlinien zur Entwässerung von Straßen erstellt. Ein Konzept zur detaillierten Auswertung charakteristischer Niederschlagskennwerte wurde von STUBENVOLL (1993) entwickelt, aber bisher nur für Teile der Oststeiermark verwirklicht.

Das Verfahren der „umhüllenden Regensummenlinie“ (ÖWAV, 1990; ÖNORM, 1999) ist nach Vorgabe einer Jährlichkeit des Ereignisses auch (noch) in jüngster Zeit Grundlage zur Bestimmung von Bemessungsregen aus Beobachtungsdaten.

Erfolge zeigt die in Österreich unter GUTKNECHT (1977) begonnene stochastische Betrachtungsweise, unter anderem im Rahmen eines EU-Projektes zur Abschätzung der Bodenerosion (STRAUSS et al., 1996).

Das in den letzten 25 Jahren angefallene Material, geänderte Methoden in der Auswertung und in der Datenverarbeitung sowie neue statistische Ansätze machten Neubearbeitungen notwendig. In Anlehnung einer erfolgreichen Neubehandlung des Themas beim Referat Hydrometeorologie im Deutschen Wetterdienst (DEUTSCHER WETTERDIENST, 1990; DVWK, 1991) hat der Leiter des Referates IV A 3b im BMLFUW, NOBILIS, im Jahre 1990 ein als ÖKOSTRA-93 bezeichnetes Projekt initiiert, an dessen Ergebnissen die vorliegende Studie anknüpft (ÖKOSTRA-93, 1992; SKODA, 1993; MISCHKULNIG, 1995).

Gleichzeitig hat sich die Verfügbarkeit und Güte meteorologischer Kurzfrist-Vorhersagemodelle in den letzten Jahren deutlich verbessert (HAIDEN und PICHLER, 1997; JACOB und PODZUN, 1997; SKODA, 1997; BRASSEUR, 1998). Es erscheint daher naheliegend, die Komponente Niederschlagsbeobachtung mit der Komponente simulierter Modellwert zu verbinden (SKODA und NOBILIS, 1999).

3. Adaptierung eines für Österreich am besten geeigneten Verfahrens zur Ermittlung des Bemessungsniederschlags mittels inadäquater Daten

Die vorliegende Studie schließt an die Überlegungen und Vorgaben der im Rahmen von ÖKOSTRA erarbeiteten Vorgangsweise an. Daher ist es zweckmäßig, zunächst alle Möglichkeiten zu prüfen, Messdaten, aufbereitetes Material oder bereits in die Datenbank aufgenommene digitalisierte Niederschlagswerte aus dem jeweiligen Einzugsgebiet zu nutzen. Wenn die erforderlichen Voraussetzungen erfüllt sind, kann nach den Richtlinien von ÖKOSTRA (SKODA, 1993) der für die gewünschte Dauerstufe D und die gewählte Wiederkehrzeit T die Höhe des zugehörigen Bemessungsniederschlags hN ermittelt werden.

Bei der Bearbeitung kleiner Einzugsgebiete bzw. im alpinen Gelände werden die erforderlichen Beobachtungsdaten häufig fehlen. Auch im Flachland weist das Feld zeitlich hochaufgelöster Daten gebietsweise noch Lücken auf. Somit ist die Praxis im Regelfall mit inadäquaten Daten konfrontiert. Unter diesen Voraussetzungen erscheint es sinnvoll, die gesuchten Niederschlagswerte aus räumlich hochauflösenden meteorologischen Modellen zu entnehmen.

Die Autoren empfehlen, die folgenden Gleichungen (2), (4), (5.1), (5.2) und (11.1) bis (13) in einigen Jahren neu zu bewerten, sobald weiterentwickelte meteorologische Modelle für konvektive Niederschläge verfügbar sein werden.

3.1. Meteorologisches Modell

Die Berechnungen erfolgen hier mittels eines im Rahmen des Programmes IDNDR (Forschungsprojekt der Österreichischen Akademie der Wissenschaften) zwischen 1991 und 1997 entwickelten und an der ZAMG im April 1997 implementierten Modells zur Vorhersage von konvektiven Niederschlägen. Da innerhalb der warmen Jahreszeit Interesse an kurzen Dauerstufen ($D \leq 12$ Stunden) besteht, werden die Berechnungen an dieser Stelle **n i c h t** mit dem bei LORENZ und SKODA (1998) eingesetzten Modell für stratiforme und Aufgleitniederschläge durchzuführen sein. Ein weiteres instationäres, orographisch-konvektives Modell (OKM) übernimmt die Berechnungen (HAIDEN und PICHLER, 1997). Wesentlich bei der Berechnung konvektiver Niederschläge ist die Erfassung der Klumpenbildung in den Niederschlagsfeldern sowie eine möglichst genaue Kenntnis der Seehöhenabhängigkeit. Letztere kann nun nicht mehr durch einen klimatologischen Ansatz, wie er durch Gleichung (4) in LORENZ und SKODA (1998) vorgeschlagen wurde, befriedigt werden. Für eine explizite Berechnung ist die geeignete Auflösung der digitalen Geländedaten in hoher Auflösung notwendig. Es ist nicht der Punktwert von Anstieg und Höhenlage, sondern deren Mittel über ein größeres Gebiet für die orographische Niederschlagsverstärkung entscheidend. Die Geländehöhen, die im Modell OKM in einer Auflösung von etwa 1,5 km verwendet werden, wurden ihrerseits durch Mittelung der Daten eines digitalen Geländemodells sehr hoher Auflösung gewonnen. Der eigentliche Modellbereich, in dem gerechnet wird, reicht von 9 - 18 Grad östlicher Länge und

von 45 - 50,5 Grad nördlicher Breite. Grundsätzlich beträgt die Auflösung von OKM 1/80 Grad meridional (ca. 1,38 km) und 1/48 Grad longitudinal (ca. 1,55 km).

Das zeitabhängige Modell OKM berechnet den lokalen orographisch-thermischen Antrieb konvektiver Wolken- und Niederschlagsbildung über komplexem Gelände. Es kann auf beliebig steile und hohe Topographie angewandt werden, da die Topographie im Modell in eine „Basistopographie“ und eine „relative Topographie“ zerlegt wird. Die Basistopographie entspricht dem Gebirgsrumpf und kann als gedachte Verbindungsfläche zwischen den Talböden der größeren Täler oder auch als „untere Einhüllende“ der Topographie angesehen werden.

Die maximalen Neigungen der Basistopographie sind bedeutend geringer als die der gesamten Topographie. Das erlaubt die Verwendung eines lokal eindimensionalen Mischungsschicht-Ansatzes zur Modellierung des Grenzschichtaufbaues, wobei das „Hineinragen“ der relativen Topographie in die Grenzschicht, das sich z.B. in Form des Volumseffekts auswirkt, explizit berücksichtigt wird.

Startpunkt der täglichen Modellrechnung ist aus praktischen Gründen 00 Uhr UTC, da für diesen Zeitpunkt Radiosondendaten (Wien, Budapest, Budweis, Prag, München, Payerne, Udine und Zagreb) zur Verfügung stehen. Zur Initialisierung werden die vorliegenden Beobachtungen der Radiosondenaufstiege und der im Rechengebiet befindlichen Synopstationen verwendet. Zuerst werden die 00-UTC-Radiosondenprofile von Temperatur und Taupunkt horizontal interpoliert. In einem nächsten Schritt werden die um 00 UTC beobachteten Temperatur- und Taupunktswerte jener Stationen, die in Talniveau liegen, verarbeitet. Sie werden unter Berücksichtigung ihrer Höhenlage interpoliert und für eine entsprechende Korrektur der bodennahen Temperatur- und Feuchteverhältnisse verwendet. In einem dritten Schritt wird berechnet, welche Werte die so gewonnenen dreidimensionalen Anfangsfelder von Temperatur und Feuchte an den Bergstationen liefern. Aus den Differenzen zu den tatsächlich gemessenen Werten werden dreidimensionale Korrekturfelder erstellt. Zur Berücksichtigung der synoptisch-skaligen Advektionsprozesse in der freien Atmosphäre während des Vorhersagezeitraumes werden zusätzlich Vorhersagen des ECMWF-Modells (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts - ECMWF) für Wind, Temperatur, Feuchte sowie Vertikalgeschwindigkeit eingebunden.

Diese horizontal interpolierten Werte von Temperatur und Taupunkt stellen den Anfangszustand der Modellatmosphäre dar. Der Zeitraum zwischen 00 Uhr UTC und Sonnenaufgang wird gesondert behandelt, da die nächtliche Abkühlung der Grenzschicht explizit berücksichtigt wird. Die effektive langwellige Ausstrahlung in diesem Zeitraum wird als Funktion der bodennahen Werte von Temperatur und Taupunkt parametrisiert. In Kombination mit den beobachteten morgendlichen Minimumtemperaturen an den synoptischen Stationen kann damit die Dicke der abgekühlten Schicht abgeschätzt werden. Das ursprüngliche vertikale Temperaturprofil kann dadurch in den untersten Niveaus der Energiebilanz entsprechend modifiziert werden.

Sobald die Strahlungsbilanz positiv wird, beginnt das Wachstum der konvektiven Grenzschicht und die Erwärmung der Talatmosphäre. Die Aufteilung in Flüsse fühlbarer und latenter Wärme wird durch vorgegebene Werte des Bowen-Verhältnisses (abhängig von der Oberflächenart) gesteuert. Höhenlage und Exposition werden bei diesen Berechnungen explizit berücksichtigt.

Das Anwachsen der konvektiven Grenzschicht wird mittels Mischungsschicht-Ansatz berechnet, wobei Vermischungen an der Obergrenze der Schicht durch thermische und scherungsinduzierte Turbulenz in einfacher Form berücksichtigt werden. Für die zeitliche Integration ist ein Zeitschritt von einer halben Stunde ausreichend, da ein semi-analytisches Verfahren verwendet wird. Fühlbarer Wärmefluss, der von Hangstücken oberhalb der momentanen Obergrenze der konvektiven Grenzschicht ausgeht, erwärmt die entsprechende Schicht der Talatmosphäre. Falls dadurch ein überadiabatischer Temperaturgradient entsteht, wird die Erwärmung auf höher gelegene Schichten so umverteilt, dass der trockenadiabatische Gradient nicht überschritten wird. In der beschriebenen Weise werden die mesoskaligen Verteilungen folgender Größen in Halbstundenschritten berechnet: Höhe der Mischungsschicht, Temperatur der Mischungsschicht, Inversionsstärke an der Obergrenze der Mischungsschicht, Wasserdampf-Mischungsverhältnis in der Mischungsschicht, kumulative Erwärmung der Talatmosphäre oberhalb der Mischungsschicht. Aus diesen Größen werden die für die Vorhersage konvektiver Aktivität benötigten Parameter wie die Höhe des „cumulus condensation level“ oder des orographisch modifizierten Showalter-Index als Feldverteilungen berechnet.

Die eigentliche Berechnung des konvektiven Niederschlags beruht auf einer Superposition der Niederschläge aus einzelnen, lokal ausgelösten, idealisierten konvektiven Zellen. Die Abhängigkeit der Isolinienverteilung von der Verlagerungsgeschwindigkeit und -richtung der Zelle und ihrer Lebensdauer wird explizit modelliert. Es wird angenommen, dass jede ausgelöste Zelle in einem mit ihr mitbewegten Bezugssystem eine charakteristische räumliche und zeitliche Niederschlagsverteilung produziert, die durch mehrere (im OKM für jede auftretende Zelle individuell berechnete) Parameter (Zeitpunkt der Niederschlagsauslösung, Höhe z_{LCL} der Niederschlagsauslösung, maximaler Aufwind, maximale Niederschlagsrate, Lebensdauer-Parameter eines konvektiven Niederschlagskomplexes, Verlagerungsgeschwindigkeit, Verlagerungsrichtung) gesteuert wird. Die Niederschlagsrate einer Zelle wird als radialsymmetrisch normalverteilt und zeitlich exponentiell abfallend angenommen. Die Bewegung der Zelle wird aus dem massengewichteten mittleren Windvektor im Höhenbereich 1 bis 6 km berechnet. Das dafür verwendete Windfeld wird aus linearer räumlicher und zeitlicher Interpolation der Prognosefelder des ECMWF-Modells erhalten. Um die kumulative Niederschlagsverteilung im unbewegten System zu erhalten, muss unter Berücksichtigung der Zellenbewegung zeitlich integriert werden. Die verschiedenen Parameter, die den Zellenniederschlag steuern, werden im OKM für jede auftretende Zelle individuell berechnet. Der Zeitpunkt der Niederschlagsauslösung wird aus der Temperatur der Cumulus-Tops in der Höhe z_{TOP} und der Cumulus-Vertikalerstreckung abgeschätzt. Es wird angenommen, dass Niederschlagsbildung in einem Cumulus oder Cumulus-Cluster dann einsetzt, wenn er über das Niveau der -10 °C - Isotherme hinauswächst und gleichzeitig mindestens 2000 m Vertikalerstreckung aufweist.

Die maximale Niederschlagsrate P_{max} ist diejenige, die zum Zeitpunkt der Zellenauslösung im Zentrum der Zelle herrscht. Sie wird durch vertikale Integration der feuchtadiabatischen Kondensationsrate

$$P_{max} = \sum_{z=z_{LCL}}^{z=z_{TOP}} w(z)_z \cdot \rho(z)_z \cdot \left(-\frac{\delta r_s}{\delta z} \right)_z \quad (1)$$

abgeschätzt. Dabei ist $w(z)$ das im „open parcel“-Modell berechnete Vertikalgeschwindigkeitsprofil, $\rho(z)$ ein mittleres Dichteprofil und $\delta r_s(z)/\delta z$ die Abnahme des

Sättigungsmischungsverhältnisses mit zunehmender Höhe bei feuchtadiabatischer Hebung.

Die Bestimmung der Lebensdauer eines konvektiven Niederschlagskomplexes ist äußerst schwierig, da eine ganze Reihe von Faktoren, die auf nicht-lineare Weise zusammenwirken, eine Rolle spielen. Ergebnisse numerischer Gewittermodelle deuten auf eine Korrelation zwischen Gewittertyp und -lebensdauer einerseits und einer geeignet gewählten Richardson-Zahl (Verhältnis Labilitätsenergie zur kinetischen Energie der Windscherung) andererseits hin. Demnach muss für das Auftreten langlebiger Gewitter eine gewisse Balance der genannten Energieformen gefunden werden. Die Lebensdauer kann unter geeigneten Bedingungen jedenfalls mehrere Stunden betragen, was bei geringem mittleren Wind zu entsprechend hohen Punktniederschlägen führt.

Bei lokal begrenzten Starkniederschlagsereignissen aus Gewitterzellen darf die Kombination aus Tageszeit und synoptischem Antrieb nicht vernachlässigt werden. Die synoptisch-skalige zeitliche Änderung von Temperatur und Feuchte in der freien Atmosphäre wird den entsprechenden Prognosefeldern des ECMWF in räumlich und zeitlich linearer Interpolation entnommen. Die zwischen zwei OKM-Zeitschritten sich ergebenden Differenzen von Temperatur und Feuchte im ECMWF-Feld werden als dreidimensionale Felder zu den im OKM berechneten Werten addiert.

Bei der Interpretation sowohl von beobachteten als auch modellierten konvektiven Niederschlägen ist es zweckmäßig, zwischen maximalen Punktwerten und Gebietsmittelwerten zu unterscheiden. Das OKM liefert für jeden Termin zwei Niederschlagsfelder, die in dieser Weise zu interpretieren sind. Im Folgenden wird ausschließlich das Feld der Maximalniederschläge (P_{max}) behandelt. Es gibt für jeden Punkt an, welche Niederschlagsmengen dort in dem Fall, daß Gewitterzellen mit ihrem Kern genau über den Punkt ziehen, zu erwarten sind. P_{max} stellt somit auf der Modellfläche mit Pixelgrößen von ca. 1,5 km x 1,5 km eine Art Maximalabschätzung dar.

Weitere Informationen zum Modell OKM sind den einschlägigen IDNDR-Projektberichten zu entnehmen (unter anderem dem abschließenden Bericht zu Phase VII (1997), HAIDEN und PICHLER, 1997).

3.2. Simulation konvektiver Niederschläge bei vorgegebener Wiederkehrzeit

Zunächst wurden alle während des Sommers 1997 aufgetretenen Starkniederschläge mit konvektivem Charakter ausgefiltert und deren synoptischen Ursachen ermittelt. Insbesondere wurden für eine meteorologische Rangordnung (Klassifikation) die zu den relevanten Terminen beobachteten Radiosondenaufstiege bezüglich Labilität, Energieinhalt, Temperatur und Feuchtigkeit herangezogen.

Um typische, konvektive Niederschläge auf synoptischem Weg zu berechnen, wurde mit der Anfang 1998 gültigen Modellversion von OKM eine große Zahl von Testläufen durchgeführt (HAIDEN, 1998). Es wurde darauf geachtet, Ereignisse nahe dem obersten, noch beobachtbaren Intensitätsbereich zu simulieren. Die Intensitäten noch weiter zu steigern erschien nicht zweckmäßig, weil die zu Grunde liegende Modellphysik dafür nicht konzipiert ist. Die Modellergebnisse wurden auf dem Umweg modifizierter Start-Annahmen an die Auswerteergebnisse aus Regionen mit langen Beobachtungsreihen angepasst (HAIDEN et al., 1991; HAMMER, 1993; MISCHKULNIG, 1995; WATZINGER und GUTKNECHT, 1996). Damit ist sichergestellt, dass das meteorologische Modell mit der Beobachtung idente Resultate liefert.

Fehlbeträge an den Beobachtungsstellen durch Messfehler (SKODA, 1993; UNGERSBÖCK, 2000) wurden mittels einer generellen Anhebung im Ausmaß von 5% berücksichtigt. Am Ende kristallisierten sich *physikalische Anfangsbedingungen* heraus, welche im OKM für Österreich bei den Dauerstufen *2 Stunden* bzw. *4 Stunden* einen mutmaßlichen *dreißigjährigen* und *fünfundsiebzigjährigen Niederschlag* P_{max} lieferten.

Der an jedem Gitterpunkt unter obigen Vorgaben berechnete Niederschlag P_{max} wird mit den gleichzeitig bekannten Topographiedaten in Beziehung gebracht.

Die Ergebnisse der Korrelationsrechnung zwischen konvektivem Niederschlag und Topographie umfassen dasselbe Gebiet wie in LORENZ und SKODA (1998). Die Koeffizienten einer Polynom-Regression $F(z)$, welche die Höhenabhängigkeit beschreibt, sowie das Feld z_{min} werden abgespeichert.

$$F(z) = c_0 + c_1 z + c_2 z^2 + c_3 z^3 \quad (2)$$

Mit z als Geländehöhe in km und z_{min} als minimale Geländehöhe aller Korrelationen innerhalb eines Quadrates von 50 km Seitenlänge. Um eine sinnvolle räumliche Glättung in den Feldern der Koeffizienten herzustellen, wurde versucht, das ursprüngliche Niederschlagsfeld mittels der Regression (2) wieder herzustellen. Diejenige räumlich-gleitende Mittelungsfläche, welche das Ausgangsfeld mittels Varianzerklärung bestmöglich beschreibt, wurde gesucht. Als ein für Österreich brauchbarer Durchschnittswert ergab sich ein Quadrat mit 50 km Seitenlänge (HAIDEN, 1997 und 1998).

Das Verfahren, Intensitäten konvektiver Niederschläge „flächenbezogen“ anstelle von „punktbezogen“ anzugeben, hat sich bewährt (HUFF, 1994).

Alle Rechenergebnisse wurden auf das bei LORENZ und SKODA (1998) verwendete gröbere Gitter (1/12 Grad longitudinal, 1/20 Grad meridional; ca. 5 km x 5 km) übertragen, um eventuelle Verknüpfungen mit den dort angestellten Überlegungen zu erleichtern. So wurde zu Kontrollzwecken aus letzterem Modell unter anderem für die Dauerstufe *720 Stunden* ein *dreißigjähriger Niederschlag* P_{max} berechnet.

3.3. Koeffizientenbestimmung

Im Folgenden wird vorausgesetzt, dass die im Rahmen von ÖKOSTRA für partielle Serien gefundenen Zusammenhänge zwischen Niederschlagsmenge, Andauer und Eintrittswahrscheinlichkeit in ihrer einfachsten mathematischen Form für das ganze Bundesgebiet Gültigkeit haben.

Im Programmpaket DRA (Digitalisierung und Regenauswertung) wird die Niederschlagshöhe hN als Funktion der Dauerstufe D und der Wiederkehrzeit T für partielle Serien in der Form

$$hN(D, T) = u(D) + w(D) \ln T \quad (3)$$

ausgedrückt. Für die einfach-logarithmische Gestalt von $u(D)$ und $w(D)$, in der Form

$$u(D) = a_u + b_u \ln D \quad \text{und} \quad w(D) = a_w + b_w \ln D \quad (4.1)$$

werden die Anpassungskonstanten a_u , b_u , a_w und b_w gemäß dem nachfolgend beschriebenen Verfahren am Gitter (1,5 km x 1,5 km) berechnet (siehe Gleichungen 4.2.1 bis 4.2.7), räumlich übergreifend geglättet und an den Koordinaten des gewählten Rechengitters (Maschenweite ca. 5 km x 5 km) gespeichert. Die Anpassungskonstanten charakterisieren das konvektive Niederschlagsverhalten und ersetzen die Niederschlagsmessungen.

Der im Vorschlag DRA gleichfalls zu berechnende doppelt-logarithmische Ansatz für u und w kann ebenfalls leicht berechnet werden.

Über die Abhängigkeit von u und w von der Dauerstufe D wurde an anderer Stelle ausführlich berichtet (HAMMER, 1993). Um die dort erwähnte Schwachstelle zu umgehen, wurde zusätzlich ein Potenzansatz in der Form

$$u(D) = a_u D^{b_u} \quad \text{und} \quad w(D) = a_w D^{b_w} \quad (4.2)$$

versucht. Es ist nicht möglich, eine Präferenz zwischen (4.1) und (4.2) anzugeben.

R1 und **R3** werden aus dem meteorologischen Modell OKM berechnet:

$$\text{Gl. (4.2.1): } hN(T=75, D=2) \rightarrow \mathbf{R1} = u(2) + w(2) \ln 75 = \text{gegeben}$$

$$\text{Gl. (4.2.3): } hN(T=30, D=2) \rightarrow \mathbf{R3} = u(2) + w(2) \ln 30 = \mathbf{R1} / \text{Datei T75_T30}$$

Die Datei T75_T30 beschreibt den Unterschied, welcher durch die veränderte Jährlichkeit T eintritt.

Anschließend werden aus den Gleichungen (4.2.1) und (4.2.3) zuerst der Wert $w(2)$, sodann der Wert $u(2)$ bestimmt:

$$\rightarrow hN(T, D=2) = u(2) + w(2) \ln T, \text{ mit } T \text{ beliebig,}$$

wobei

$$\rightarrow u(2) = a_u(2)^{b_u} \text{ sowie } w(2) = a_w(2)^{b_w}$$

Analog wird für **R2** und **R4** verfahren:

$$\text{Gl. (4.2.2): } hN(T=75, D=4) \rightarrow \mathbf{R2} = u(4) + w(4) \ln 75 = \mathbf{R1} \cdot \text{Datei D4_D2_T75}$$

$$\text{Gl. (4.2.4): } hN(T=30, D=4) \rightarrow \mathbf{R4} = u(4) + w(4) \ln 30 = \mathbf{R3} \cdot \text{Datei D4_D2_T30}$$

Die Dateien D4_D2_T75 und D4_D2_T30 beschreiben die Unterschiede, welche im meteorologischen Modell durch veränderte Andauern D entstehen.

Anschließend werden aus den Gleichungen (4.2.2) und (4.2.4) die Werte $w(4)$ und $u(4)$ bestimmt:

$$\rightarrow hN(T, D=4) = u(4) + w(4) \ln T, \text{ mit } T \text{ beliebig,}$$

wobei

$$\rightarrow u(4) = a_u(4)^{b_u} \text{ sowie } w(4) = a_w(4)^{b_w}.$$

Aus $u(2)$ mit $u(4)$ folgt a_u und b_u sowie mit $w(2)$ und $w(4)$ folgt a_w und b_w .

Wie sich anhand einer Berechnung von Niederschlagswerten mit Gl. 4.2.1 – 4.2.4 zeigt, ist der Gültigkeitsbereich der Koeffizienten a_u , a_w und b_u , b_w innerhalb der Dauerstufen 2 bis 4 Stunden am besten gewährleistet. Bei kleiner gewählten Dauerstufen, etwa ab $D < 1$ Stunde, treten punktuell unrealistische Ergebnisse auf. Man ist daher gezwungen, für die Dauerstufen unter 2 Stunden weitere Stützstellen vorzugeben (**R5** wird direkt aus dem meteorologischen Modell OKM entnommen; **R6** wird nach Anwendung eines Reduktionsfaktors für Niederschläge, F , erhalten, der im Modell OKM einer Lebensdauer von Gewitterzellen zwischen 20 und 30 Minuten äquivalent ist):

$$\text{Gl. (4.2.5): } hN(T=75, D=1) \rightarrow \mathbf{R5} = u(1) + w(1) \ln 75 = \mathbf{R1} / \text{Datei D4_D2_T75}$$

$$\text{Gl. (4.2.6): } hN(T=75, D=0,25) \rightarrow \mathbf{R6} = u(0,25) + w(0,25) \ln 75 = \mathbf{R5} \cdot F,$$

mit

$$F = 0,15 (R5_{max} - R5) / (R5_{max} - R5_{min}) + 0,5,$$

wobei

$R5_{max}$: Größter auftretender Wert im Feld $R5$,
 $R5_{min}$: Kleinster auftretender Wert im Feld $R5$.

Als Randwert für sehr kurze Dauerstufen bewährt sich

$$\text{Gl. (4.2.7): } hN(T=75, D=0,083) \rightarrow R7 = R6 \cdot 0,6$$

Abschließend wird ein Glättungsalgorithmus (Regression) über die volle Andauer von D (= 12 Stunden) durchgeführt und als Endergebnis abgespeichert.

Damit ist die gewünschte Niederschlagsmenge $hN(D, T)$ bestimmbar. Es bleibt noch zu bedenken, dass die abgeleiteten Koeffizienten nur im Rahmen jener Zeiträume Gültigkeit haben, in denen die Voraussetzungen des OKM Gültigkeit haben. Das war für die Dauerstufe D bis maximal ein halber Tag und für die Wiederkehrzeit T höchstens 100 Jahre. Es gibt in der Literatur mehrere Hinweise, dass die *Überschreitungswahrscheinlichkeit* P sehr hoher Niederschlagsextreme, also über den Gültigkeitsbereich üblicher generalisierter Extremwert-Verteilungs-Ansätze hinaus, durch eine Potenzfunktion mit dem Exponenten q_s dargestellt werden kann. q_s ist Parameter eines sogenannten SOC-Ereignisses (**S**elf-**O**rganized **C**ritical event; BAK et al., 1988). Dieses Phänomen tritt in Zeitreihen mit divergierenden Momenten höherer Ordnung auf, was als direkte Konsequenz der Multifraktalität des Niederschlagsprozesses anzusehen ist (SCHERTZER et al., 1997; SCHERTZER et al., 1998). Die Bestimmung derartiger (mutmaßlich universeller) Größen kann nur aus langen Beobachtungsreihen mit hoher Auflösung gewonnen werden. Allfällige Veränderungen im Niederschlagsklima vergrößern den Unsicherheitsbereich. Zur Zeit dürfte ein Wert um 5,2 für den Parameter q_s angezeigt sein (HUBERT, 1996; PANDEY et al., 1998; TESSIER et al., 1993 und 1996). Da sich der Kehrwert der betrachteten Kenngröße *Jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit* P [Jahr^{-1}] durch die Wiederkehrzeit T [Jahre] ausdrücken lässt, kann leicht eine Proportionalität sehr extremer Niederschläge mit der Wiederkehrzeit T hergestellt werden. Exzessive Niederschlagsmengen wachsen bei steigender Wiederkehrzeit mit T^{1/q_s} , also mit etwa $T^{0,19}$ an.

Sollte nun eine Bemessung mit einer Wiederkehrzeit von $T > 100$ [Jahre] erwünscht sein, berechnet man gemäß Gleichung (3) $hN(D, T=100)$ und bildet **für $T > 100$ Jahre optional**

$$hN(D, T > 100) = \frac{hN(D, T = 100)}{4,6} \cdot \ln T \quad (5.1)$$

oder

$$hN(D, T > 100) = \frac{hN(D, T = 100)}{2,4} \cdot T^{0,19} \quad (5.2)$$

Zuletzt ist obiges Ergebnis mit der einhüllenden Rekordkurve (JENNINGS, 1950; MARX, 1969; WIESNER, 1970; HUBERT, 1996; STADELBACHER, 1998; SCHINDLER, 2000)

$$hN_{REKORD} = 50,54D^{0,5}, \quad (6)$$

mit hN [mm], D [Minuten], $T \rightarrow \infty$ zu vergleichen und darauf zu achten, dass die Bedingung (7)

$$hN(D, T > 100) \leq hN_{REKORD} \quad (7)$$

immer erfüllt bleibt.

3.4. Fläche des Einzugsgebietes und kritische Dauerstufe

Unter der Konzentrationszeit D_k wird die Zeit verstanden, welche nach Beginn des Niederschlagsereignisses verstreicht, bis alle Punkte eines Einzugsgebietes zum Abfluss an der tiefsten Stelle beitragen. Die allgemeine Idee dahinter ist, dass der stärkste Abfluss am Endpegel erreicht wird, sobald auch Niederschlag vom am weitesten entfernten Geländepunkt die Messstelle erreicht.

In der Literatur finden sich zahlreiche Formeln zur Bestimmung von D_k , die in ausgewählten geographischen Regionen mit Beobachtungen kalibriert wurden (SOKOLOV et al., 1976; BLÖSCHL, 1996 (§ 4)). Die einfachste Beziehung betrachtet nur den Einfluss der Fläche des Einzugsgebietes A [km^2] in Form einer Potenzfunktion (PILGRIM, 1987). Weil es sich in den dargestellten Fallstudien (\rightarrow siehe Punkt 5) offenbar um kleine Einzugsgebiete mit einheitlich alpinem Charakter handelt, ist das bei der durchgeführten Regression errechnete Bestimmtheitsmaß mit $R^2 = 0,98$ - zunächst unerwartet - sehr hoch. Die zugehörige Näherungsbeziehung für die kritische Dauerstufe D_k [Minuten] für A [km^2] lautet:

$$D_k = 8,55A^{0,63} \quad (8)$$

Allgemein ist D_k als ein Verhältnis von L/V darstellbar, mit L [km] als Länge des Hauptabflusses im Einzugsgebiet und V [$m \text{ sec}^{-1}$] als einer charakteristischen Abflussgeschwindigkeit innerhalb des Einzugsgebietes mit der Fläche A [km^2]. Weite Verbreitung hat nach australischem Vorbild die Bransby-Williams-Formel (LINSLEY et al., 1975; PILGRIM, 1987) gefunden:

$$D_k = 58LA^{-0,1}S^{-0,2} \quad (9)$$

Letztere erfordert die manchmal sehr aufwendige Bestimmung des Parameters S [$m \text{ km}^{-1}$], der die „Hangneigung gleicher Flächen“ (equal area slope) im Einzugsgebiet des Hauptabflusses - und damit V - charakterisiert. Auf der Suche nach einem einfacheren, rasch nachvollziehbaren Verfahren fiel die Entscheidung für folgende Vorgehensweise:

Bestimmung der größten Seehöhendifferenz im Einzugsgebiet (ΔH [m]; höchster Punkt des gesamten Einzugsgebietes - wobei die Gebietsgrenzen einzuschließen sind - minus der Seehöhe der im Einzugsgebiet am niedrigsten gelegenen Pegelstelle). Der Bezug der Fläche zur Hangneigung wird über die Größe L [km] hergestellt, wobei die Relation der gesuchten Längen-Flächenbeziehung beziehungsweise deren fraktale Dimension u.a. bei ROBERT und ROY (1990) besprochen wird. Dabei wird die Näherung nach ROSSO et al. (1991) verwendet:

$$L = 1,27A^{0,6} \quad (10)$$

$S [m km^{-1}]$ wird somit durch $(\Delta H/L)$ ersetzt; die Werte von ΔH und S der Fallbeispiele sind in Punkt 5 / Tabelle enthalten.

Die kritische Dauerstufe $D_k [Minuten]$ wird somit als Funktion der maximalen Höhendifferenz $\Delta H [m]$ und der Gebietsfläche $A [km^2]$ abschätzbar. Die Gleichung einer optimierten Anpassung an die Daten der vorgegebenen Fallbeispiele (Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,86$) lautet:

$$D_k = \frac{58L}{A^{0,1} 1,34S^{0,32}} \quad (11.1)$$

oder

$$D_k = 59,34 \cdot A^{0,692} \cdot (\Delta H)^{-0,32} \quad (11.2)$$

Die für $D_k [Minuten]$ errechneten Werte sind gleichfalls in Punkt 5 / Tabelle, aufgenommen. Es wird empfohlen, grundsätzlich die Ansätze (11.1) oder (11.2) demjenigen aus Gleichung (8) vorzuziehen. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die erforderliche genaue, österreichweite Berechnung der Koeffizienten noch ausständig ist.

3.5. Räumliche Abminderung

Reduktionsverfahren in Abhängigkeit von der Flächenausdehnung des Niederschlags haben in jüngster Zeit BLÖSCHL (1996 (§ 4)) sowie MATTERN (1996) ausführlich diskutiert. Die sogenannten Flächenreduktionsfaktoren des Niederschlages hängen von der Andauer D , der Wiederkehrzeit T des Niederschlagsereignisses, der betrachteten Fläche A und ganz entscheidend von einem räumlichen Korrelationsabstand ab. Letzterer kann unter anderem aus der Varianzreduktion im Niederschlagsfeld, welche mit zunehmender Flächengröße im allgemeinen eintritt, abgeschätzt werden. Detaillierte Studien liegen nur für wenige Regionen vor. In topographisch unruhigem Gelände zeigen sich vor allem bei den höheren Dauerstufen starke Anisotropien.

Bei der Behandlung konvektiver Niederschlagsereignisse über kleinen Einzugsgebieten ist man in der glücklichen Lage, sich noch im „flachen Teil“ der Abminderungskurve zu befinden. Damit fallen etwaige Fehler noch nicht ins Gewicht. MATTERN (1996) gibt für die Dauerstufen von 5 Minuten bis 24 Stunden Koeffizienten einer Polynomregression 4. Grades der Niederschlagsabminderungskurven (berechnet aus Abminderungsfaktoren des Niederschlags in verschiedener (radialer) Entfernung vom Niederschlagszentrum) für die Region Salzkammergut an. Diese Beziehung lässt sich auch als Funktion der Fläche darstellen. Die Autoren zweifeln, ob sich diese in einer Region errechneten Koeffizienten österreichweit übertragen lassen. Es wird vorgeschlagen, auf einen in der Literatur häufig anzutreffenden Ansatz zurückzugreifen:

Der mittlere Niederschlag $P [mm]$ eines Starkniederschlagsereignisses in Abhängigkeit von der Niederschlagsfläche $A [km^2]$, bezogen auf ein Niederschlagsmaximum am Gitterpunkt $P_{max} [mm]$, folgt für vorgegebene Dauerstufe $D [min]$ und Wiederkehrzeit $T [Jahre]$ in allgemeiner Form

$$P = P_{max}^{-kA^n}, \quad (12)$$

wobei k und n empirisch zu bestimmende Parameter sind. Die Entscheidung fiel für eine „sanfte Reduktion“, indem für k und n aus den in der Literatur angegebenen Intervallen (COURT, 1961; FOUFOULA-GEORGIU et al., 1990) eher die niedrigen Werte ausgewählt wurden:

$$k = 0,19D^{-0,56} \quad \text{und} \quad n = 0,5. \quad (13)$$

Diese Annahme ist bei Vorliegen überwiegend kleiner Einzugsgebiete berechtigt.

Achtung: P_{max} repräsentiert in der praktischen Anwendung einen extremen Niederschlagswert, der als ein räumlich geglätteter Hüllwert in einer Fläche mit Pixelgröße von ca. 5 km x 5 km anzusehen ist. P_{max} stimmt im allgemeinen nicht mit dem gesuchten Punkt-Wert an einer aus dem Pixel ausgewählten Niederschlagsmessstelle überein.

4. „Regelbuch“ zur Ermittlung von Bemessungsniederschlägen

- (1) Bei Vorliegen geeigneter Beobachtungsdaten aus dem Bereich des Einzugsgebietes sind diese nach den Richtlinien von ÖKOSTRA (SKODA, 1993) auszuwerten.
- (2) Im Falle mangelhafter Beobachtungsdaten bzw. bei gänzlich fehlender Niederschlagsmessung wird unter den *Voraussetzungen* $A \leq 10000 \text{ km}^2$, $D \leq 12$ Stunden, $T \leq 100$ Jahre folgende Vorgangsweise empfohlen:

ERFORDERNIS: Die am Gitternetz bzw. für jedes Teileinzugsgebiet abgespeicherten Werte der Anpassungskonstanten a_u , b_u , a_w und b_w (invers-quadratischer Distanz-Gewichtung aller jener 5 Rasterwerte, die dem Gebietsmittelpunkt des Teileinzugsgebietes am nächsten gelegen sind) liegen vor.

- Die kritische Dauerstufe D_k ist für viele Einzugsgebiete bekannt; falls dies nicht der Fall ist, bediene man sich einfacher Schätzformeln, wie etwa Gleichung (11.1) oder (11.2).
 - Diese beobachtete/berechnete kritische Dauerstufe D_k entspricht für Bemessungsniederschläge der unteren Schranke von zu wählenden Andauerwerten D . Man wähle eine gewünschte Andauer $D \geq D_k$
 - Man wähle die gewünschte Wiederkehrzeit T .
 - Man bestimme die Flächennummern der Teilgebiete laut Flächenverzeichnis.
 - Gleichung (4.1) und Gleichung (3) ergeben den gesuchten Bemessungsniederschlag für jedes Teileinzugsgebiet: $hN(D,T)_n$.
 - Abschließend werden aus den Teilflächen die gewünschte Gesamtfläche gebildet und die einzelnen Niederschlagswerte summiert. Für das gesamte Untersuchungsgebiet (Summe der Teilgebiete) ist die Flächenabminderung des Niederschlags nach den Gleichungen (12) und (13) zu berücksichtigen
- (3) Unter *geänderten Voraussetzungen*, etwa falls $T > 100$ Jahre, wird $hN(D,T)_n$ nach Gleichung (5.1) oder (5.2) und (6) korrigiert und wie oben fortgefahren.

(4) Handelt es sich um ein größeres Gebiet ($A > 10000 \text{ km}^2$), ist die Berechnung für Teilgebiete ($A \leq 10000 \text{ km}^2$) durchzuführen.

Alle Programmalgorithmen und erforderlichen Parameterdateien sind am Rechner-system des Hydrographischen Zentralbüros installiert.

5. Anwendungen

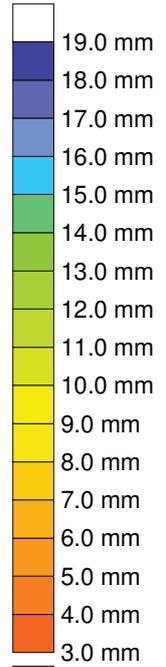
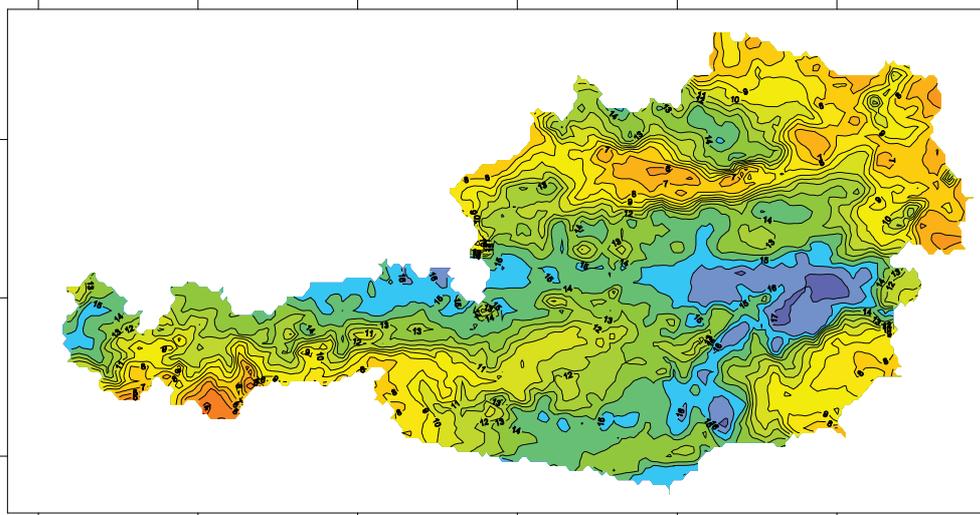
Nachstehende Tabelle enthält die in Punkt 3.4 definierten Kenngrößen für die Speicher bzw. Sperren Gstins, Hochalmsee, Radlsee, Mühldorfersee, Hierzmann, Pack und Langmann.

	A [km ²]	ΔH [m]	S = $\Delta H/L$ [m km ⁻¹]	D _k [Minuten]
Gstins	177,00	2119	74,74	183,9 2 – 3 Stunden
Hochalmsee	1,60	565	336,30	10,8 10 – 15 Minuten
Radlsee	1,77	564	315,08	11,6 10 – 15 Minuten
Mühldorfersee	2,44	503	231,80	15,0 10 – 15 Minuten
Hierzmann	162,40	970	36,03	222,5 4 Stunden
Pack	61,70	488	32,38	141,9 2 – 3 Stunden
Langmann	174,60	970	34,50	233,9 4 Stunden

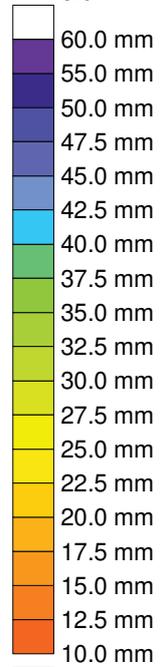
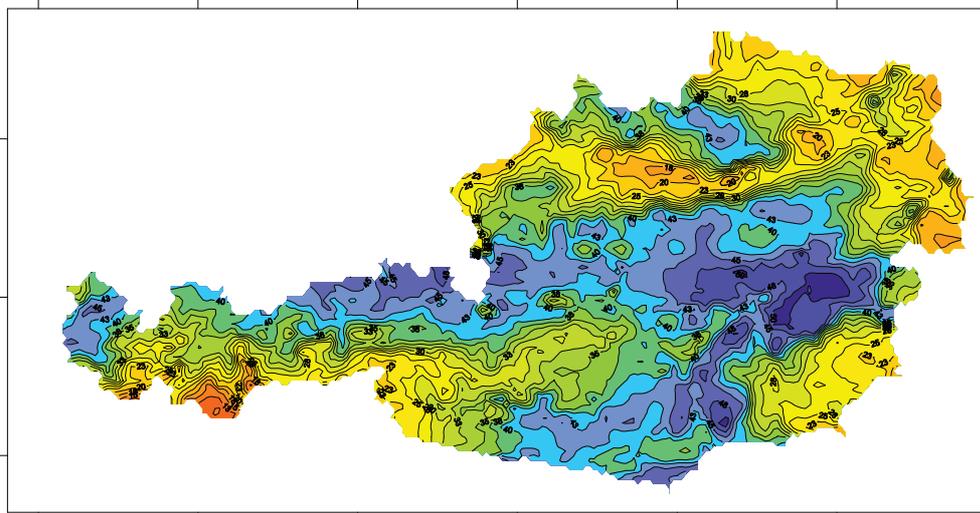
Erläuterungen: A [km²], ΔH [m], S [m km⁻¹] = ($\Delta H/L$) sowie D_k [Minuten] nach Gleichung (11.2) (linke Spalte) und beobachtet (rechte Spalte).

Als weitere Beispiele sind im Anschluss zwölf Starkniederschlagskarten ausgewählter Dauerstufen und Wiederkehrzeiten für Österreich dargestellt. Diese zeigen die Intensität konvektiver Niederschläge in flächenbezogener Darstellung (HUFF, 1994). Ein den Karten entnommener Niederschlagswert tritt innerhalb eines Gebietes von ca. 5 km x 5 km „punktuell“ wenigstens an einer Stelle auf. Weil extreme Niederschlagsereignisse mit dem konventionellen Stationsnetz im allgemeinen nur mangelhaft erfasst werden, kann die flächenrelevante Betrachtungsweise – insbesondere bei Wiederkehrzeiten ($T < 10$) – beim Datenvergleich mit ausgewählten Niederschlagsmessstellen regional zu deutlich höheren Werten als bisher gewohnt führen (LOVEJOY et al., 1986).

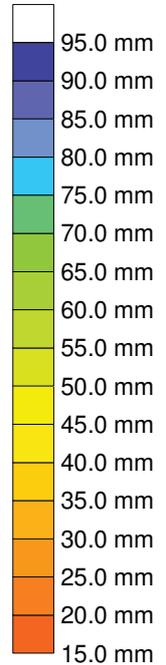
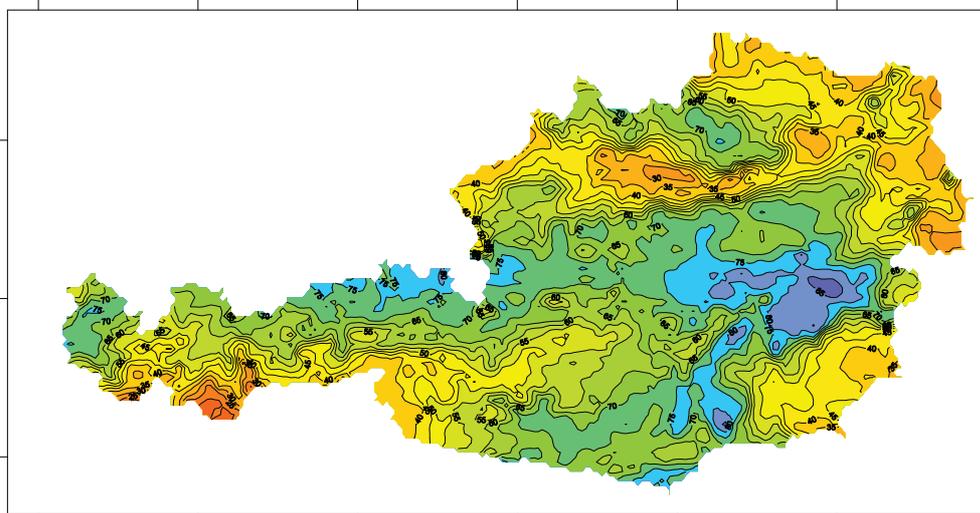
Starkniederschlag (D = 15 min, T = 1 a)



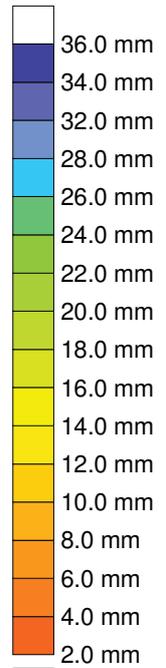
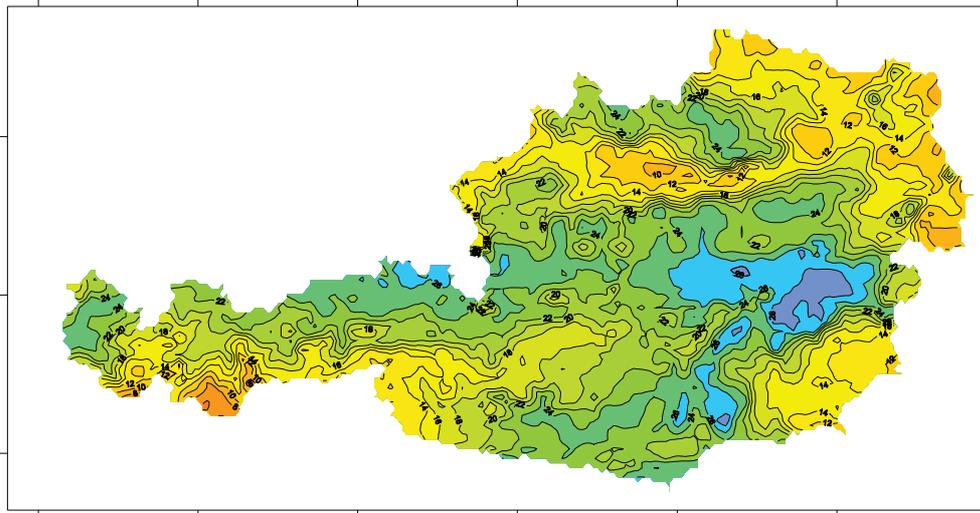
Starkniederschlag (D = 15 min, T = 10 a)



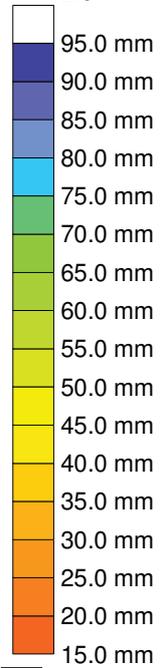
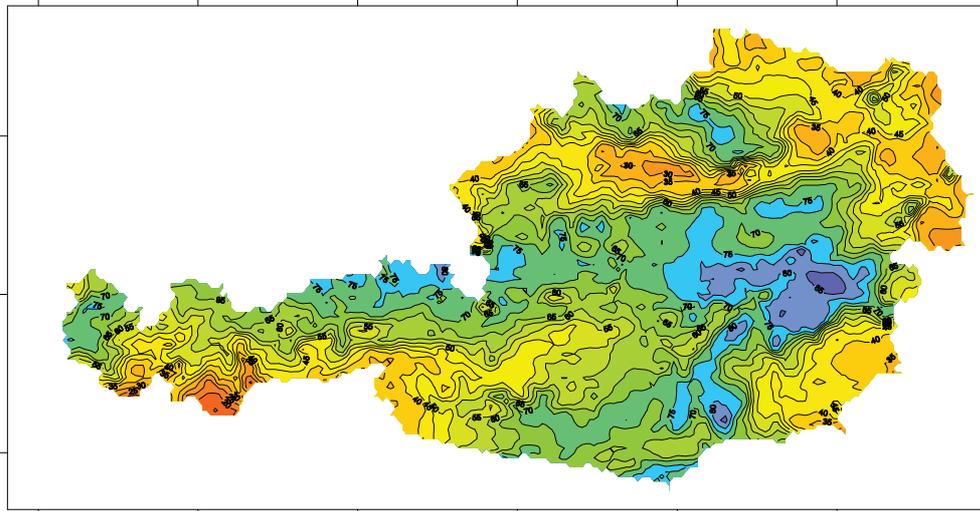
Starkniederschlag (D = 15 min, T = 100 a)



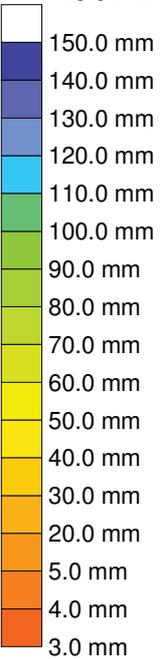
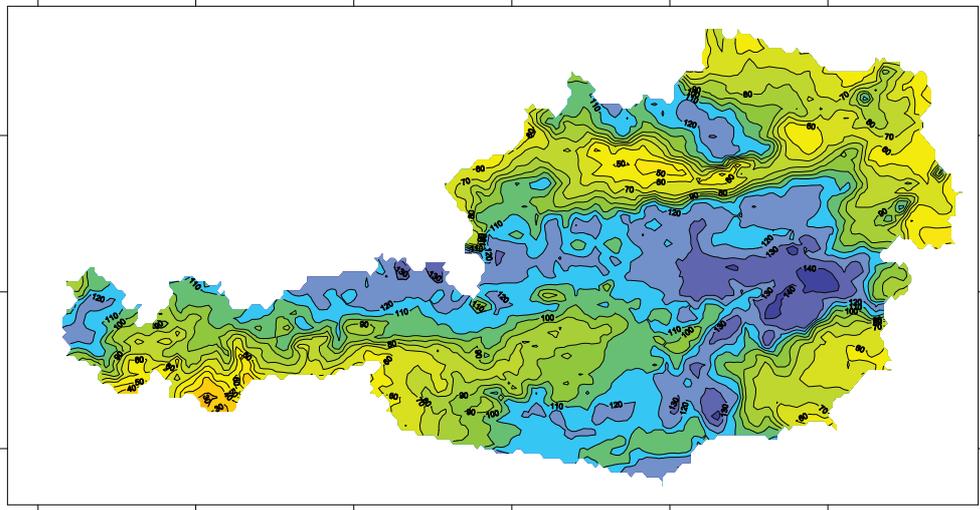
Starkniederschlag (D = 1 h, T = 1 a)



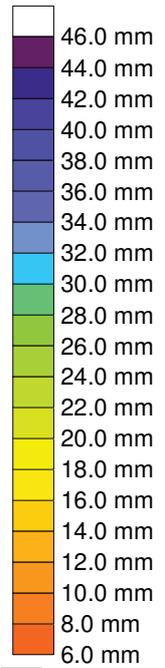
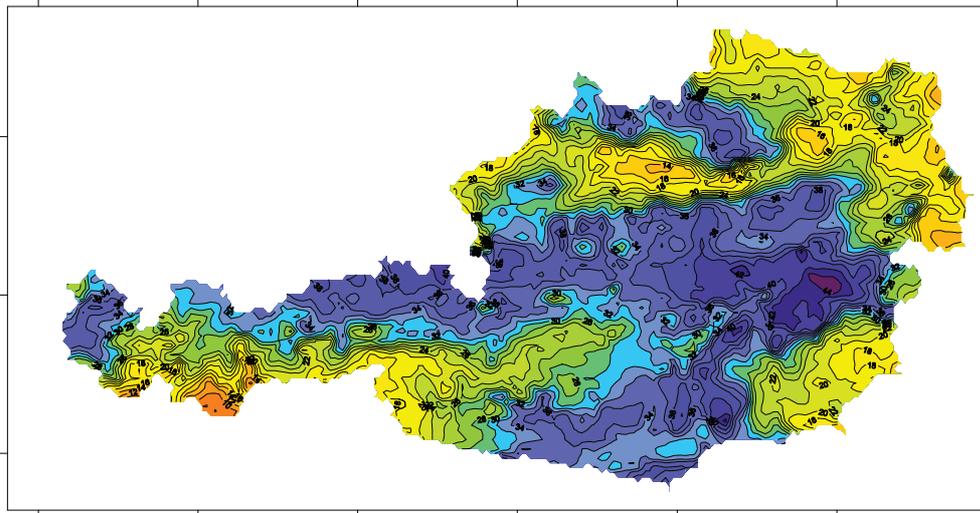
Starkniederschlag (D = 1 h, T = 10 a)



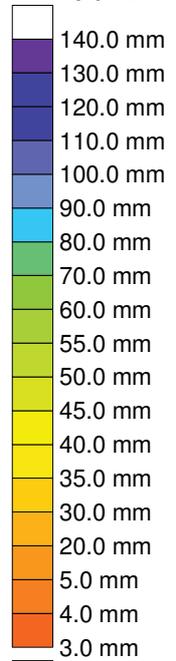
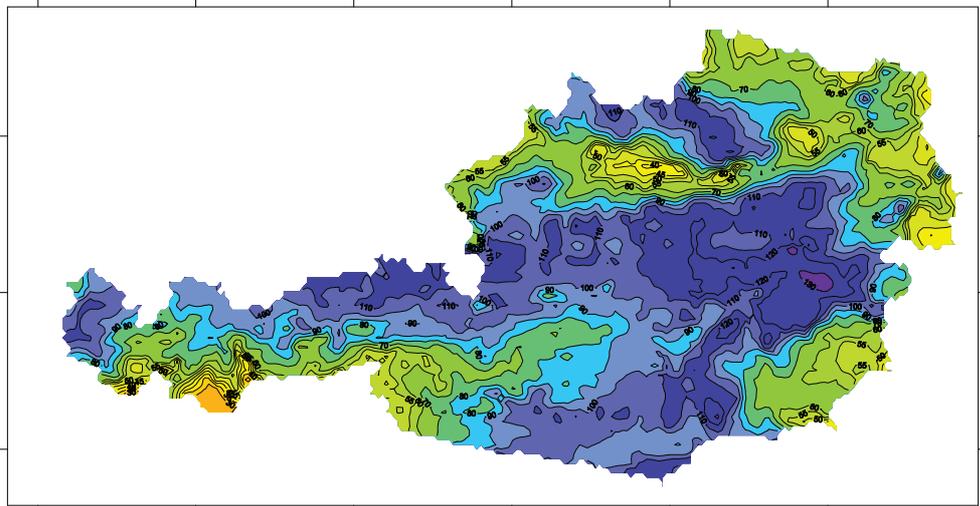
Starkniederschlag (D = 1 h, T = 100 a)



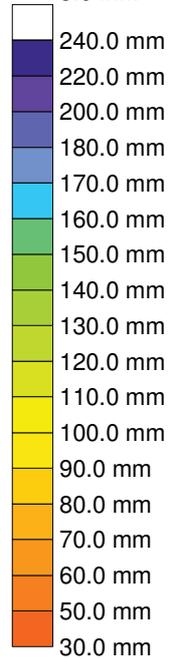
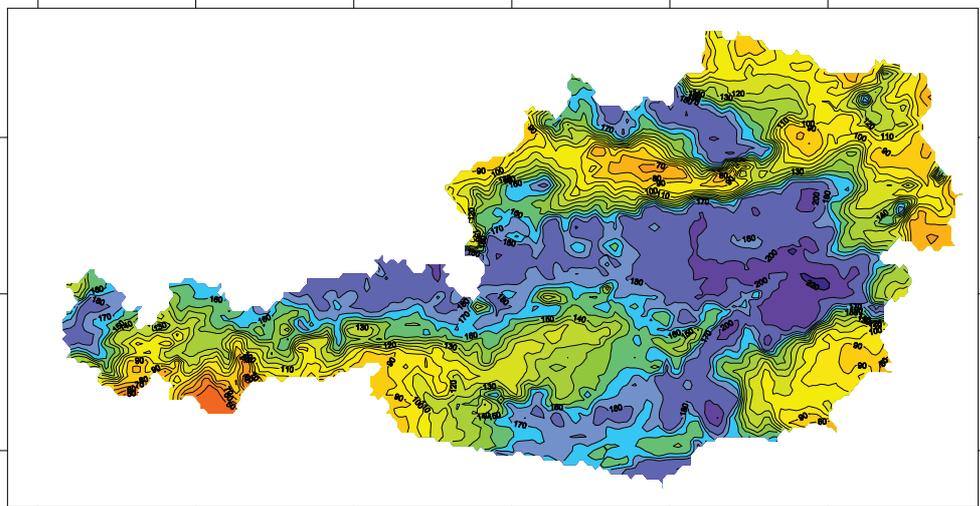
Starkniederschlag (D = 3 h, T = 1 a)



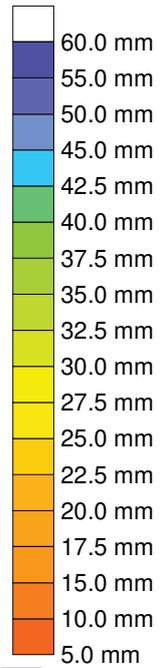
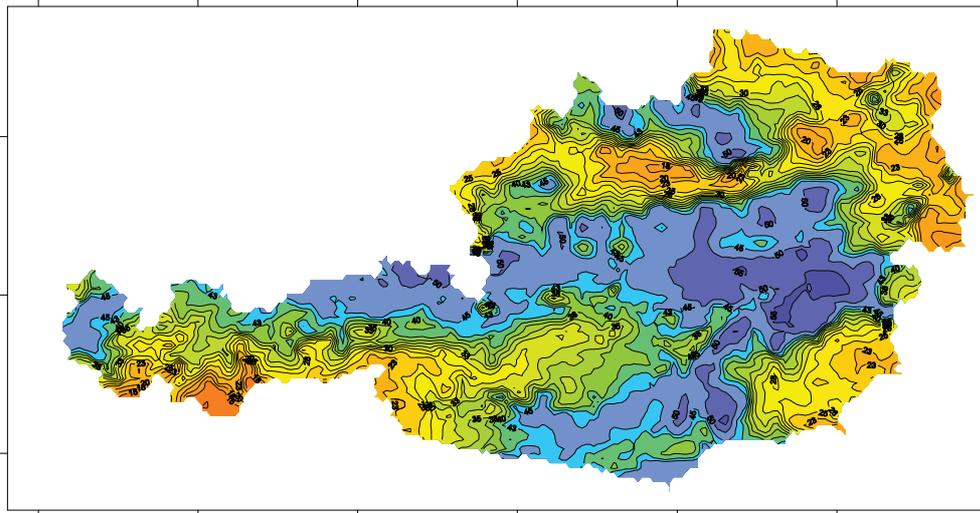
Starkniederschlag (D = 3 h, T = 10 a)



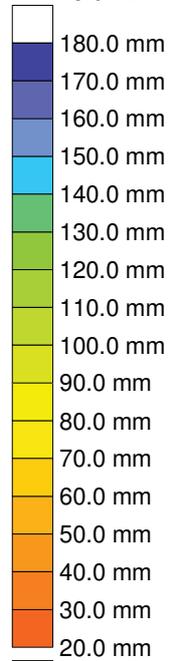
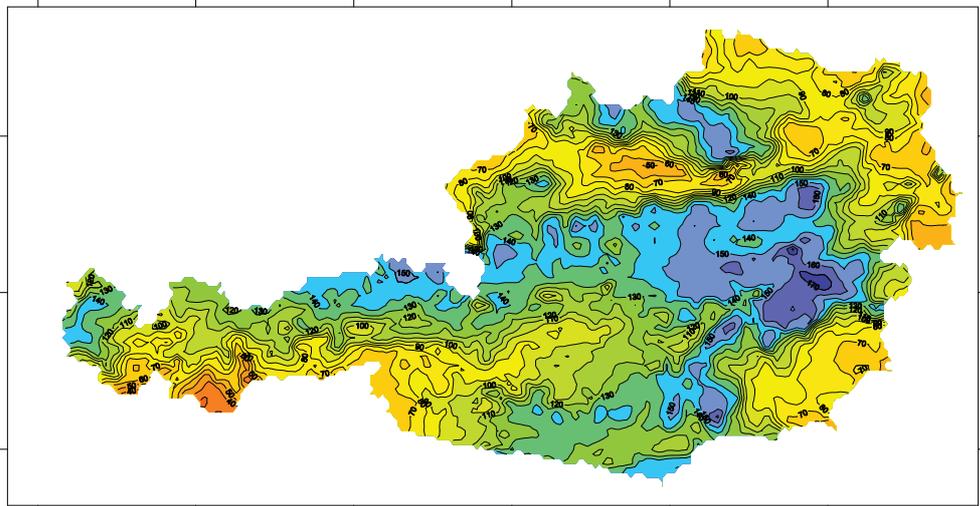
Starkniederschlag (D = 3 h, T = 100 a)



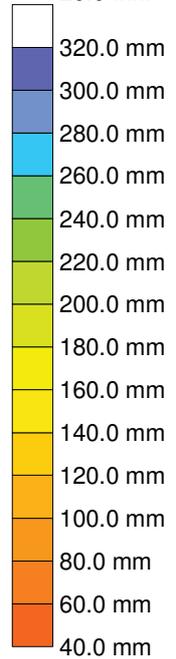
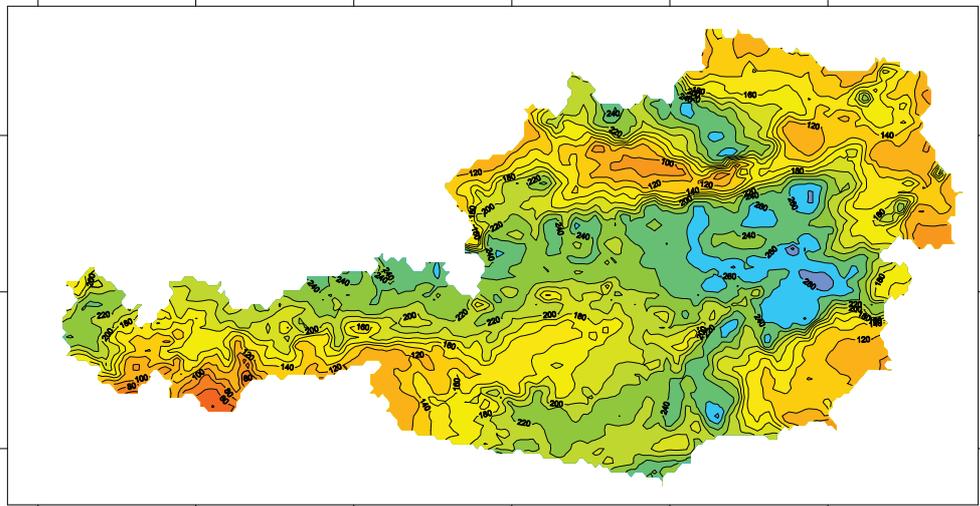
Starkniederschlag (D = 6 h, T = 1 a)



Starkniederschlag (D = 6 h, T = 10 a)



Starkniederschlag (D = 6 h, T = 100 a)



Literaturhinweise

- AMT der NÖ Landesregierung; Gruppe Wasser, Abteilung Hydrologie: Bemessungsabfluß (§ 4, aus: Leitlinien – Entwässerung von Straßen), St. Pölten, 1998.
- BAK, P., TANG, C., and K. WEISSENFELD: Self-organized criticality. Phys. Rev. A, Gen. Phys., **38**, 364 - 374 (1988).
- BÁRDOSSY, A.: Estimation of extreme regional precipitation under climate change. In: Engineering Risk and Reliability in a Changing Physical Environment. Nato Advanced Study Institute. Deauville, France, 1993.
- BINARK, A. M.: Simultane Niederschlagsgenerierung an mehreren Stationen eines Einzugsgebietes. Mitteilungen des Instituts für Wasserbau, III, Nr. 16, Universität Karlsruhe, Karlsruhe, 1979.
- BRASSEUR, O.: Simulation of extreme phenomena over Belgium using a three-dimensional mesoscale model. From: 2nd European Conference on Applied Climatology. Österr. Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 19, CD-ROM, Wien, 1998.
- BLÖSCHL, G.: Scale and Scaling in Hydrology. Especially: § 4.: Scaling components of the hydrologic cycle, 165 - 234. Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer. Band 132, 346 Seiten, Wien, 1996.
- COURT, A.: Area-depth rainfall formulas. J. Geophys. Res., **66**, 1823 - 1831 (1961).
- DEUTSCHER WETTERDIENST: Starkniederschlagshöhen für die Bundesrepublik Deutschland. KOSTRA 87 - Abschlußbericht. Offenbach/Main, 1990.
- DVWK: Starkniederschläge in der Bundesrepublik Deutschland. Erläuterungen und Ergänzungen zu KOSTRA. DVWK-Schriften 97/1991, Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1991.
- DYCK, S., U. KOCH und G. PESCHKE: Simulation von Starkniederschlägen zur Erzeugung langer Reihen von Jahreshochwasserabflüssen. Wasserwirtschaft – Wassertechnik, **21**, 3, 98 - 103 (1971).
- FLECKSEDER, H. (Ed.): Generelle Entwässerungsplanung im Siedlungsraum. Wiener Mitteilungen: Wasser - Abwasser - Gewässer, Band 121, Wien, 1994.
- FOUFOULA-GEORGIU, E. and L.L. WILSON: In search of regularities in extreme rainstorms. J. Geophys. Res., **95**, 2061 - 2072 (1990).
- FRITZER, H.: Quantitative Oberflächenwasserbeseitigung im Straßenbau. BM für Bauten und Technik. Straßenforschung, Heft 215, 1 - 48 (1983).
- GUTKNECHT, D.: Ein Computermodell zur Erzeugung einer Folge von Regenereignissen. Forschungsbericht Nr. 1, TU-Wien, Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft. Wien, 1977.
- GUTTORP, P.: Stochastic modeling of rainfall. From: IMA-Volume in Mathematics and its Applications, vol. 79: Environmental Studies - Mathematical, Computational, and Statistical Analysis, 171 - 187. Springer-Verlag New York, 1996.
- HABERLANDT, U.: Stochastische Synthese und Regionalisierung des Niederschlags für Schmutzfrachtberechnungen. Inst. für Wasserbau der Univ. Stuttgart, Mitteilungen, Heft 88, 1996.
- Haiden, T., P. KAHLIG, M. KERSCHBAUM und F. NOBILIS: Zum Einfluß der Orographie auf den vermutlich größten Niederschlag. Mitt. Hydr. Dienst in Österr., **61**, 62 - 72 (1989).

- HAIDEN, T., P. KAHLIG und M. KERSCHBAUM: Forschungen zu meteorologisch relevanten Parametern im Hinblick auf den vermutlich größten Abfluß (PMF). Forschungsbericht im Auftrag des BMLF, Sektion IV, 77 Seiten, Wien, 1991.
- HAIDEN, T., M. KERSCHBAUM, P. KAHLIG, and F. NOBILIS: A refined model of the influence of orography on the mesoscale distribution of extreme precipitation. *Hydrol. Sci. J.*, **37**, 417 - 427 (1992).
- HAIDEN, T.: Eine optimierte Starkniederschlagsauswertung. Teil **IV**: Niederschlagsinterpolation unter Berücksichtigung orographischer Effekte. *Mitt. Hydr. Dienst in Österr.* **72**, 47-62 (1994).
- HAIDEN, T.: Persönliche Mitteilung. Wien, 1997, 1998.
- HAIDEN, T. und R. PICHLER: IDNDR - Mesoskaliges Kurzfrist-Vorhersagemodell. Projektteil: Analytisch-numerische Simulation extremer Niederschlagsereignisse im mesoskaligen Bereich. Aus: SKODA, G. (Ed.): IDNDR-Tätigkeitsberichte zu den Phasen I bis VII (1991 bis 1997), Abschließender Bericht zu Phase VII. IMG Wien, 1997.
- HAMMER, N.: Eine optimierte Starkniederschlagsauswertung. Teil **III**: Optimierungsverfahren zur Erstellung von Regenhöhenlinien und Regenspendenlinien. *Mitt. Hydr. Dienst in Österr.* **69**, 43 - 58 (1993).
- HAUCK, E.: Berechnungsmethoden zur Bestimmung des „vermutlich größten Niederschlages“. (PMP). Kapitel **II**. Aus: Beiträge zur Wahl des Bemessungshochwassers und zum „vermutlich größten Niederschlag“. DVWK-Schriften Nr. 62. Verlag Parey, Hamburg und Berlin, 1983.
- HAUCK, E.: Arbeitsanleitung für die Ermittlung des „vermutlich größten Niederschlages“ (PMP) mit Anwendungsbeispielen. Kapitel **III**. Aus: Beiträge zur Wahl des Bemessungshochwassers und zum „vermutlich größten Niederschlag“. DVWK-Schriften Nr. 62. Verlag Parey, Hamburg und Berlin, 1983.
- HUBERT, P.: Fractals et multifractals appliqués a l'étude de la variabilité temporelle des précipitations. *International Hydrology Series: FEDDES, R.A. (Ed.): Space and Time Scale Variability and Interdependencies in Hydrological Processes*, 175 - 181 (1996).
- HUFF, F. A.: Record-breaking microstorm system supports new rainfall frequency estimates in Illinois. *Bull. AMS*, **75**, 7, 1223 - 1226 (1994).
- JACOB, D. and R. PODZUN: Sensitivity studies with the regional climate model REMO. *Meteorol. Atmos. Phys.* **63**, 119 - 129 (1997).
- JENNINGS, A.H.: Worlds greatest observed point rainfalls. *Monthly Weather Rev.* **78**, 4, 1950.
- KREPS, H.: Über die Ermittlung der wahrscheinlichen Wiederkehr von Naturereignissen. *Mitt. Hydr. Dienst in Österr.* **21**, (1958).
- KREPS, H. und H. SCHIMPF: Starkregen und Starkregenstatistik. Mit zahlreichen Beilagen und Karten. *Mitt. Hydr. Dienst in Österr.* **42**, 1 - 44 (1965).
- LECHER, K.: Ingenieurhydrologie. § 6 aus: Taschenbuch der Wasserwirtschaft. 6. Aufl., Verlag Paul Parey, Hamburg, 1982.
- LINSLEY, R.K., KOHLER, M.A., and J.L.H. PAULHUS: *Hydrology for Engineers*. 2nd edtn., McGraw-Hill, New York, 1975.
- LORENZ, P. und G. SKODA: Ermittlung von Flächenmitteln des Niederschlags aus punktuellen Messungen. Forschungsbericht beim BMLF, Abt. IV A 3, 1997.
- LORENZ, P. and G. SKODA: Aerea means of precipitation calculated from isolated measurements. 2nd European Conference On Applied Climatology (ECAC 98), 19 to 23 Oct.

- 1998, Vienna. Österr. Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 19, CD-ROM, Wien, 1998.
- LORENZ, P. und G. SKODA: Ermittlung von Flächenmitteln des Niederschlages aus punktuellen Messungen. Mitt. Hydr. Dienst in Österr. 78, 47-65 (1999).
- LOVEJOY, S., D. SCHERTZER, and P. LADOY: Fractal characterization of inhomogeneous geophysical measuring networks. Nature **319**, 43 - 44 (1986).
- MARX, S.: Über die extremsten Niederschlagsmengen auf der Erde. Z. für Meteorologie **21**, 1969.
- MATTERN, M.: Räumliche Abminderung von Starkniederschlägen. Diplomarbeit am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien. 166 Seiten, Wien 1996.
- MISCHKULNIG, O.: Starkregenauswertungen aus dem Salzkammergut gemäß ÖKOSTRA. Diplomarbeit am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien. 241 Seiten, Wien 1995.
- ÖKOSTRA-93: Österreichische koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und Auswertung. Heft **3**: Eine optimierte Starkniederschlagsauswertung. Forschungsbericht, BMLF, Wien, 1992.
- Österreichisches Normungsinstitut: ÖN B 2.500 - Begriffsnorm, Abwassertechnik. Wien, 1990.
- Österreichisches Normungsinstitut: ÖN B 2.506-1 - Regenwassersickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen - Anwendung, Bemessung, Bau und Betrieb; § 5.1.1.: Bemessungsregen. Wien, 1999.
- ÖWAV (Österreichischer Abwasser- und Abfallwirtschaftsverband): ÖWAV-Regelblatt „Generelle Entwässerungsplanung“. Wien, 1990.
- PANDEY, G., S. LOVEJOY, D. SCHERTZER: Multifractal analysis of daily river flows including extremes for basins of five to two million square kilometers, one day to 75 years. Journ. Hydrology **208**, 62 - 81 (1998).
- PILGRIM, D.H.: Australian Rainfall and Runoff: A guide to flood estimation, Volume 1. Revised edition. Institution of Engineers Australia. Barton, A.C.T., 1987.
- REINHOLD, F.: Regenspenden in Deutschland. Archiv für Wasserwirtschaft Nr.56, Berlin, 1940.
- ROBERT, A. and A.G. ROY: On the fractal interpretation of the main-stream length-drainage area relationship. Water Resources Res. **26**, 839 - 842 (1990).
- ROSSO, R., BACCHI, B., and P. La BARBERA: Fractal relation of mainstream length to catchment area in river networks. Water Resources Res. **27**, 381 - 387 (1991).
- SACKL, B.: Ermittlung von Hochwasser-Bemessungsganglinien in beobachteten und unbeobachteten Einzugsgebieten. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Band 13, TU-Graz, 1994.
- SCHERTZER, D. and S. LOVEJOY: Universal multifractals do exist! J. Applied Meteorol., **36**, 1296 - 1303 (1997).
- SCHERTZER, D. and S. LOVEJOY: The multifractal phase transition route to self-organized criticality. Phys. Rep., in press, 1998.
- SCHIMPF, H.: Untersuchungen über das Auftreten beachtlicher Niederschläge in Österreich. Österr. Wasserwirtschaft **22**, 121 - 125 (1970).
- SCHIMPF, H.: Untersuchungen über das Auftreten beachtlicher Niederschläge in Österreich. Mitt. Hydr. Zentralbüro **61**, 12 (1970).

- SCHINDLER, H.: Fehlerquellen bei der Behandlung von physikalischen Problemen mittels Dimensionsanalyse. Diplomarbeit am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien, 2000.
- SCHMIDT, Th.: Maximierte Gebietsniederschlagshöhen für Deutschland. DVWK-Mitteilungen **29**, 112 Seiten, Bonn 1997.
- SKODA, G.: Eine optimierte Starkniederschlagsauswertung. Projektbericht. Mitt. Hydr. Dienst in Österr. **69**, 26 - 28 (1993a).
- SKODA, G.: Eine optimierte Starkniederschlagsauswertung. I: Erste Erfahrungen mit ÖKOSTRA-93. Mitt. Hydr. Dienst in Österr. **69**, 29 - 32 (1993b).
- SKODA, G.: Eine optimierte Starkniederschlagsauswertung. II: Digitalisierung und Regenauswertung. Das Programmpaket DRA. Mitt. Hydr. Dienst in Österr. **69**, 33 - 42 (1993c).
- SKODA, G.: Fehler der Niederschlagsmessung. Teil I einer Pilotstudie. Ausführliches Literaturverzeichnis. BMLF, Wien, 1993d.
- SKODA, G.: Möglichkeiten der Bestimmung der Höhenabhängigkeit des Niederschlags. Teil II einer Pilotstudie. Ausführliches Literaturverzeichnis. BMLF, Wien, 1993e.
- SKODA, G. (Ed.): IDNDR-Tätigkeitsberichte zu den Phasen I bis VII (1991 - 1997). Abschließender Bericht zu Phase VII. IMG Wien, 1997.
- SKODA, G. und F. NOBILIS: Schätzung maximaler Niederschläge in Österreich. Tagungsband, DVWK: 'Extreme Naturereignisse: Niederschlag – Abfluß'. München, Januar 1999.
- SOKOLOV, A.A., RANTZ, S.E., and M. ROCHE: Floodflow computation: methods compiled from world experience. Unesco Press, Paris, 1976.
- STADELBACHER, K.: Anwendungsmöglichkeiten der Dimensionsanalyse auf meteorologische Fragestellungen. § 6.3.: Extremniederschlag. Diplomarbeit am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien, 1998.
- STRAUSS, P., K. AUERSWALD, E. KLAGHOFER und W.E.H. BLUM: Erosivität von Niederschlägen: Ein Vergleich Österreich – Bayern. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung **36**, 1 – 5 (1995).
- STRAUSS, P., KONECNY, F., and W.E.H. BLUM: A rainfall generation procedure for the **EURO**pean **Soil Erosion Model**. EUROSEM-Projektbericht 1996, BOKU, Wien, 1996.
- STUBENVOLL, H.: Analyse der zeitlichen Struktur von Niederschlagsereignissen auf der Grundlage zeitvariabler Datenaufzeichnung. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Band 10, I: 1 – 103, TU-Graz, 1993.
- SVENSSON, C. and P.R. RAKHECHA: Estimation of Probable Maximum Precipitation for dams in the Hongru river catchment, China. Theor. Appl. Climatol. **59**, 79 - 91 (1998).
- TESSIER, Y., LOVEJOY, S., and D. SCHERTZER: Universal multifractals: theory and observations for rain and clouds. J. Appl. Meteor., **32** (2), 223 - 250 (1993).
- TESSIER, Y., LOVEJOY, S., HUBERT, P., SCHERTZER, D., and S. PECKNOLD: Multifractal analysis and modeling of rainfall and river flows and scaling, causal transfer functions. J. Geophys. Res., **101** (D 21), 26427 - 26440 (1996).
- UNGERSBÖCK, M.: Korrektur des systematischen Fehlers weltweiter, synoptischer Niederschlagsmessungen. Diplomarbeit am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien, 2000.
- WIESNER, C.J.: Hydrometeorology. Chapman and Hall Ltd., London, 1970.

- World Meteorological Organization (WMO): Manual for estimation of probable maximum precipitation. Operational Hydrology, Rep. 1 (WMO No. 332), WMO, Geneva, 1986.
- WATZINGER, A. und D. GUTKNECHT: Aufbereitung und Basisanalyse der Starkregendaten aus den Hydrographischen Jahrbüchern 1948 - 1993. Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, TU-Wien, 1996.
- WILLEMS, W.: Saisonale Niederschlagsvorhersage auf Basis eines stochastischen Modells für tägliche Niederschläge. Dissertation, Materialien zur Ostafrika-Forschung, Heft 10, Trier, 1993.
- WUSSOW, G.: Untere Grenze dichter Regenfälle. Met. Z. **39**, 173 - 180 (1922).
- ZEYRINGER, Th.: Untersuchung des räumlichen Verhaltens von Niederschlagsereignissen auf zeitvariabler Datengrundlage. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Band 10, II: 1 - 271. TU-Graz, 1993.

Anschrift der Verfasser:

OR Dipl.-Ing. Peter LORENZ
Hydrographisches Zentralbüro
Marxergasse 2
A-1030 WIEN

Univ.-Prof. Dr. Georg SKODA
Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien
Hohe Warte 38
A-1190 WIEN

Wasserhaushalt und Wasserstandsentwicklung des Neusiedler Sees

Water balance and water level fluctuations of Lake Neusiedl

J. Plattner

Schlagwörter: —Wasserwirtschaft, Hydrologie, Wasserhaushalt, Neusiedler See
Keywords: Water resources, Hydrology, Water balance, Lake Neusiedl

Zusammenfassung

Im Auftrag der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission wurde 1963 die erste umfassende Wasserhaushaltsuntersuchung des Neusiedler Sees durchgeführt. Auf der Basis dieser Untersuchung wurde ein Regelungsmodell zur erforderlichen Stabilisierung der Seewasserstände entwickelt und in Kraft gesetzt.

Der Wasserhaushalt dieses seichten Steppensees wird überwiegend von Niederschlag und Verdunstung bestimmt.

Aufgrund der Erfahrungen mit dem Regelungsmodell wurde 1995 eine neuerliche Wasserhaushaltsuntersuchung auf der Basis von umfangreicheren hydrologischen Ausgangsdaten erstellt. Diese Untersuchung dient als Basis für eine Neufassung der Wasserstandsregelung.

Summary

Initiated by the Austrian-Hungarian Water Resources Commission, the first comprehensive water balance study of Lake Neusiedl was performed in 1963.

Based on this study, a model for controlling and stabilising the lake water levels was developed and implemented.

The lake water balance of this shallow steppe-lake is dominated by precipitation and evaporation.

Based on the experiences obtained with the model, a new water balance study using more comprehensive data was completed in 1995. This study is the basis for a new operational rule for controlling the lake water levels.

Kurze Charakterisierung und wasserbauliche Maßnahmen

Charakterisierung des Neusiedler Sees

Der Neusiedler See ist ein seichter Steppensee, dessen Charakter sich wesentlich von dem alpiner Seen unterscheidet. Das gesamte Einzugsgebiet des Sees ist nur rund dreimal so groß wie die Seefläche selbst. Daher wird der Wasserhaushalt des Sees ganz wesentlich von den auf den See fallenden Niederschlägen und der Verdunstung geprägt. Die oberirdischen Zu- und Abflüsse des Sees spielen nur eine untergeordnete Rolle. Der unterirdische Zu- und Abfluss ist vernachlässigbar.

Der See weist bei einem mittleren Wasserstand von 115,4 m ü.A. eine Fläche von 274 km² auf; rd. 58 % der gesamten Seefläche sind von Schilf bedeckt. Die mittlere Wassertiefe liegt zwischen 1,20 und 1,80 m.

Seit den Verträgen von Trianon und St. Germain (1922) liegt der größte Teil des Neusiedler Sees (83 % der Fläche, 92 % des mittleren Wasservolumens) auf österreichischem Staatsgebiet.

Wasserbauliche Maßnahmen in historischem Rückblick

Der Neusiedler See (Fertő Tó) wurde von Plinius d. Älteren *Lacus Peiso* und um 1100 n. Chr. *stagnum Ferteu* bzw. je nach Wasserstand *fluvius* oder *lacus Ferteu* benannt.

An Hand der nachstehenden wasserwirtschaftlichen Hinweise kann ein langfristiger Verlauf skizziert werden:

Zeit	Seezustand
1318	See teilweise ausgetrocknet, schmaler Wasserstreifen, der einem Fluss glich
15. Jahrhundert	Hoher Wasserstand, Bewohner zogen sich nach Osten zurück, Gründung von Apetlon (1410)
1568	Wasser ging vermutlich als Folge von Regulierungsarbeiten im Hanság (Ableitung der Ikva und Rabnitz) zurück, Fische wurden dezimiert
1677	Aufgrund einer Breitenangabe ist wieder ein hoher Wasserstand anzunehmen
1693 - 1736	Rückgang der Wasserfläche trotz hoher Niederschläge. In dieser Zeit wurden Regulierungsmaßnahmen an der Raab und im Hanság durchgeführt
1740	Der See war fast trocken, eine Kultivierung des Seebeckens wurde erwogen
1768 - 1769	Anstieg des Wasserspiegels mit Höchststand 1768. Fläche > 515 km ² . Viele tausend Joch wurden überschwemmt, Bauern wanderten ab
Ab 1801	Abnahme des Wasserstandes, 1811 beinahe Austrocknung
Ab 1813	Spiegelanstieg
10. März 1838	Hochwasserstand mit einer Wasserfläche von 356 km ²

Im ursprünglichen, anthropogen nicht beeinflussten Zustand bildete der Neusiedler See mit dem östlich gelegenen Hanság - einem Sumpfgebiet mit einer Ausdehnung von rd. 650 km² - eine weitgehend abflusslose Senke. Der Wasserhaushalt dieses Gebietes wurde von den Niederschlägen und den Hanság-Zubringern (Ikva, Répce) bestimmt. Da das Hanság-Gebiet nach Osten zur Mosoni Duna keine Abflussmöglichkeit besaß, wurde der Neusiedler See in nassen Jahren durch Zufluss aus diesem Becken gefüllt.

Seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts blieben diese für den Wasserhaushalt des Sees positiv wirkenden Zuflüsse aus, da durch den Bau von Kanälen die Vor-

flutsituation mit einer Ableitung des Wassers nach Osten zur Mosoni Duna grundlegend verändert worden ist.

Der erste durchgehende Kanal im Hanság (Hanságkanal) wurde 1775 fertiggestellt, ein weiterer Ausbau erfolgte zwischen 1820 und 1835.

Ab 1854 wurde eine sinkende Tendenz des Wasserstandes im See dokumentiert. Im Jahre 1865 fiel der See bis auf einen schmalen Wasserstreifen trocken. Der Bodenschlamm trocknete aus und es bildete sich eine harte, glatte Kruste mit großer Staubeentwicklung. Der Seeboden bedeckte sich mit salzresistenten Pflanzen; das untersuchte Wasser gehörte zu den „Sulfat-Salzwässern“. Da aber die notwendigen Kalisalze fehlten, war der Boden für die landwirtschaftliche Nutzung ungeeignet.

Erster direkter Eingriff in den Wasserhaushalt des Sees

Im Jahre 1873 wurde die "Raabregulierungsgesellschaft" mit dem Ziel gegründet, die Raab und ihre Nebenflüsse zu regulieren und den Neusiedler See trocken zu legen. Der Gesetzesartikel XV vom Jahre 1885 beinhaltet auch die Errichtung des Hanságkanals im 1. Bauabschnitt von Pamhagen bis zur Répce und als 2. Bauabschnitt die Verlängerung des Kanals bis zur tiefsten Stelle des Sees.

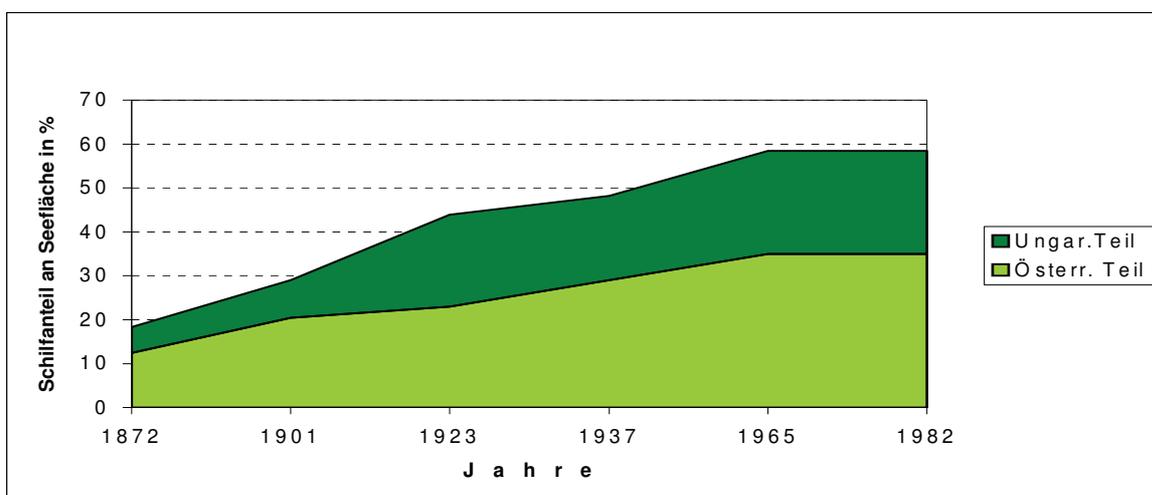
Baubeginn war Juni 1893, der Kanalbau erreichte 1909 den See. Der See war ab diesem Zeitpunkt mit der Répce als Vorfluter verbunden.

Der Erfolg war gering, weil der oberste Kanalabschnitt im See durch Windtriftungen ständig von Schlamm zugelandet und zerstört wurde. Bei Öffnung der Wehranlage wurde der Hanság überflutet.

Der Wasserspiegel des Sees wurde zwar niedriger, eine Trockenlegung war aber nicht möglich.

Die Folge dieser Maßnahmen war ein Absinken des Seewasserspiegels um bis zu 60 cm verbunden mit einer Zunahme der Salzkonzentration und einer weitgehenden Vernichtung des Fischbestandes. Gleichzeitig kam es zu einem Ausbreiten des Schilfgürtels (Siehe Abb. 1).

Abb. 1: Schilfzuwachs von 1872 – 1982 in % der Seefläche



Neuformulierung der wasserwirtschaftlichen Ziele

Nach dem 1. Weltkrieg wurde als wasserwirtschaftliches Ziel die **Erhaltung und Stabilisierung des Neusiedler Sees** gefordert.

Im Jahre 1956 wurde der Österreichisch-Ungarische Gewässervertrag abgeschlossen und die Österreichisch-Ungarische Gewässerkommission gegründet.

Nachstehende Untersuchungen zur Erkundung des Wasserhaushaltes wurden in Auftrag gegeben:

Wasserhaushaltsuntersuchung 1962 – 1965

Die Durchführung dieser Arbeiten erfolgten durch KOPF, wobei auf nachstehende Unterlagen aufgebaut werden konnte:

Seevermessung

Die von KOPF (1962) durchgeführte und 1963 abgeschlossene Seevermessung ergab im Vergleich zu früheren Aufnahmen (1901) eine wesentliche Zunahme von Schilfflächen. Der Grund dafür war vor allem in den niedrigen Wasserständen als Folge der Errichtung des Hanságkanals zu suchen.

Hydrographische Unterlagen vor 1960

Damals vorhandene wissenschaftliche Arbeiten bezogen sich vorwiegend auf Botanik, Zoologie, Biologie und Limnologie etc.; die Wasserwirtschaft war kaum vertreten.

Die Untersuchungen mussten auf nachstehenden hydrographischen Daten und daraus abgeleiteten Annahmen aufgebaut werden:

- **Wasserstände**

In der Zeit zwischen 1882 – 1909 wurden von ungarischer Seite regelmäßig Wasserstandsmessungen im See an den Pegeln Neusiedl im Norden und Holling im Süden durchgeführt.

Für die Zeit von 1909 – 1929 liegen wegen der Bautätigkeiten am Hanságkanal und der Kriegereignisse keine Wasserstandsbeobachtungen vor.

Die österreichische Seite begann ab 1930 mit der Wasserstandsbeobachtung.

Wegen Windtrift war die Ermittlung des maßgebenden Wasserstandes aus 3 Seepegeln relativ ungenau. Als kleinste sinnvolle Messeinheit für die Untersuchungen wurden Monatsmittel gewählt.

- **Niederschläge (N)**

Regelmäßige Niederschlagsmessungen erfolgten auf ungarischem Staatsgebiet in den Jahren 1890 - 1930 in Sopron an der Westseite des Sees. In Österreich wurden 1923 an der Station Apetlon an der Ostseite des Sees die Niederschlagsbeobachtungen aufgenommen. Die Messungen wiesen große Unterschiede auf.

Als Gebietsniederschlag auf den See wurde eine mittlere Jahressumme von 650 mm angenommen.

- Oberirdische Zuflüsse (Zo)

Der größte Seezubringer ist die Wulka. Die Abflussermittlung erfolgte am Pegel Oggau/Seemühle seit 1948. Der Pegel wurde zeitweise vom See eingestaut.

- Unterirdischer Zufluss (Zu)

Messungen waren keine vorhanden; ein Zufluss wurde mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen.

- Verdunstung (V)

Messungen lagen keine vor; Verdunstungswerte wurden der Literatur entnommen (SZESZTAY). Die mittlere Jahresverdunstung wurde mit 900 mm angenommen.

- Oberirdischer Abfluss (Ao)

Abflussermittlungen lagen keine vor; der Betriebszustand der Wehranlage war nicht dokumentiert. Die Abflüsse wurden anhand von Schlüsselkurven am Wehranlagenprofil aus Seewasserständen abgeschätzt. Der Betriebszustand der Wehranlage (offen, Stau etc.) war nicht bekannt. Es wurde ein Mittelwert von 20 Mio. m³ pro Jahr angenommen.

Erste Wasserbilanz

Auf der Basis der vorhandenen geodätischen und hydrographischen Unterlagen wurde nachstehende Wasserbilanz in Mio. m³ ermittelt:

$$Z_o + Z_u + N - V - A_o = 0$$

$$63 + (8) + 144 - 195 - 20 = 0$$

Der Niederschlag (N) und die Verdunstung (V) wurden auf die Seefläche entsprechend einem Bezugswasserstand von 114,98 m ü A. bezogen.

Wasserstandsregelung 1965

Zur Hebung des Wasserspiegels war die Regelung des Seeabflusses unbedingt erforderlich.

Von KOPF wurde 1963 nachstehende Arbeitshypothese aufgestellt:

- Die Niederschläge des vorangegangenen Jahres zeigen keine unmittelbaren Wirkungen auf den mittleren jährlichen Wasserstand.
- Die Wasserstandsganglinie der Jahresmittel weist eine deutliche Ähnlichkeit mit dem 7-Jahresmittel der Jahresniederschlagsummen auf.

Dieser Zusammenhang schien mit einem verzögerten, nicht unbeträchtlichen unterirdischen Zufluss (Zu) zum See erklärbar.

Regelungsziel war die Stabilisierung des Seewasserstandes auf einer Höhe von 115,4 m ü. A. sowie die Verringerung der Schwankungsbreite der Seewasserstände.

Als Randbedingungen waren einerseits der aus den Unterlagen abgeleitete Zusammenhang zwischen dem Wasserstand und dem Niederschlagsmittel der letzten 7 Jahre und andererseits der Wasserbedarf der ungarischen Seite zur Staubewässerung von land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen (10 Mio. m³/Jahr) zu berücksichtigen.

Die Wasserstandsregelung erfolgte nach Grenzwasserständen, bei deren Überschreiten die Wehranlage im Hansagkanal bei Mekszikopuszta zu öffnen ist.

Für den meteorologischen „Normalfall“ wurden Grenzwasserstände zwischen 115,20 und 115,50 m ü. A. in Abhängigkeit von Niederschlagsmittelwerten der letzten 3 Jahre als "Kann"-Bestimmungen festgelegt. Für den Hochwasserfall erfolgte bei Überschreiten eines Niederschlagsmittelwertes der letzten 3 Jahre von 750 mm die Festlegung eines Grenzwasserstandes von 115,40 m ü. A. als "Muß"-Bestimmung.

Der Abfluss aus dem See wurde – mit Ausnahme des Hochwasserfalles - auf 30 Mio. m³ innerhalb von 3 aufeinanderfolgenden Jahren beschränkt.

Die Niederschläge wurden auf die Station Apetlon bezogen.

Auswirkungen der Wasserstandsregelung seit 1965

Bezüglich der Wasserstände konnte die Wasserstandsregelung im Wesentlichen eingehalten werden, bezüglich der Ableitungsbeschränkungen nicht.

Es wurde deutlich, dass die See-Entlastung aufgrund der herrschenden Niederschlagsverhältnisse vorzunehmen ist und nicht auf der Basis der Niederschlagsverhältnisse der letzten Jahre gemäß Arbeitshypothese.

Trotzdem hat die Wasserstandsregelung ihren Zweck, nämlich einen ausgeglichenen Seewasserstand auf einem gewünschten Niveau zu halten, erfüllt. Die Regelung erfolgte pragmatisch durch Vereinbarungen zwischen den wasserwirtschaftlichen Dienststellen beider Staaten.

Aus Abb. 2 ist die Wasserstandsentwicklung im Neusiedler See vor und nach Inkrafttreten der Bedienungsvorschrift im Jahre 1965 ersichtlich.

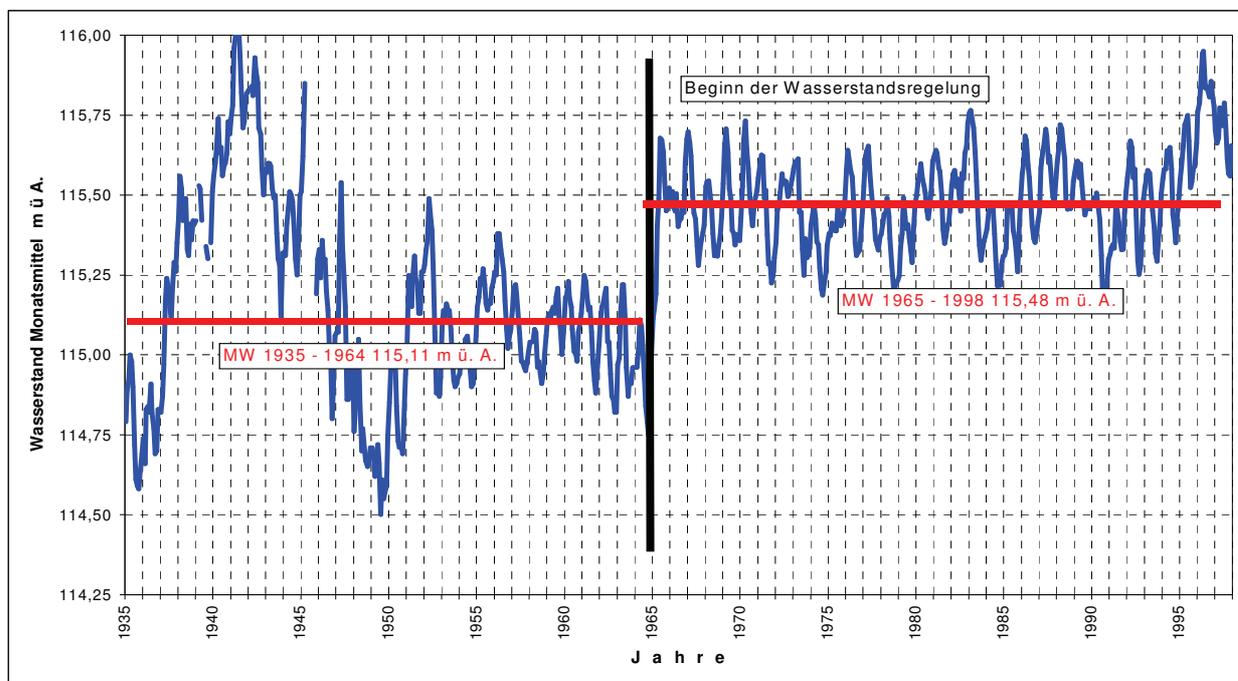


Abb. 2: Wasserstandsentwicklung im Neusiedler See von 1935 – 1998 mit Wasserstandsmittelwerten

Kenngrößen des Wasserhaushaltes

Die 1995 durchgeführten Untersuchungen zum Wasserhaushalt des Neusiedler Sees erfolgten in Kontaktnahme mit dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, insbesondere mit dem Hydrographischen Zentralbüro, mit dem Amte der Burgenländischen Landesregierung, mit dem Landeswasserbaubezirksamt Schützen am Gebirge und der Direktion für Wasserwesen in Győr.

1.1 Komponenten der Wasserhaushaltsgleichung

Die hydrologische Bestandsaufnahme wurde im Auftrage der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission zur Aktualisierung der Wasserhaushaltsgleichung sowie zur Grundlagenschaffung für eine Neufassung der Wasserstandsregelung für den Neusiedler See durchgeführt.

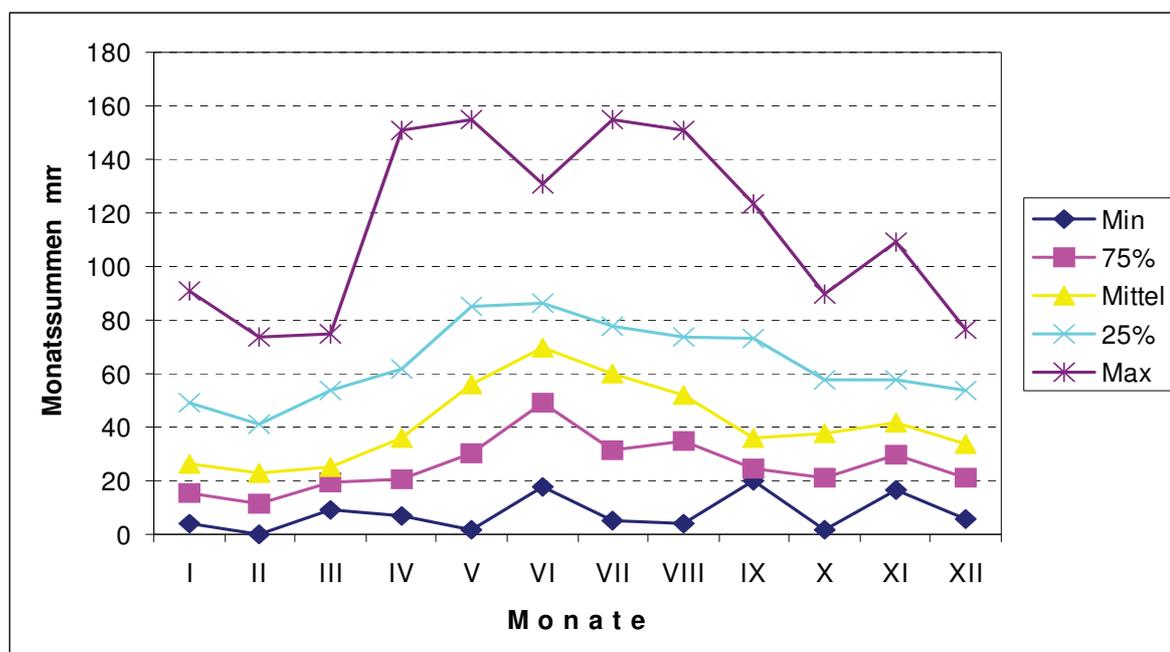
Nachstehender Datenumfang stand zur Verfügung:

- Niederschläge

Der Gebietsniederschlag auf die Seefläche wurde nach der Methode der Thiesenpolygone für die Stationen Donnerskirchen, Podersdorf, Neusiedl, Mörbisch, Rust, Apetlon und Fertöujlák ermittelt.

Ein Vergleich der Gebietsniederschläge mit denen der Station Apetlon zeigte, dass die Werte von Apetlon signifikant mit den Gebietsniederschlägen korrelieren.

Aus den Summenlinien der Niederschläge ist für den dargestellten Zeitraum kein Trend zu erkennen. In Abb. 3 sind die Überschreitungshäufigkeiten der Gebietsniederschläge mit Ausweisung der niedrigsten (Min), mittleren (Mittel), höchsten (Max) Monatssummen sowie der Monatssummen mit 75 %-iger und 25 %-iger Ü-



berschreitungshäufigkeit dargestellt.

Abb. 3: Überschreitungshäufigkeiten der Gebietsniederschläge, Jahresreihe 1965 - 1998

- Verdunstung

Die Monatssummen der Verdunstung wurden mittels einer empirischen Formel durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Wien, rechnerisch ermittelt. Die empirische Formel wurde aus Verdunstungsmessungen während der Internationalen Hydrologischen Dekade (1965 –1974) abgeleitet.

Eine Gegenüberstellung der "Ist"-Verdunstungswerte (ZAMG) mit den "Soll"-Werten aus der Haushaltsgleichung unter der Annahme der Richtigkeit des Niederschlages erbrachte negative Werte in den Wintermonaten. Es wurde daher als Arbeitshypothese eine Überschätzung der rechnerisch ermittelten Verdunstung im Winter (Vegetationsruhe, Eisdecke) angenommen und entsprechende Korrekturen (Vk) durchgeführt.

- Oberirdischer Zufluss

Der oberirdische Zufluss wurde aus den Beobachtungen an den Pegeln Schützen am Gebirge/Wulka, Gols/Golser Kanal und Fertőrákos/Rákos patak ermittelt.

- Unterirdischer Zufluss

Der unterirdische Zufluss ist - wie im Forschungsbericht 16 , VITUKI - ÉDT VIZIG - BVFA Arsenal – TU Wien nachzulesen - vernachlässigbar.

- Oberirdischer Abfluss

Der oberirdische Abfluss wird seit 1967 an der Wehranlage Mekszikópuszta erfasst (Siehe Abb. 4).

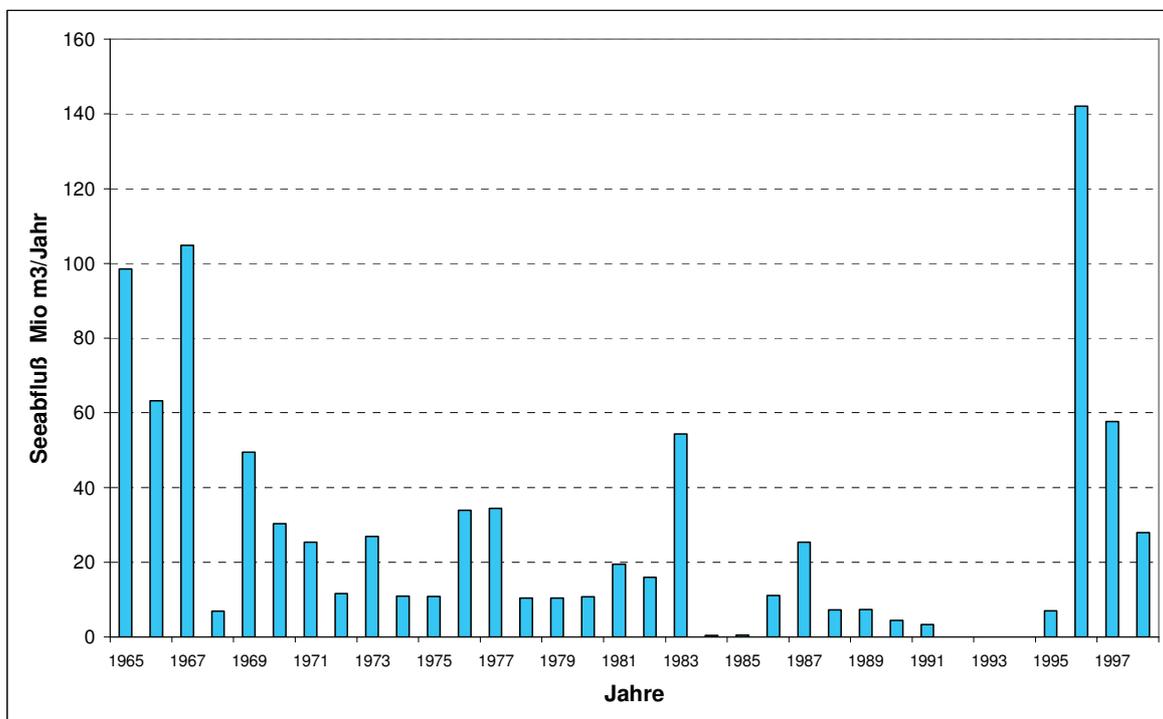


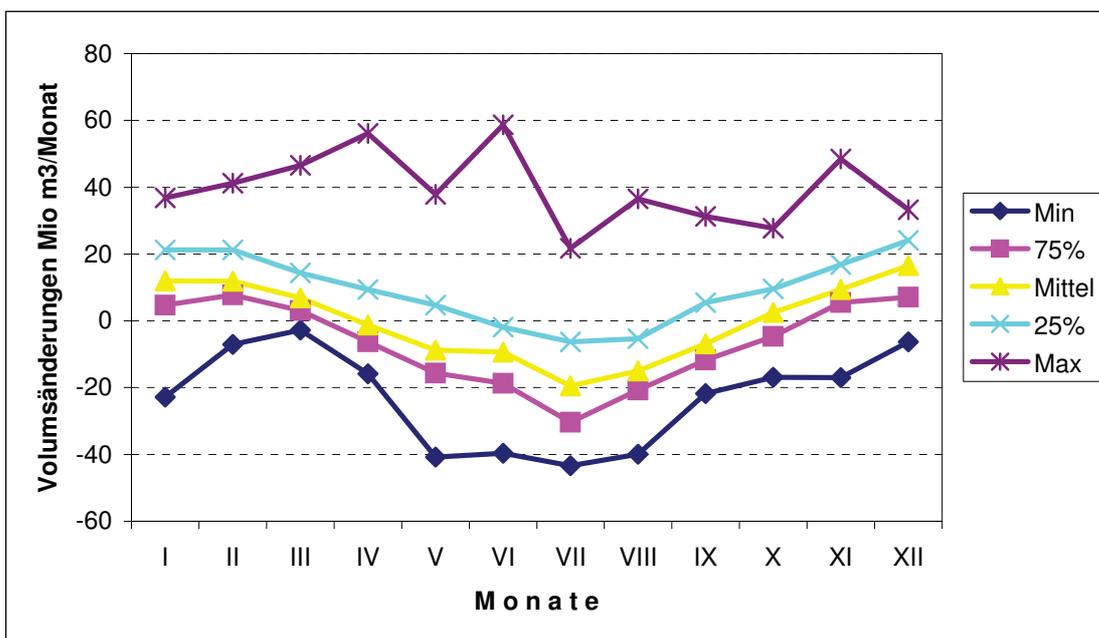
Abb. 4: Jahresfrachten des oberirdischen Abflusses aus dem Neusiedler See
Jahresreihe 1965 - 1998

- Volumsänderungen im See

Zur Erfassung der Volumsänderungen im See wurde zunächst aus den aus den Wasserständen der Seepiegel Podersdorf, Mörbisch, Rust, Neusiedl, Breitenbrunn, Illmitz, Fertörákos und Fertőboz der Ruhewasserspiegel abgeleitet. Mit den Wasserständen und dem See-Inhaltsdiagramm wurden die monatlichen Volumsänderungen (DV) errechnet und mit den Seeabflüssen überlagert.

Das Seeinhaltsdiagramm wurde aus dem digitalen Geländemodell für das Neusiedler See – Becken ermittelt (BÁCSATYAI, CSAPLOVICS, et.al.,1989).

In Abb. 5 sind die Überschreitungshäufigkeiten der monatlichen Wasservolumsänderungen mit Ausweisung der niedrigsten (Min), mittleren (Mittel), höchsten (Max) Werte sowie der Werte mit 75 %-iger und 25 %-iger Überschreitungshäufigkeit darge-



stellt.

Abb. 5: Überschreitungshäufigkeiten der Wasservolumsänderungen im Neusiedler See, Jahresreihe 1965 - 1998

Die Niederschläge (N) und die Verdunstung (Vk) wurden auf konstante Flächen bezogen, als einheitliche Dimension wurde Mio. m³ gewählt.

Komponenten der Wasserhaushaltsgleichung

Mit den korrigierten Werten konnte eine überzeugende Übereinstimmung zwischen der Ganglinie der Volumsänderungen (DV) und den Haushaltsgliedern (N - Vk + Qzo) erzielt werden.

Die Volumsänderung des Sees kann somit mit hinreichender Genauigkeit als Bilanzwert des unmittelbaren meteorologischen Geschehens (N-Vk) und der oberirdischen Zu- und Abflüsse angesehen werden. Maßgebende unterirdische Zuflüsse oder die Wirksamkeit der Niederschläge vergangener Jahre waren nicht nachweisbar.

Wasserbilanzgleichung 1967 – 1998:

$$\begin{array}{rcccccc} [Z_o+Z_u] & + & N & - & V & - & A_o & = & 0 \\ 46 & + & 202 & - & 223 & - & 25 & = & 0 \text{ in Mio. m}^3 \\ 145 & + & 643 & - & 707 & - & 81 & = & 0 \text{ in mm} \end{array}$$

Im oberirdischen Abfluss (A_o) ist auch der unterirdische Abfluss inkludiert.

In Abb. 6 sind die Größen der Glieder der Wasserhaushaltsgleichung als %-Werte dargestellt.

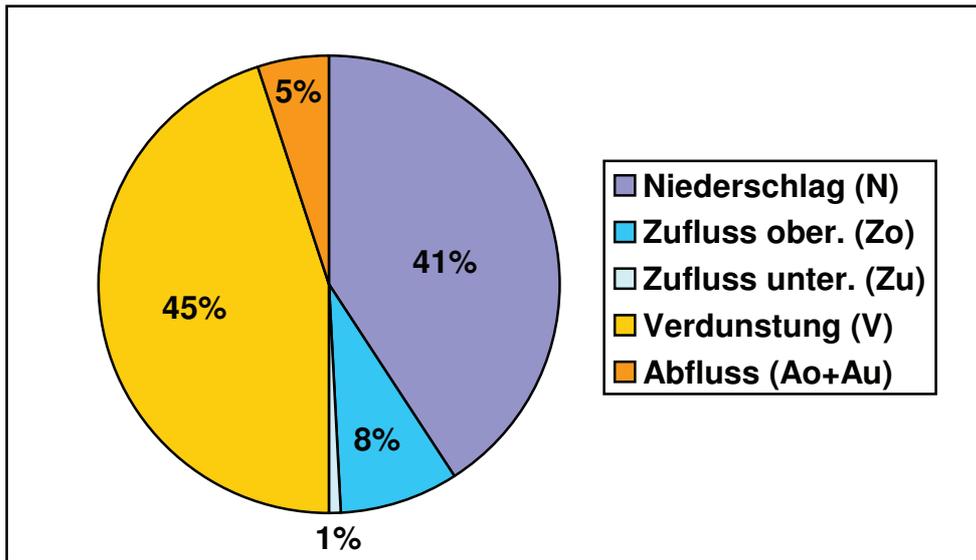


Abb. 6: Relative Größe der Glieder der Wasserhaushaltsgleichung Jahresreihe 1965 – 1998

Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass das Wasservolumen des Neusiedler Sees überwiegend vom Niederschlag und der Verdunstung bestimmt wird.

In Abb. 7 sind die Bilanzglieder des Wasserhaushaltes (Niederschlag weniger Verdunstung zuzüglich ober- und unterirdischer Zufluss in roter Farbe) den Reaktionen des Sees darauf (Wasservolumensänderung zuzüglich oberirdischer Abfluss in blauer Farbe) für die Jahre 1985 – 1994 gegenübergestellt.

In Abb. 8 sind die Summenlinien dieser beiden Größen für die Jahresreihe 1965 – 1998 dargestellt. Die Übereinstimmung der Vergleichsgrößen ist überzeugend.

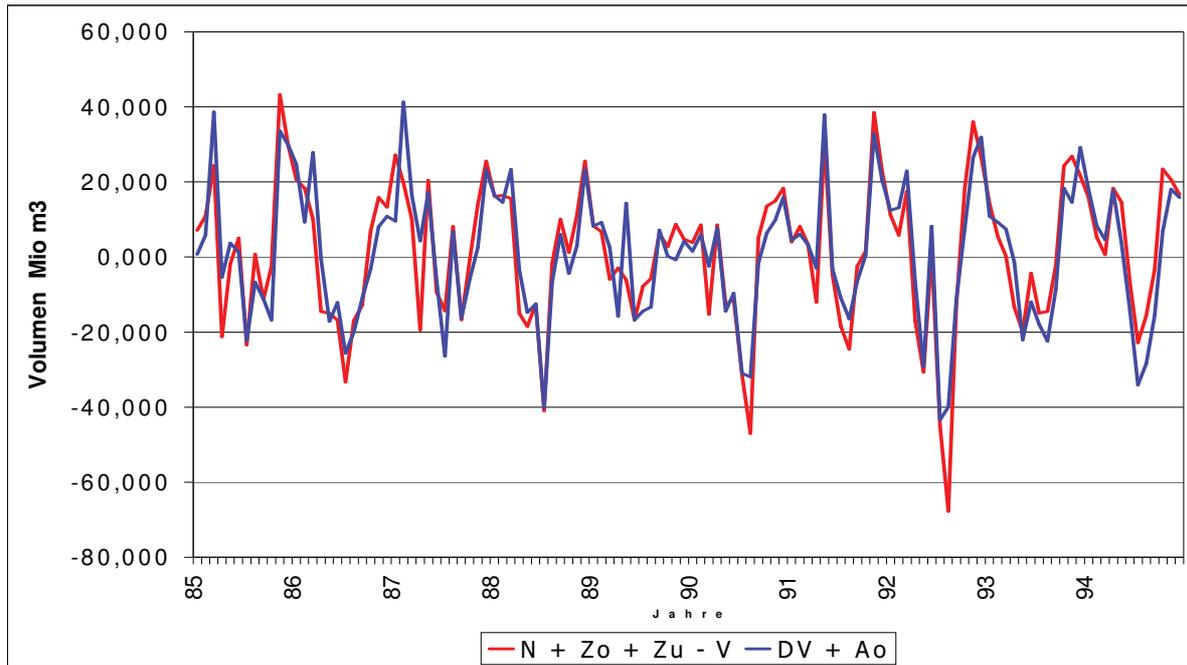


Abb. 7: Ganglinie der Monatssummen der Glieder des Wasserhaushaltes und der Wasservolumsänderung, Jahresreihe 1985 - 1994

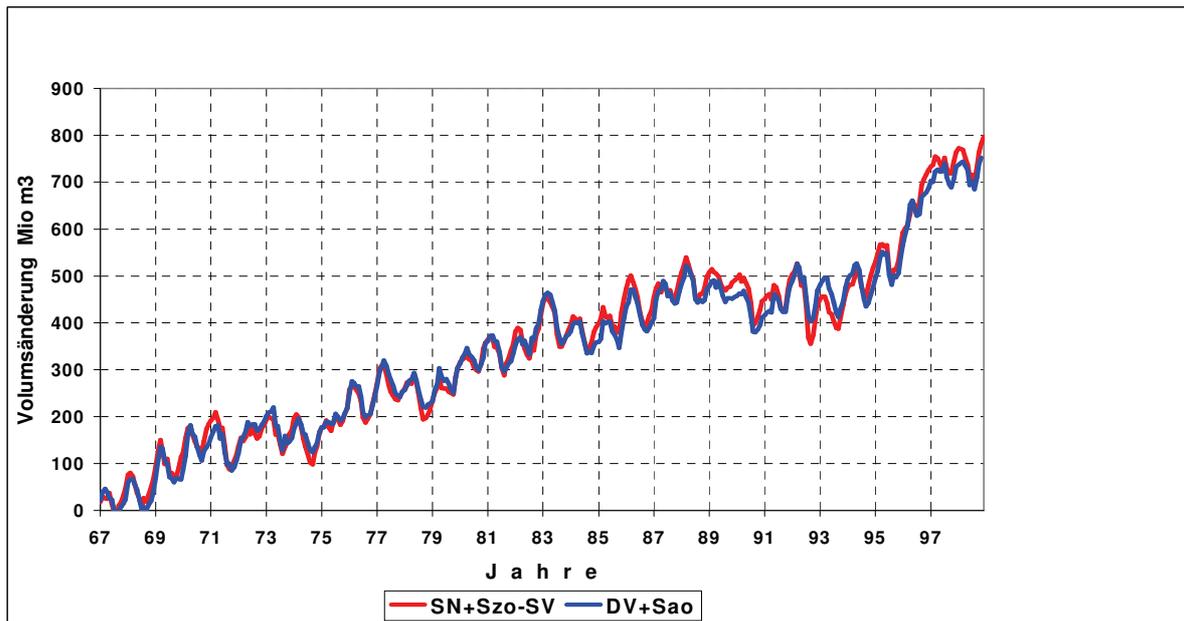


Abb. 8: Summenlinie der Glieder der Wasserhaushaltsgleichung und der Seevolumsänderung, Jahresreihe 1967 - 1998

Kennzeichnend für den Wasserhaushalt des Neusiedler Sees als typischer pannonischer Steppensee und im Gegensatz zu den alpinen und voralpinen Seen sind:

- Geringe Niederschläge (h_n , 1967-1998 = 640 mm)
- Hohe Verdunstungswerte (h_v , 1967-1998 = 700 mm)
- Kleinflächiges Einzugsgebiet (ca. 3-fache der Seefläche) daher

- Geringe oberirdische Zuflüsse (80 mm) pro Jahr

Die Wasserbilanz des Neusiedler Sees in der semi-ariden Klimazone schwankt in Abhängigkeit der meteorologischen Gegebenheiten zwischen Wasserdefiziten und Wasserüberschüssen und weist im vieljährigen Mittel einen Überschuß von 25 Mio. m³ auf. Die Wasserbilanz ist daher labil und kann in langen niederschlagsarmen Perioden zu einer extremen Verringerung des Wasservolumens (Niederwasserstände bzw. Austrocknung) führen.

Die übrigen Seen Österreichs liegen in der humiden Klimazone und weisen einen ständigen Wasserüberschuß auf.

Extremwertstatistische Auswertungen der Seevolumsänderungen

Für die Jahreshöchstwerte der Seevolumszunahmen (DV) der Jahresreihe 1965 – 1998 für 30, 60 und 90 Tage sowie 7 Monate wurden die Eintrittswahrscheinlichkeiten nach GUMBEL errechnet. Die Signifikanz der Anpassung war nach KOLMOGOROFF-SMIRNOW auf dem 95 % Niveau gegeben.

Extremwerte der Seevolumszunahmen in Mio. m ³				
Eintrittswahrscheinlichkeit	D a u e r			
	30-tägig	60-tägig	90-tägig	7 Monate
DV ₅	38	60	82	118
DV ₂₀	51	80	111	159
DV ₁₀₀	65	101	143	205

Zusammenfassung und Ausblick

Aus den bisher durchgeführten hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Untersuchungen des Neusiedler Sees konnten nachstehende Erkenntnisse gewonnen werden:

- Die eingetretenen monatlichen Wasservolumsänderungen des Sees können aus beobachteten hydrographischen Daten und daraus ermittelten Wasserhaushaltskomponenten mit ausreichender Genauigkeit ermittelt werden.
- Auswirkungen von über ein Jahr zurückliegenden meteorologischen Geschehnissen auf den Wasserhaushalt des Sees sind im Falle von durchschnittlichen hydrometeorologischen Zuständen auszuschließen; mittelfristige Wasserstandsprognosen (Halbjahre) sind daher nicht erstellbar.
- Eine künftige Wasserstandsregelung des Sees kann somit nur auf der Basis der aktuellen Seewasserstände und innerhalb eines durch extremwertstatistische Untersuchungen abgesicherten und vorzuhaltenden Retentionsvolumens des Sees erfolgen.

Die Erfahrungen mit der bestehenden Wasserstandsregelung, der Neubau einer modernen Wehranlage in Mekszikópuszta und die Rekonstruktion des Ikva-Hanságkanal-Systems waren für die Österreichisch-Ungarische Gewässerkommission Anlaß, Überlegungen für eine Neufassung eines Wasserstandsregelungsmodells für den Neusiedler See anzustellen.

Da - wie in den Wasserhaushaltsuntersuchungen nachgewiesen werden konnte - die Niederschläge unmittelbar den Wasserstand des Sees beeinflussen, ist eine Prognose nur bedingt möglich. Die Wasserstandsregelung ist daher in erster Linie nach

den aktuellen Wasserständen im See vorzunehmen, wobei Regelungswasserstände festzulegen sein werden.

Als Zielvorstellung wird die Anhebung des mittleren Wasserstandes unter Beibehaltung der mittleren Wasserstandsschwankungsbreite angestrebt.

Da im Uferbereich des Neusiedler Sees Fremdenverkehrs- und Schifffahrtseinrichtungen bestehen, steht nur ein begrenzter Retentionsraum zur Verfügung.

Bei der Entlastung des Sees ist weiters die hydraulische Leistungskapazität des Ikva-Hanságkanal-Rábca-Ableitungssystems sowie die aktuelle Binnenwassersituation entlang dieses Systems zu berücksichtigen.

Bezüglich der Auswirkungen einer angestrebten Wasserstandshebung im Neusiedler See liegen positive Beurteilungen aus Fremdenverkehr, Ökologie, Fischerei und Schilfnutzung vor.

Literaturhinweise und Datenquelle

KOPF, F.: Der Neusiedler See, Wasserhaushalt und Stabilisierung, 1962

KOPF, F.: Beitrag zur Wasserwirtschaft im pannonischen Raum, Dissertation Universität für Bodenkultur, 1974

TU WIEN, INSTITUT FÜR HYDRAULIK, GEWÄSSERKUNDE

UND WASSERWIRTSCHAFT: Wasserhaushaltsstudie für den Neusiedler See mit Hilfe der Geophysik und Geochemie, 1980-1990, Forschungsbericht 16, 1992

PLATTNER, J.: Hydrologische und wasserwirtschaftliche Grundlagen für die Neufassung der Bedienungsvorschrift für die Wehranlagen im Hanságkanal, 1995

BACSATYAI, L., CSAPLOVICS, E., MÁRKUS, J. und A. SINDHUBER: Digitale Geländemodelle des Neusiedler See – Beckens, Bd.97 der Wasserwirtschaftlichen Arbeiten aus dem Burgenland. Burgenländisches Landesmuseum, Eisenstadt 1997

Die hydrographischen Daten wurden vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Hydrographisches Zentralbüro, Wien, von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien und von der Direktion für Wasserwesen, Győr, zur Verfügung gestellt.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Josef Plattner
Zivilingenieur für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
Laudongasse 7/2
1080 WIEN

Ergebnisse aus der Anwendung von Mess- und Datenerfassungssystemen zur kontinuierlichen quantitativen Beobachtung von Tiefbrunnenanlagen im Südburgenland

Results of the use of appropriate measuring systems for the continuous quantitative observation of deep wells in southern Burgenland (Austria)

H. Herlicska

Schlagwörter: Tiefengrundwasser, Nachhaltigkeit, Wasserwirtschaft, Drucksonden

Keywords: Deep groundwater, sustainability, water resources management, pressure transducers

Zusammenfassung

Tiefengrundwasservorkommen werden weltweit für Zwecke der Trinkwasserversorgung, der Mineralwassergewinnung, für balneologische Zwecke und für die Energiegewinnung genutzt. Gleichzeitig sind diese qualitativ hochwertigen Ressourcen nur in begrenzter Menge verfügbar. Im Südburgenland, wie auch in der angrenzenden Oststeiermark, werden Tiefengrundwässer in den letzten Jahrzehnten verstärkt für die öffentliche Wasserversorgung genutzt. Da gleichzeitig große Wissenslücken hinsichtlich des Ressourcendangebotes und dessen Erneuerung bestehen, werden im Burgenland in den letzten Jahren Mess- und Datenerfassungssysteme für die quantitative Beobachtung von in Betrieb befindlichen Tiefbrunnenanlagen eingesetzt. Nunmehr vorliegende Erfahrungen und Ergebnisse, welche zeigen, dass sich derartige Messsysteme unter anderem für Kontrollen der Nachhaltigkeit von Tiefengrundwassernutzungen eignen, werden im vorliegenden Artikel dargestellt.

Summary

All over the world deep groundwater is used to provide drinking and mineral water, for balneological purposes and as a source of energy. Deep groundwater however is limited in quantity. The present paper shows, that the use of appropriate measuring systems for the continuous quantitative observation of deep wells, used for drinking water supply in southern Burgenland, is essential in order to control the sustainable use of deep groundwater.

1. Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung

Tiefengrundwasservorkommen werden weltweit für Zwecke der Trinkwasserversorgung, der Mineralwassergewinnung, für balneologische Zwecke und für die Energiegewinnung genutzt. Gleichzeitig sind Tiefengrundwässer nur in begrenzter Menge verfügbar und aufgrund des durch Deckschichten und lange Verweilzeiten gegebenen natürlichen Schutzes als wasserwirtschaftlich besonders wertvoll einzustufen (ÖWAV, 2000). Eine nachhaltige Bewirtschaftung dieser qualitativ hochwertigen Ressourcen stellt daher ein vorrangiges Ziel der Wasserwirtschaft dar.

Das Südburgenland (Bezirke Oberwart, Güssing und Jennersdorf) ist ebenso wie die angrenzende Oststeiermark hinsichtlich seiner oberflächennahen Grundwasserressourcen als „Wassermangelgebiet“ einzustufen (u.a. FABIANI, 1978). Gleichzeitig verfügt diese Region über bedeutende, zum Teil artesisch gespannte Tiefengrundwasservorkommen in den tertiären Beckenfüllungen des Steirischen und Pannonischen Beckens. Diese Tiefengrundwässer, welche aufgrund ihrer dichten Deckschichten bislang weitgehend vor qualitativen anthropogenen Einflüssen geschützt sind, werden im südlichen Burgenland in den letzten Jahren ebenso wie in der angrenzenden Oststeiermark verstärkt für die öffentliche Wasserversorgung genutzt. Andererseits stehen dieser zunehmenden Nutzung große Wissenslücken hinsichtlich des Ressourcendangebotes und dessen Erneuerung gegenüber. Tiefengrundwasseraquifere sind sehr sensibel gegenüber zu großen Entnahmen, wie unter anderem in DVWK (1983) und DVWK (1987) ausgeführt wird. Aufgrund zunehmender Nutzungen kann es zu weitreichenden, langfristigen Druckspiegelabsenkungen und gegenseitigen Beeinflussungen von Wasserfassungen, bis hin zu qualitativen Problemen (u.a. dem Eindringen von höher mineralisierten Wässern aus tieferen Aquiferen) kommen (HERLICKSKA, 2000).

Um eine Kontrolle hinsichtlich der langzeitigen Entwicklung der Druckwasserspiegel bei den getätigten Entnahmen zu erhalten und um somit eine, wenn erforderlich auch revidierbare Nutzung, welche dem Anspruch der Nachhaltigkeit entspricht, nahezukommen, werden im gesamten Burgenland bei Tiefengrundwassernutzungen, sowohl betreffend die Wasserversorgung, Mineralwassernutzung, wie auch die Thermalwassernutzung, seit einigen Jahren in den Wasserrechtsverfahren kontinuierliche Mess- und Datenerfassungssysteme für die Erfassung von (Druck-) Wasserspiegellagen und Durchflussmengen vorgeschrieben.

Mittlerweile vorliegende Erfahrungen und Ergebnisse aus dem Einsatz derartiger Systeme bei Tiefbrunnenanlagen der Wasserversorgung aus den Bereichen Heiligenkreuz und Oberwart werden in der Folge erläutert.

2. Konzeption der Mess- und Datenerfassungssysteme

Die betrachteten Tiefbrunnenanlagen wurden mit hochgenauen Drucksonden und mit magnetisch induktiven Durchflussmessgeräten ausgestattet, wodurch eine detaillierte Kontrolle des Langzeitverhaltens des Druckwasserspiegels sowie eine kontinuierliche Betriebsüberwachung ermöglicht wird. Die Daten werden digital aufgezeichnet und visualisiert.

Datenerfassungssysteme, welche eine kontinuierliche Aufzeichnung von Daten der quantitativen Hydrologie bzw. Hydrographie zum Ziel haben, werden in Österreich bekannterweise bereits seit vielen Jahrzehnten eingesetzt. Viele dieser Messsysteme, welche noch ohne Elektronik und digitale Datenerfassung arbeiten, sind auch heute noch im Einsatz.

Aktuelle Auswertungen von Tiefengrundwasserganglinien ungenutzter Brunnen bzw. von Grundwasserbeobachtungs sonden, welche mit derartigen Messsystemen arbeiten, werden von ÜBERWIMMER (1992) und VASVARI (1997) dargestellt. Diese Messgeräte arbeiten zumeist sehr zuverlässig; die Auswertung von mit Schreibern aufgezeichneten Daten gestaltet sich aber durch die erforderliche Digitalisierung als aufwendig, die Aufzeichnungsdichte und Registriergenauigkeit ist gemessen an den heutigen, gestiegenen Anforderungen meist bereits als eher mangelhaft zu bezeichnen. In den letzten Jahren werden daher zunehmend elektronische Messsysteme, welche mit hochgenauen Sensoren oft auch qualitative Daten erfassen und durch digitale Datenspeicherung eine hohe Datendichte und eine vergleichsweise unaufwendige Datennachbearbeitung erlauben, eingesetzt.

Ein angewandtes Beispiel, wie derartige Messsysteme zielführend für die Erkundung komplexer Wirkungszusammenhänge eingesetzt werden können, wird von STEINKELLNER (1998) durch die kontinuierlichen quantitativen und qualitativen Beobachtungen von Karstquellen im Bereich der I. Wiener Hochquellenwasserleitung gezeigt. Gleichzeitig wird aus den Ergebnissen von STEINKELLNER aber auch deutlich, dass zur Erzielung adäquater Ergebnisse einer kompetenten und zuverlässigen Betreuung derartiger Messeinrichtungen ein hoher Stellenwert zukommt. Hochqualifiziertes Personal ist für eine den heutigen Anforderungen gerecht werdende Betriebsüberwachung unumgänglich. Auf die Probleme, die sich beim Einsatz von Datensammlern im Bereich der Datenaufbereitung, der Datenverwaltung und Datensicherung ergeben, wird von FANK (1993) hingewiesen. Zu bemerken ist allerdings, dass die in der Arbeit von FANK angeführten Probleme hinsichtlich der Speicherung großer Datenmengen heute aufgrund der nunmehr vorhandenen Rechnerkapazitäten an Bedeutung verloren haben. Eine möglichst schnelle und übersichtliche Darstellung von Daten mit Hilfe eingesetzter Datenkompression, welche nur jene Bereiche in detaillierter Form wiedergibt, wo dies tatsächlich zur Erhaltung der Aussagegenauigkeit erforderlich ist, hat aber jedenfalls nach wie vor Aktualität.

Die digitale Aufzeichnung von Daten wie Entnahmemengen und Druckwasserspiegeln ist heute also durchaus nichts Neues. Es werden auf dem Markt verschiedenste, oft sehr kompakte Messsysteme angeboten, welche oft auch bereits relativ preisgünstig sind. Bei der Aufzeichnung von Daten aus Tiefbrunnenanlagen ergeben sich aber dennoch ganz spezielle Anforderungen aufgrund der meist sehr großen Wasserspiegelabsenkungen im Betrieb, dem Vorliegen zeitweiliger artesischer Verhältnisse und dem Erfordernis der Einbindung in Brunnensteuerungen und Leittechniksysteme. Spezielle Probleme, welche sich beim Einsatz von Drucksonden ergeben können, werden nachfolgend erläutert.

Im Südburgenland wurde die Erfahrung gemacht, dass sich Planer, Betreiber, wie auch die ausstattenden Firmen oft mit der speziellen Problematik bei der Beobachtung genutzter Tiefbrunnenanlagen noch nicht eingehend beschäftigt hatten und dadurch auch Fehler aufgetreten sind, welche nachfolgend erläutert werden.

Im Raum des Südburgenlandes wird versucht, ein für alle Wasserverbände möglichst gleiches, zumindest aber weitestgehend kompatibles System aufzubauen, was bisher bei den Wasserverbänden Südliches Burgenland I und Unteres Lafnitztal durch die Verwendung gleicher Messgeräte bzw. Sensoren und der gleichen Software für die Datenaufzeichnung, Visualisierung und Weiterbearbeitung gelungen ist.

3. Konfiguration der Messsysteme

3.1 Anlagenschemata

Die in der Folge erläuterten Betriebsüberwachungs- und Beweissicherungsmesssysteme für Tiefbrunnenanlagen (Entnahmebrunnen) dienen einer kontinuierlichen Aufzeichnung von Wasserspiegellagen, in deren relativer und absoluter Höhe, sowie der Aufzeichnung von Entnahme- bzw. Auslaufmengen. Gleichzeitig wird dadurch die Aufzeichnung der geförderten Wassermengen [m³], sowie die Erfassung von weiteren, vor allem für die Wasserversorger wesentlichen Betriebsinformationen wie die Häufigkeiten von Pumpenschaltungen, Störungen etc. ermöglicht. Dadurch werden einerseits grundlegende hydrologische und hydrogeologische Auswertungen sowie andererseits die detaillierte Erfassung von Betriebsinformationen, die unter anderem zu einer Optimierung des Betriebes von Brunnenanlagen führen soll, ermöglicht. Tiefbrunnenanlagen, welche sich aktuell nicht in Betrieb befinden, können ohne weiteren Aufwand als sehr genaue „Beweissicherungsmessstellen“ bei Pumpversuchen verwendet werden.

Bei modernen Datenerfassungssystemen, wie sie unter anderem von den Hydrographischen Landesdiensten häufig bei Grundwassermessstellen und Abflusspegeln verwendet werden, stehen zumeist sehr kompakte Messsysteme und Datensammler, welche in unmittelbarer Umgebung der Messstellen montiert werden und vor Ort Datenaufzeichnungen ermöglichen, in Verwendung. Zuweilen werden die Daten auch per Modem zu Zentralen zur weiteren Auswertung übertragen.

Für die kontinuierliche Tiefbrunnendatenerfassung sind diese „kompletten“ Messsysteme, welche sich auf dem Markt befinden, meist allerdings nicht ohne größere Adaptationen einsetzbar, wie in der Folge auch näher erläutert wird.

Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen und aus Gründen der Betriebssicherheit wird bei den betrachteten Anlagen der Wasserversorgung eine Trennung der Brunnensteuerung von der Datenaufzeichnung angestrebt. Die Daten für die Tiefbrunnendatenerfassung werden aus der für den Pumpbetrieb vorgesehenen Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS), welche zumeist mit Frequenzumrichtern für die Pumpensteuerung kombiniert ist, ausgekoppelt und in einem getrennten System weiterverarbeitet (DATAVIEW, 1999). Dies ermöglicht unter anderem eine später noch erläuterte „Datenfeinaufzeichnung“ bei Pumpenein- bzw. -ausschaltung, welche bei einem groben Raster einer Funkdatenübertragung, wie sie meist für die Steuerung eingesetzt wird, nicht möglich wäre.

Grundsätzlich ergeben sich bei den für die Tiefbrunnen eingesetzten Systemen verschiedene Möglichkeiten der Datenerfassung:

- Installation von Messsystemen und Datenerfassungssystemen direkt bei den Messstellen

In diesem Fall werden die Daten aus der SPS ausgekoppelt und direkt in einer „Datensammelbox“ (welche im wesentlichen einen PC darstellt) gesammelt. Je nach Bedarf, im Regelfall jedoch etwa in zweiwöchentlichen Abständen, können die Daten entweder per Chipkarte oder einen sonstigen Wechseldatenträger bzw. über Laptop „abgeholt“ werden. Aufgrund der ausgereiften Visualisierungsmöglichkeiten (einfache Kontrollmöglichkeit der abgespeicherten Daten) und der „Online-Aufzeichnung“, welche vor allem bei Kontrollmessungen große Vorteile bietet), sowie einer einfachen Möglichkeit der Parametrierung wird der „Abholung“ über den Laptop im Regelfall bei den Anlagen im Burgenland zumeist der Vorzug gegeben. Das Auslesen der Daten mittels Wechseldatenträger hat hingegen den Vorteil der einfachen Handhabung und kann somit auch durch weitgehend ungeschultes Personal durchgeführt werden. Vom Wechseldatenträger oder Laptop werden die Daten sodann in den „Auswerte-PC“ übertragen.

- Übertragung der Daten vom Messort über Kabel an eine zentrale Speichereinheit

Diese Form der Datenübertragung kommt im Nahbereich von Wasserwerken bzw. Datenerfassungszentralen oder wenn mit den Rohwasserleitungen zu den Brunnen Steuerkabel mitverlegt werden in Frage. Die Daten werden direkt über die Kabelverbindung zu einer zentralen SPS geführt und, zumeist zielführend, über eine Zwischenspeicherstufe („Bufferbox“) zum „Auswerte-PC“ übertragen (DATAVIEW, 1999). Der Vorteil einer derartigen Datenerfassung liegt in der quasi permanenten Verfügbarkeit der aufgezeichneten Daten, was die Kontrolle des Wasserwerksbetriebes noch erleichtert und verbessert.

- Übertragung der Daten vom Messort über Funk an eine zentrale Speichereinheit

Eine Datenübertragung erfolgt über Funk und eine SPS in eine „Datensammelbox“, von wo die Daten an den „Auswerte-PC“ weitergegeben werden. Der Nachteil dieser Methode der Datenerfassung ist, daß die Funksysteme üblicherweise nur auf die Steuerung der Brunnen ausgerichtet sind, und im Regelfall die Funkintervalle für eine Datenfeinaufzeichnung bei Brunnenein- und ausschaltung (gefordert wird hier ein Intervall von mindestens 30 Sekunden) nicht ausreichen.

Eine Möglichkeit in diesen Fällen das Problem der Datenfeinaufzeichnung zu überwinden, ist die Kombination einer vor-Ort-Zwischenspeicherung mit einer Funkübertragung, wenn die Funkverbindung frei ist. Dafür ist jedenfalls dennoch eine entsprechende Funkkapazität erforderlich.

Die zuvor erläuterten Methoden der Datenerfassung können natürlich kombiniert eingesetzt werden und es ist an Stelle des Einsatzes einer Funkverbindung der Einsatz einer Telefonverbindung möglich.

3.2 Messgeräte, Messgenauigkeit und Messprobleme

3.2.1 Durchflussmessung

Für die Durchflussmessung in geschlossenen Rohrleitungen stehen heute verschiedenste Verfahren zur Verfügung, wobei unter anderem Wirkdruckgeräte, Ultraschall-durchflussmesser, Woltmannzähler und induktive Durchflussmessgeräte (IDM) für die Wasserversorgung zum Einsatz gelangen. Wie die Erfahrung gezeigt hat, ist der Einsatz von Woltmannzählern bei erhöhten Eisen- und Mangangehalten des Rohwassers nicht zu empfehlen, da es meist durch Ablagerungen zu einer Verengung des Durchflussquerschnittes und in der Folge zu immer größeren Messungenauigkeiten kommt.

Am häufigsten kommen heute im Burgenland, insbesondere bei erhöhten Eisen- und Mangangehalten, die sogenannten induktiven Durchflussmessgeräte (IDM) zum Einsatz, da diese keine beweglichen Teile im Rohrquerschnitt aufweisen und auch nur eine sehr geringe Querschnittsverringering bewirken. Ein weiterer Vorteil dieser Geräte liegt darin, dass sie hohe Genauigkeiten auch bei stark schwankenden Durchflüssen aufweisen. Das Messprinzip der induktiven Durchflussmessgeräte beruht auf dem Faradayschen Induktionsgesetz und wird unter anderem in MUTSCHMANN & STIMMELMAYR (1986) erläutert. Die (magnetisch-) induktiven Durchflussmessgeräte werden mit elektronischen Impulsgebern ausgestattet und damit in die SPS der Tiefbrunnenanlagen eingebunden. Die Datenübertragung und Speicherung wurde bereits zuvor erläutert.

Die Messgenauigkeit der induktiven Durchflussmessgeräte beträgt bei den herkömmlichen Messgeräten etwa 0,5 %, wobei durch spezielle Eichung bzw. Sonderanfertigungen auch noch größere Genauigkeiten erreichbar sind (ENDRESS & HAUSER, 1999). Der Einsatz dieser Geräte erfolgt heute aufgrund ihrer Robustheit (ohne bewegliche Teile) und Messgenauigkeit weitestgehend problemlos; der Einsatz für die Tiefbrunnendatenerfassung hat sich bewährt.

3.2.2 (Druck-)Wasserspiegelmessung

Für die Wasserspiegelmessung im Grundwasserbereich gibt es heute ebenfalls bereits eine große Anzahl von Messverfahren, wobei insbesondere die Messung mittels Schwimmer und Winkelkodierer, Echolotmessungen, akustische Messverfahren, Ausperlverfahren, Manometermessungen und die Messung mittels Drucksonden zu nennen sind. Bei Tiefbrunnenanlagen mit im Ruhezustand vorherrschenden artesischen Druck kommt nur die Messung mittels eines Manometers (Messung nur bei Überdruck im Brunnenkopf möglich) und die Kombination mit einem herkömmlichen Messsystem für freie Wasserspiegellagen im Brunnen oder der Einsatz von Drucksonden in Frage.

Der Einsatz von Drucksonden ist somit grundsätzlich zielführend, und es werden bei allen Tiefbrunnenmesssystemen im Burgenland Drucksonden mit hoher Genauigkeit für die Wasserspiegelmessungen eingesetzt. Der von einer Drucksonde gemessene Druck ist das Produkt aus der Höhe der Wassersäule und der Dichte des Wassers zuzüglich dem auf das Wasser einwirkenden atmosphärischen Druck. Um den Ein-

fluss des Luftdruckes auf die Sondenmessung auszuschalten, werden Drucksonden mit Differenzdruckmessung eingesetzt. Es wird dabei in einem dünnen Luftschlauch im Signalkabel (Druckausgleichskapillare) der atmosphärische Luftdruck zur Sonde übertragen. Dabei kann allerdings zu Tropfen kondensierte Feuchtigkeit im Luftschlauch die Luftdruckübertragung behindern und somit zu Messfehlern führen. Bei sehr langen Signalleitungen kann statt der Differenzmessung auch eine getrennte Messung des Wasser- und des Luftdruckes zweckmäßig sein. Die Ermittlung des Druckes kann nach unterschiedlichen Prinzipien erfolgen, wobei für die Wasserstandsmessung überwiegend Sensoren eingesetzt werden, die mit Dehnungsmessstreifen (DMS) oder auf piezoresistiver, induktiver oder kapazitiver Basis arbeiten (DVWK, 1994).

Bei den im Südburgenland für die Tiefbrunnenmessungen eingesetzten Sonden werden bislang durchwegs piezoresistive Drucksonden (Dehnungsmessstreifen (DMS)-Sensorelemente, welche zusätzlich piezoresistive Effekte ausnutzen) eingesetzt. Die eingesetzten Drucksonden weisen den Vorteil auf, dass sich die Membran geschützt im Sondengehäuse befindet und das Wasser nur über eine Öffnung an der Unterseite zur Membran vordringt, was wiederum bei hohen Eisen- und Mangangehalten (und eine dadurch bedingte Verockerung in Brunnenanlagen) auch dann, wenn sich der Ocker bereits massiv außen an der Sonde festgesetzt hat, daraus noch keine Beeinträchtigung der Messgenauigkeit resultiert (u.a. ENDRESS & HAUSER, 1999). Probleme können sich bei Drucksonden allerdings unter anderem durch geringe Lebensdauer, Blitzschlag, mechanische Beschädigung, Eindringen von Feuchtigkeit in die Druckausgleichskapillare, Nullpunktdrift und Temperatureinflüsse ergeben.

Hohe Anforderungen ergeben sich beim Einsatz von Drucksonden für Tiefbrunnenmessungen durch die großen Wasserspiegeldifferenzen, welche aus dem Pumpbetrieb resultieren. Diese Differenzen zwischen den Wasserspiegellagen bei Brunnein- und -ausschaltung können bis zu 60 m und mehr betragen, wodurch ein großer Messbereich, bei gleichzeitig möglichst hoher Genauigkeit, erforderlich ist.

Bei den in der Folge betrachteten Tiefbrunnenanlagen im Bereich des Brunnenfeldes Heiligenkreuz betragen die erforderlichen Messbereiche bis zu 25 m, bei den Brunnenanlagen im Raum Oberwart derzeit bis zu 40 m. Die eingesetzten Drucksonden weisen eine garantierte Werksgenauigkeit von 0,1 % FS (Flüssigkeitssäule) auf, wobei die tatsächlichen Genauigkeiten (entscheidend ist die Linearität) durchwegs größer sind. Aufgrund der mitgelieferten Kalibrierkurven und eingehenden Überprüfungen mittels Lichtlotmessungen bei verschiedenen Förderraten konnte festgestellt werden, dass in fast allen Fällen die tatsächlichen Messfehler unter 1 bis 2 cm liegen. Die ungenauesten Messungen weisen Abweichungen von ca. 3 cm auf.

Beim Einsatz von Drucksonden in Tiefbrunnenanlagen sind, wie die Erfahrung im Südburgenland gezeigt hat, unter anderem folgende Punkte zu beachten:

- Durch die unterschiedliche Eichung der Drucksonden in [bar] oder [m WS] können sich wesentliche Unterschiede bei den Messwerten (falsche Steilheit) ergeben (m WS \neq bar). Die auftretenden Fehler können dabei mehrere Dezimeter betragen.
- Bei großen Einbautiefen und bei Auftrieb von artesischen Brunnen kann ein zusätzliches Gewicht für die Beschwerung erforderlich sein.

- Die Bestimmung der exakten Einbautiefe (siehe unten) soll erst erfolgen, wenn die Sonde bereits mehrere Tage eingebaut ist, da sich Längenänderungen (v.a. wenn das Kabel vorher aufgerollt war) ergeben können.
- Für die Bestimmung der exakten Einbautiefe oder Kontrollmessungen dürfen Wasserspiegelmessungen mittels Lichtlot bei Pumpbetrieb erst erfolgen, wenn sich der Wasserspiegel nicht mehr rasch ändert (Minstdauer aufgrund von Erfahrungswerten mindestens 20 Minuten ab Beginn des Pumpbetriebes).
- Die Zeitpunkte für die Messungen mittels Lichtlot und den elektronischen Messsystemen bei Bestimmung der Einbautiefe und Kontrollmessungen müssen möglichst genau übereinstimmen. Vor allem bei Pumpbetrieb können sich ansonsten durch Wasserstandsänderungen Ungenauigkeiten ergeben.
- Ergeben sich bei der Bestimmung der exakten Einbautiefe bei den einzelnen Messungen größere Abweichungen (außerhalb Toleranzbereich), so ist unbedingt den Ursachen nachzugehen.
- Für die Bestimmung der exakten Einbautiefe sind mindestens 3 Messungen bei möglichst unterschiedlichen Wasserspiegellagen erforderlich.
- Die Kapillare für den atmosphärischen Luftdruckausgleich muss ungehindert offen sein (kein Abknicken etc.). Dies ist zu überprüfen; der Eintritt von Kondenswasser muss sicher verhindert werden.
- Kontrollmessungen durch den Betreiber sind in halbjährlichen (maximal jährlichen) Abständen durchzuführen, um eine eventuelle Nullpunktdrift feststellen zu können.

Um eine möglichst exakte Messung der Brunnenwasserspiegel zu erreichen, wurde vom Autor eine Verfahrensvorschrift für die Qualifizierung ausgearbeitet, welche auch bei artesischen Brunnen anwendbar ist und in der Folge erläutert wird (bei der obigen „Checkliste“ wurde bereits darauf Bezug genommen).

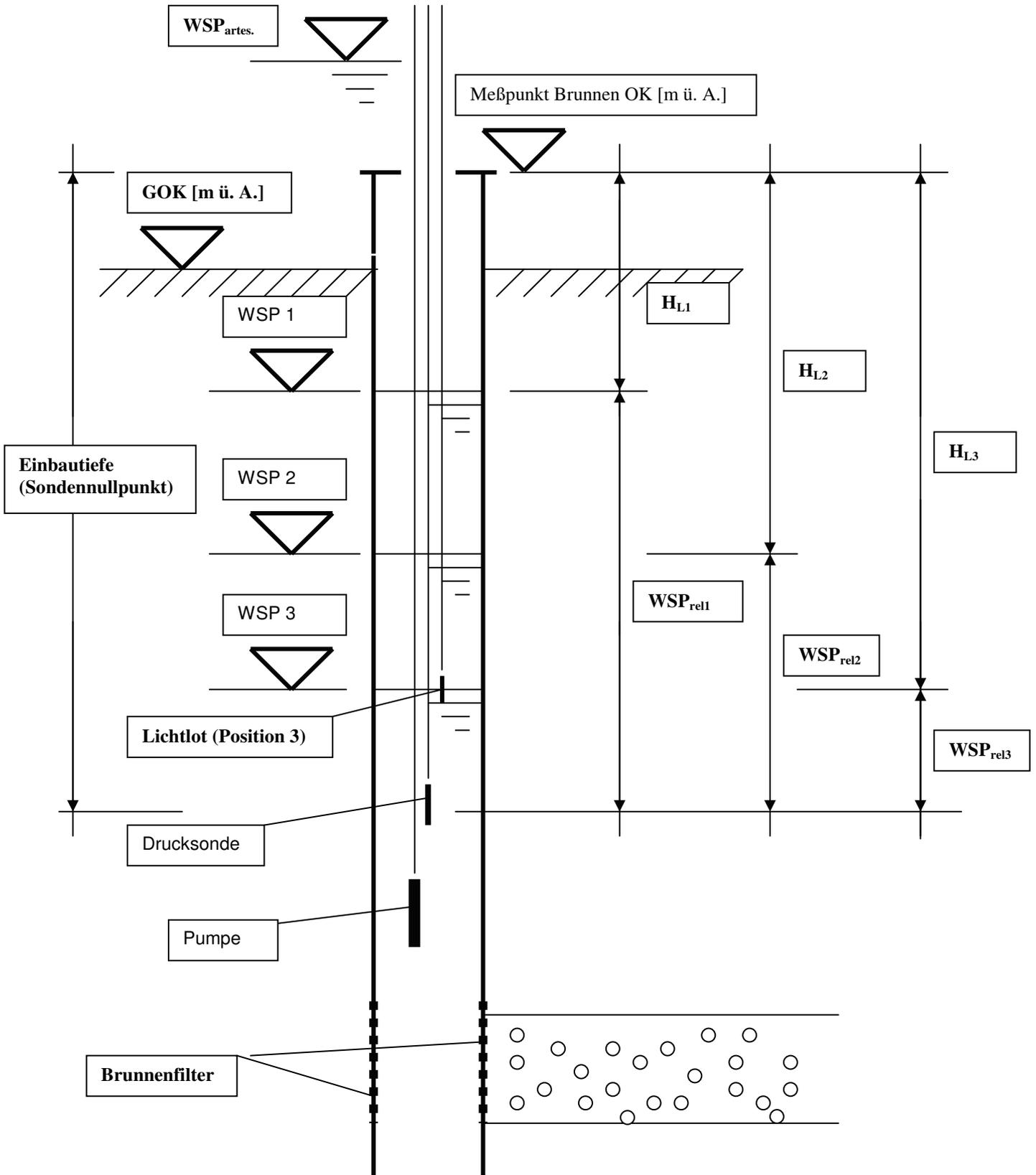
Die Wasserspiegelmessung mittels Drucksonden bei Thermalwässern wird nicht näher erläutert. Es bleibt lediglich darauf zu verweisen, dass die Salinität und Temperatur des Wassers, Änderungen der Temperatur am Brunnenkopf bei Thermalwässern sowie Unterschiede in der Messung von Kopfdruck oder Basisdruck bei tiefen Bohrungen wesentliche Einflussgrößen auf die Messgenauigkeit darstellen können, und daher beim Einsatz von Drucksonden unter solchen speziellen Bedingungen Korrekturen erforderlich sind (u.a. DVWK, 1983; DVWK, 1987; HUBER et al., 1999).

3.3 Datenerfassung, Qualifizierung und laufende Kontrolle, Anforderungen an die Software zur Datenauswertung und Datenverwaltung

3.3.1 Zur Qualifizierung

Um genaue Messwerte des Wasserspiegels beim Einsatz von Drucksonden in Tiefbrunnen mit zuweilen artesischen Verhältnissen zu erhalten, sowie insbesondere um genaue Messungen absoluter Höhen [m ü. A.] durchführen zu können, muss, wie bereits angesprochen, eine als aufwendig zu bezeichnende Qualifizierung der Messstellen durchgeführt werden. Dafür sind mehrere Messungen bei unterschiedlichen Förderraten und dadurch unterschiedlichen Wasserspiegellagen erforderlich. Eine Darstellung der Messanordnung für die Qualifizierung einer Tiefbrunnenmessstelle wird in Abbildung 1 gegeben.

Abbildung 1: Messanordnung für die Qualifizierung der Wasserspiegelmessungen bei Tiefbrunnenanlagen



Beim Einbau einer Drucksonde in einen Tiefbrunnen kann die genaue Lage des Sondennullpunktes nicht durch die einfache Messung der Länge des Sondenkabels und der Sondenlänge bestimmt werden, da sich einerseits die Membran „in“ der Sonde befindet und deren genaue Lage nicht von außen bestimmbar ist sowie sich andererseits beim Einbau des Kabels Längenänderungen ergeben können. Weiters ist jede Messung der Kabellänge selbst mit Fehlern behaftet.

Längenänderungen des Kabels sind einerseits durch die Lieferung im eingerollten Zustand und andererseits durch das Gewicht der Sonde selbst (welche bei größeren Kabellängen eine nicht zu unterschätzende Längenänderung bewirken kann) bedingt. Beim Einbau einer Drucksonde ist die (ungefähre) Einbautiefe aufgrund der Kabellänge mitzumessen; es handelt sich dabei allerdings nur um einen groben Orientierungs- und Kontrollwert. Ebenso hat vor dem Einbau eine Messung des Nullwertes (Sonde außer Wasser) zu erfolgen, um den Nullpunkt zu kontrollieren.

Die eigentliche Drucksondeneinmessung (genaue Festlegung der Lage des Sondennullpunktes) soll erst erfolgen, wenn sich die Sonde bereits einige Tage im Brunnen befunden hat und eine Streckung des Sondenkabels bereits eingetreten ist.

Nach diesem Zeitraum kann der Einmessvorgang, wie er in Abbildung 1 dargestellt ist, beginnen. Vorerst wird zweckmäßiger Weise mit einer geringen Förderrate (Q_1) gepumpt, sodass sich der Brunnenwasserspiegel zumindest einen Meter unter der Oberkante des Brunnenkopfes befindet. Bei quasistationärem Wasserspiegel (muss in einem Zeitraum von 10 Minuten auf einen Zentimeter gleich bleiben) wird nun der relative Wasserspiegel (WSP_{rel1}), den die Drucksonde anzeigt, abgelesen. Praktisch zeitgleich erfolgt eine Messung der Lage des Wasserspiegels mittels einer Lichtlotmessung (H_{L1}). Die Summe aus dem Messwert der Lichtlotmessung und dem relativen Wasserspiegel der Drucksonde ergibt nunmehr einen Wert, welcher die Sondereinbautiefe repräsentiert. Derselbe Vorgang wird bei zwei weiteren Förderraten (Q_2 und Q_3), welche durch die Entnahmen bis in die Nähe des Bereiches der zukünftig maximalen Absenkung führen, durchgeführt. Die aus den drei Messungen ermittelten Sondennullpunkte dürfen bei korrekter Funktion der Drucksonde und sachgemäßer Durchführung der Einmessung (in Abhängigkeit vom Sondenmessbereich und der Sonden Genauigkeit) nicht mehr als 2 cm differieren. Das Mittel aus den durchgeführten Messungen ergibt sodann die Lage des tatsächlichen Sondennullpunktes.

Die Lage des Wasserspiegels in [m ü. A.] ergibt sich nunmehr folgendermaßen:

$$WSP [m \text{ ü. A.}] = \text{Messpunkt Brunnen OK [m ü. A.]} - \text{gemittelte Sondereinbautiefe [m]} + WSP_{rel} [m]$$

Bei durch das Kalibrierblatt der Sonde sowie durch die Einmessung nachgewiesener Linearität der Sonde sind nunmehr auch genaue Messungen des Wasserspiegels bei artesischen Verhältnissen, welche nicht für Lichtlotmessungen zugänglich sind, möglich. Bei einer Datenübertragung per Funk ist bei der Qualifizierung zusätzlich der Fehlereinfluß der Übertragungsstrecke zu berücksichtigen und zu korrigieren. Dass dies in ausreichender Weise möglich ist, haben Erfahrungen im Bereich des Brunnenfeldes Heiligenkreuz gezeigt.

Wie bereits erläutert sind regelmäßige Kontrollmessungen erforderlich, um eine eventuelle Nullpunktdrift feststellen zu können.

3.3.2 Software für die Datenverwaltung und Datenauswertung

Hinsichtlich der Grundsätze der Auswertung digital erfasster Grundwasserdaten, den Strategien bei der Erfassung, deren Prüfung, Korrektur und Aufbereitung wird auch auf DVWK (1998) verwiesen.

Bei der Datenaufzeichnung an Tiefbrunnenanlagen ist es für weiterführende hydrogeologische Auswertungen erforderlich, bei Pumpenein- wie auch Pumpenaussschaltung ein kurzes Aufzeichnungsintervall (nach Möglichkeit 10 sek., bei funkübertragenen Daten zumindest 30 sek.) zu realisieren, welches allerdings nur für die ersten Minuten nach der jeweiligen Schaltung erforderlich ist. Danach hat eine automatische Umschaltung auf das Regelaufzeichnungsintervall von 10 bis 20 Minuten zu erfolgen, um eine unnötige Datenfülle zu vermeiden. Bei häufigen Pumpenschaltungen (welche allerdings nach Möglichkeit zu vermeiden sind) kann das Feinaufzeichnungsintervall vorübergehend auch ausgeschaltet werden.

Für die weitere Bearbeitung und Verknüpfung mit Fremddaten ist es (vor allem bei langen Zeitreihen) erforderlich, die Datendichte zu reduzieren bzw. die Datensätze zeitlich zu synchronisieren. Auf die Möglichkeiten einer Datenkomprimierung durch den Einsatz mathematischer Funktionen wird unter anderem von FANK (1993) eingegangen. Als sehr zielführend hat sich bei den bezug habenden Auswertungen die Herstellung von Datensätzen mit Zweistundenintervallen (wobei durch die verwendete Software die Möglichkeit besteht, sowohl Einzelwerte darzustellen, wie auch Mittelwerte zu errechnen) sowie die Darstellung von gleitenden Tagesmittelwerten bei längeren Zeitreihen erwiesen. Das gleitende Tagesmittel (welches zugleich einen guten Eindruck der Wasserspiegelentwicklung im Brunnenumfeld vermittelt) gibt gute Informationen über das Langzeitverhalten wieder (siehe auch Punkt 4.2).

Eine wesentliche Anforderung an die Software ist die Möglichkeit der gemeinsamen Darstellung von Ganglinien aus verschiedenen Brunnen und verschiedenen räumlichen Bereichen sowie die Möglichkeit der unterschiedlichen Skalierung verschiedener Messdaten, was insbesondere bei Absenkungsmessungen im Rahmen von Pumpversuchen von großer Bedeutung ist. Eine weitere wichtige Anforderung im Rahmen des Wasserwerksbetriebes ist die Erstellung von Bilanzprotokollen sowie von Störmeldungsprotokollen u.ä., worauf hier allerdings nicht näher eingegangen wird. Weiters ist die Möglichkeit der Datenausgabe in definierten Standardformaten, welche eine Weiterbearbeitung und eine weitere Datenverknüpfung erlauben, erforderlich. Die wichtigsten Anforderungen sind die Ausgabe im EXCEL- sowie WORD-Format und die Ausgabemöglichkeit im Datenaustauschformat des Hydrographischen Dienstes (DAF-Format). Durch die Verwendung des DAF-Formates ist es in Zukunft grundsätzlich möglich die im Zuge der Tiefbrunnenbeobachtung gewonnen Daten auch für die Hydrographie weiterzuverwenden. Auf weitere Fragen der Datenverwaltung, der Datensicherung sowie der Datenfernübertragung wird hier nicht näher eingegangen.

4. Ergebnisse aus den Untersuchungsräumen Heiligenkreuz und Oberwart

4.1 Raum Heiligenkreuz

Im Bereich des Brunnenfeldes Heiligenkreuz wurden in den Jahren 1998 und 1999 umfangreiche Pumpversuche an den 8 vorhandenen Tiefbrunnenanlagen durchgeführt. Die Brunnen weisen Teufen von 98 bis 159 m auf und sind auf einer Fläche von ca. 9 km² verteilt. Die Filterbereiche sind in zum Teil unterschiedlichen Tiefen gelegen.

Durch eine gezielte Änderung von Entnahmemengen und eine Beobachtung von Wiederaufspiegelungen wurden Daten hinsichtlich der Ergiebigkeit der einzelnen Brunnen sowie hydrologische und hydrogeologische Informationen ermittelt. Weiters wurden Zusammenhänge zwischen den Brunnenanlagen abgeklärt (unter anderem konnte festgestellt werden, dass alle Brunnenanlagen eindeutige hydraulische Zusammenhänge aufweisen) und bei nahegelegenen ungarischen Brunnenanlagen Beweissicherungsmessungen durchgeführt (HERLICSKA, 1999).

Alle Tiefbrunnenanlagen, wie auch die 15 im Bereich des Brunnenfeldes Heiligenkreuz befindlichen Brunnenanlagen, welche oberflächennahes Grundwasser fördern, sind mit kontinuierlich arbeitenden Mess- und Datenerfassungssystemen ausgestattet. Anhand ausgewählter Ergebnisse wird nachfolgend aufgezeigt, welche Aussagen durch den Einsatz derartiger Messsysteme möglich sind.

Bei der Vorbereitung und Durchführung der Pumpversuche waren folgende Schritte zu unterscheiden:

1. Überprüfung und Qualifizierung der Datenaufzeichnung
2. Einzelpumpversuche bei den acht Tiefbrunnenanlagen in der Dauer von jeweils 2 Wochen
3. Großpumpversuch: Alle Tiefbrunnenanlagen (mit Ausnahme eines als Beweissicherungsmessstelle verwendeten Brunnens) förderten in mehreren Entnahmestufen (bis jeweils max. 7 l/s) gemeinsam über die Dauer von 3 Monaten. Anschließend erfolgte eine Aufspiegelungsbeobachtung über das zu Pumpversuchsbeginn gegebene ursprüngliche Niveau hinaus, um repräsentative Ruhewasserspiegellagen zu erreichen. Das geförderte Wasser wurde für die Wasserversorgung verwendet. Aufgrund der größeren anfallenden Wassermengen war die Spitzenentnahme im Sommerzeitraum (Zeitraum des größten Verbrauches) vorgesehen.

Während der Durchführung des „Großpumpversuches“ erfolgte die Mitbeobachtung eines etwa 2,4 km entfernten, auf ungarischem Staatsgebiet befindlichen Brunnens. Weiters wurden bezughabende Betriebsdaten des Wasserwerks St. Gotthardt zu Beweissicherungszwecken mitausgewertet. Die Pumpphase erfolgte im Zeitraum Juli 1998 bis Anfang Oktober 1998. Danach wurde die Aufspiegelung bis Ende Jänner 1999 beobachtet.

In Abbildung 2 ist der Ganglinienverlauf samt Entnahmemengen bei einem etwa 2 Wochen dauernden Pumpversuch beim Brunnen B 12 dargestellt. Zu Beginn des Pumpversuches wurden die Entnahmeraten täglich um jeweils 1 l/s gesteigert, bis eine Entnahmerate von 7 l/s erreicht wurde. Im Zuge des Pumpversuches wurde beim Entnahmebrunnen B 12 (weist eine Teufe von 160 m auf) ein quasistationärer

Zustand erreicht, wobei eine noch leicht sinkende Tendenz zu verzeichnen war. Die Absenkung am Ende der Entnahme betrug 17,9 m. Beim in nur 15 m Entfernung befindlichen Brunnen B 9 war ein starker Zusammenhang und eine deutliche Beeinflussung zu verzeichnen. Der in 1140 m Entfernung befindlichen Brunnen B 17 zeigte eine erwartungsgemäß zeitverzögerte geringere Beeinflussung. Die kurzfristige Wasserspiegelabsenkung während des Pumpversuches war durch eine kurzfristige unplanmäßige Pumpeneinschaltung beim Brunnen B 17 bedingt.

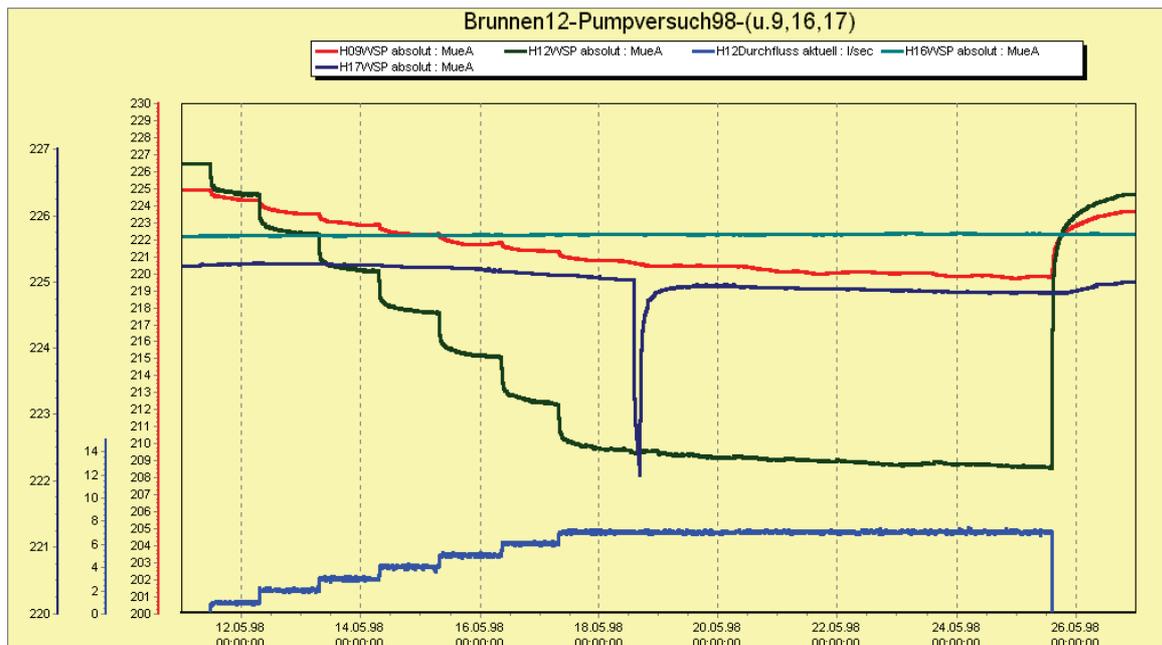


Abb. 2: Ganglinien Brunnenfeld Heiligenkreuz – Einzelpumpversuch beim Brunnen B 12

Ein weiteres Ergebnis eines Einzelpumpversuches, welcher die Dauer von zwei Wochen aufwies, zeigt die Abbildung 3. Die Entnahmemenge beim Tiefbrunnen B 17 betrug über den gesamten Zeitraum 7 l/s, wobei allerdings zu Beginn stärkere Schwankungen zu verzeichnen waren. Bei diesem Pumpversuch waren aufgrund der zuvor gegebenen sehr langfristigen Aufspiegelungsphase und einer dadurch gegebenen, eindeutig definierten, Ruhewasserspiegellage eine Reihe an deutlichen Beeinflussungen zu verzeichnen. Am Ende des Pumpversuches lag beim Entnahmebrunnen B 17 eine Absenkung von 11,34 m vor.

Beim entferntesten Brunnen B 16 (Entfernung von 1480 m) war noch eine pumpversuchsbedingte Absenkung von 0,25 m zu verzeichnen. Die halblogarithmische Darstellung der Absenkungen (siehe Abbildung 4) ergibt bei einer Verlängerung der Ausgleichsgeraden eine Reichweite des Druckabsenktrichters von etwa 1800 m. Daraus ist zu ersehen, dass bei gespannten Tiefengrundwässern bereits bei vergleichsweise geringen Entnahmemengen und relativ kurzen Pumpdauern Beeinflussungen bis in größere Entfernungen gegeben sind. Die Reichweiten sind dabei weit größer als die mittels der Formeln von SICHARD und KUSAKIN (HÖLTING, 1996) ermittelten Werte.

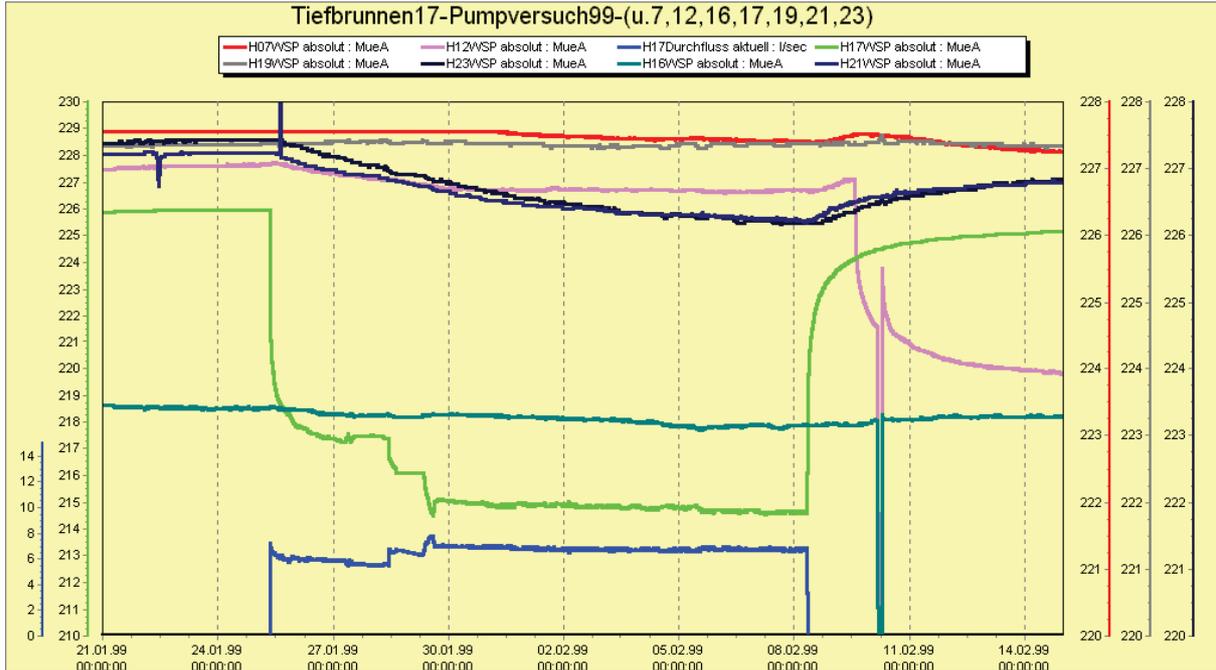


Abb. 3: Ganglinien Brunnenfeld Heiligenkreuz – Einzelpumpversuch beim Brunnen B 17

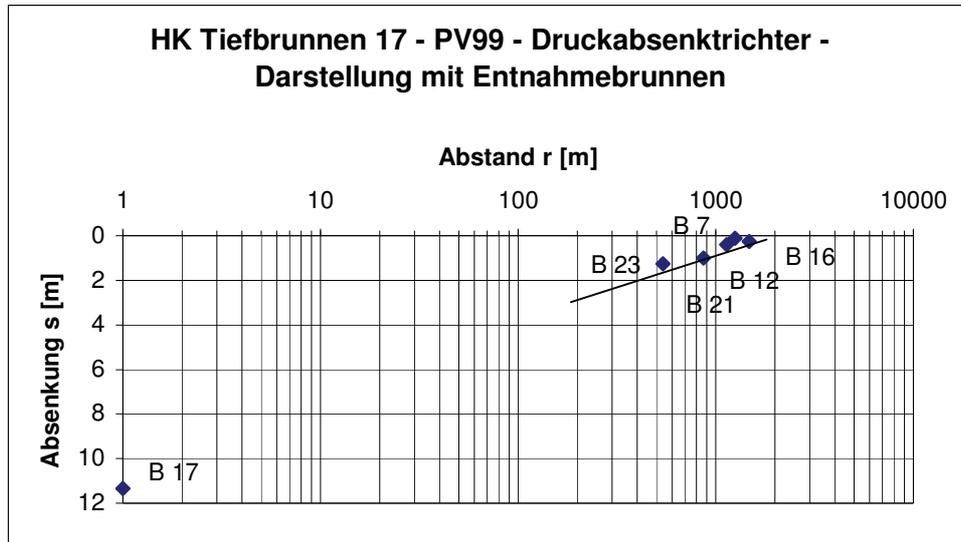


Abb. 4: Brunnenfeld Heiligenkreuz – Ermittlung des Druckabsenktrichters beim Brunnen B 17

In Abbildung 5 wird der Ganglinienverlauf bei den Tiefbrunnen B 7, B 9, B 12 und B 16 im Zeitraum 1.05. 1998 bis 30.06.1999 dargestellt. Deutlich ist die starke Absenkung bei allen Brunnenanlagen während des Großpumpversuches im Jahre 1998 sowie die daran anschließende Aufspiegelung bei allen Brunnenanlagen zu ersehen. Ab Juni 1999 war eine zunehmende Häufung der Schaltungen bei den Brunnenanlagen B 7 und B 16 gegeben, da diese Brunnen in diesem Zeitraum wieder verstärkt zur Versorgung herangezogen wurden.

Zu bemerken ist weiters, dass am Ende der langfristigen Aufspiegelungsphase im Winter 1998/1999 bei allen 8 Brunnenanlagen ein artesisches Druckniveau erreicht wurde.

Hinsichtlich erfolgter weitergehender hydrogeologischer Auswertungen unter Einbeziehung qualitativer Daten wird auf HERLICKSKA (2000) verwiesen.

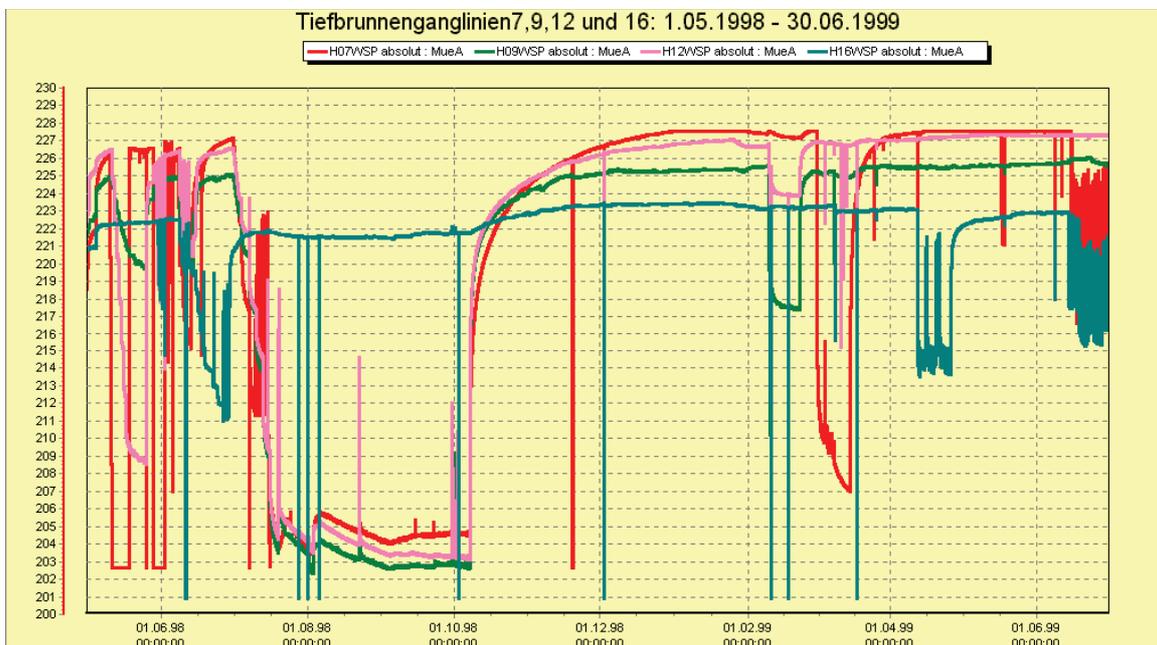


Abb. 5: Brunnenfeld Heiligenkreuz – Längerfristige Ganglinie B 7, B 9, B 12 und B 16

4.1.1 Ermittlung des Luftdruckeinflusses auf die Wasserspiegellagen

Variationen der Auflasten, die sich über gespannten Aquiferen vollziehen, verursachen Schwankungen des Druckwasserspiegels. Diese Auflast-Variationen können durch Luftdruckschwankungen, Gezeitschwankungen, Erdbeben, Hochwässer u. dgl. verursacht werden (MATTHESS & UBELL, 1983; LANGGUTH & VOIGT, 1980). Von ÜBERWIMMER (1992) und BERGMANN (1998) wird erläutert, dass für die Beobachtung gespannter Grundwässer im Steirischen Becken dem Luftdruckeinfluss die weitaus größte Bedeutung zukommt, wohingegen die anderen Einflüsse (Gezeiten etc.) vernachlässigt werden können. Bei gespannten Grundwässern führt ein Ansteigen des Luftdrucks zu einem Absinken des Druckwasserspiegels in einem Pegel und umgekehrt. Diese Effekte sind bei ungespannten Grundwässern hingegen nicht

zu beobachten. Beim gespannten Aquifer wird die Luftdruckänderung nur im Peilrohr völlig von einer Druckänderung der Wassersäule ausbalanciert. Die vom hangenden Stauer ganz auf den Aquifer übertragene Luftdruckänderung wird sowohl vom Korngerüst wie auch vom Wasser aufgefangen. Es muss daher zwischen dem Porenwasser im Aquifer, das nur einen Teil der Luftdruckänderung auszugleichen hat, und der Wassersäule im Rohr, die sie voll aufnimmt, ein Druckunterschied existieren. Jede Fluktuation des Luftdrucks ruft eine Spiegelschwankung im Pegel hervor (LANGGUTH & VOIGT, 1980).

ÜBERWIMMER (1992) stellte bei gespannten Grundwässern des Steirischen Beckens Luftdruckwirksamkeiten von 5 bis 20 % fest. VASVARI (1998) gibt auf Grund von Analysen der Luftdruckwirksamkeit bei gespannten Aquiferen der Oststeiermark Werte von 5 bis 10 % an. Lediglich in einem Fall eines oberflächennahen gespannten Aquifers wurde eine Luftdruckwirksamkeit von 18 % ermittelt. ÜBERWIMMER weist weiters darauf hin, dass die Schwankungen des Luftdruckes, welche für die Ermittlung der Auswirkungen auf die Wasserspiegellagen maßgeblich sind, über eine Entfernung von mehreren 10er Kilometern praktisch gleich verlaufen und somit Messstellen in einer derartigen Entfernung verwendbar sind.

Für die Ermittlung des Luftdruckeinflusses auf die Tiefbrunnenanlagen in Heiligenkreuz, wie auch in Oberwart, ist nachgewiesenermaßen die Station Kleinzicken der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien maßgeblich (HERLICKA, 2000). Eine Darstellung des Verlaufes des Luftdruckes bei der Station Kleinzicken im Zeitraum 1995 bis 1999 gibt die Abbildung 6.

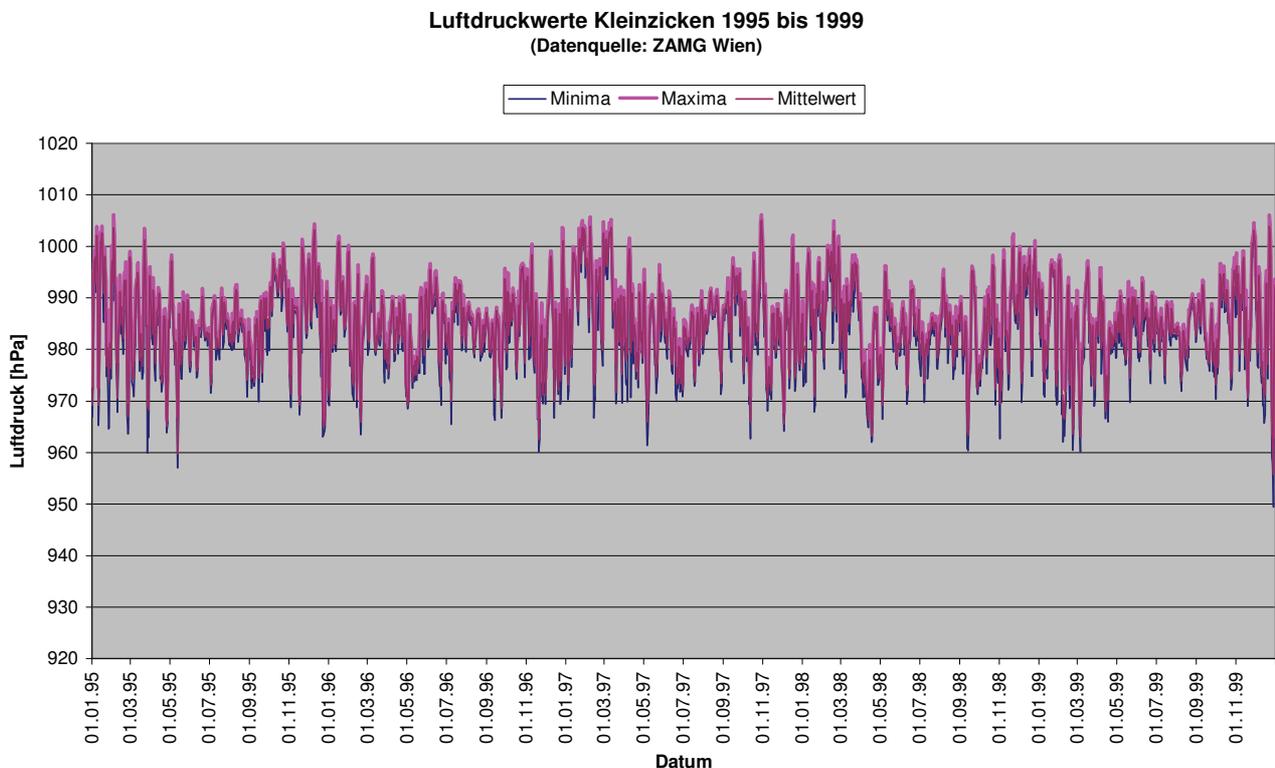


Abb. 6: Luftdruckwerte Kleinzicken – 1995 bis 1999

Unter Berücksichtigung der Zeitreihen des Luftdruckes von 1978 bis 1990 und von 1995 bis 1999 ergibt sich ein mittlerer Luftdruck von 985,2 hPa, auf welchen sich alle zu erstellenden Korrekturen zu beziehen haben. Die maximale Schwankungsbreite des Luftdruckes im Zeitraum der in Heiligenkreuz durchgeführten Pumpversuche beträgt 52,7 hPa. Bezogen auf den mittleren Luftdruck bedeutet dies im Beobachtungszeitraum eine maximale Schwankung von 35,7 hPa (entspricht ca. 35,7 cm WS) nach unten und von 17 hPa (entspricht ca. 17 cm WS) nach oben. Für das Brunnenfeld Heiligenkreuz wurde bei der Ermittlung der Luftdruckwirksamkeit das Verfahren von CLARK (1967) angewandt, welches für das Steirische Becken bereits von ÜBERWIMMER (1992) und VASVARI (1997) verwendet wurde. Mit Hilfe des Verfahrens, welches auf der Anwendung einer modifizierten Doppelsummenanalyse basiert, wurden auf einer Datenbasis von Zweistundenwerten in den Zeiträumen längerer Aufspiegelungsphasen die Luftdruckwirksamkeiten ermittelt. Die ermittelten Luftdruckwirksamkeiten betragen bei den einzelnen Tiefbrunnenanlagen zwischen <1 und 18 %, wobei beim Brunnen mit der höchsten ermittelten Luftdruckwirksamkeit oberflächennähere Bereiche verfiltert sind. Die aus diesen Wirksamkeiten erforderlichen Ganglinienkorrekturen liegen im Mittel in einem Bereich von 1 bis 1,5 cm. Die maximal erforderliche Korrektur beträgt 4,5 cm. Die ermittelten Abweichungen sind aus der Sicht des Autors unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Ungenauigkeiten, welche sich aus dem Messsystem ergeben, bei den Tiefbrunnenanlagen im Bereich des Brunnenfeldes Heiligenkreuz weitgehend zu vernachlässigen. Die gute Auswertbarkeit der unkorrigierten Ganglinien zur Ermittlung von Druckabsenktrichtern wurde bereits zuvor erläutert.

4.2 Raum Oberwart

In der Folge werden schlagwortartig einige Ergebnisse von Datenaufzeichnungen bei Tiefbrunnenanlagen aus dem Raum Oberwart dargestellt.

Die Abbildungen 7 und 8 zeigen Details der Ganglinien beim Tiefbrunnen B 9 in Oberwart. Aus Abbildung 7 wird eine hohe Schalthäufigkeit der Brunnenpumpe, wobei etwa für den 17.12.1999 27 Schaltzyklen zu verzeichnen sind, ersichtlich. Die Abbildung 8 zeigt diese Schaltungen im Detail, wobei auch die erhöhten Entnahmemengen der drehzahlgeregelten Brunnenpumpe in der Anfahrphase zu ersehen sind. Grundsätzlich führt eine zu häufige Pumpenschaltung zu einer verringerten Pumpenlebensdauer und ist daher zu vermeiden. Durch die Schaffung zusätzlichen Behälterraumes und einer Optimierung des Pumpbetriebes konnte die Schalthäufigkeit mittlerweile verbessert werden.

Die Abbildung 9 zeigt Ganglinienverläufe des Wasserspiegels und der Entnahmemengen beim Brunnen B 11 vom Februar 1998 bis Ende 1999. Die mittlere Förderate während des Beobachtungszeitraumes betrug etwa 1,5 bis 2 l/s. Die Tendenzen beim Verlauf der Wasserspiegellage und bei den Entnahmemengen sind auf Grund der Darstellung des gleitenden Mittels auf Tagesbasis gut zu erkennen. Die Ganglinie des Förderbrunnens weist im Beobachtungszeitraum eine steigende Tendenz auf. Dies ist einerseits durch die vergleichsweise geringen Entnahmemengen und den gleichzeitig vorhandenen potenten Aquifer bedingt, andererseits ist dies auf die generell rückläufigen mittleren Entnahmemengen mit zuweilen längeren Förderpausen zurückzuführen.

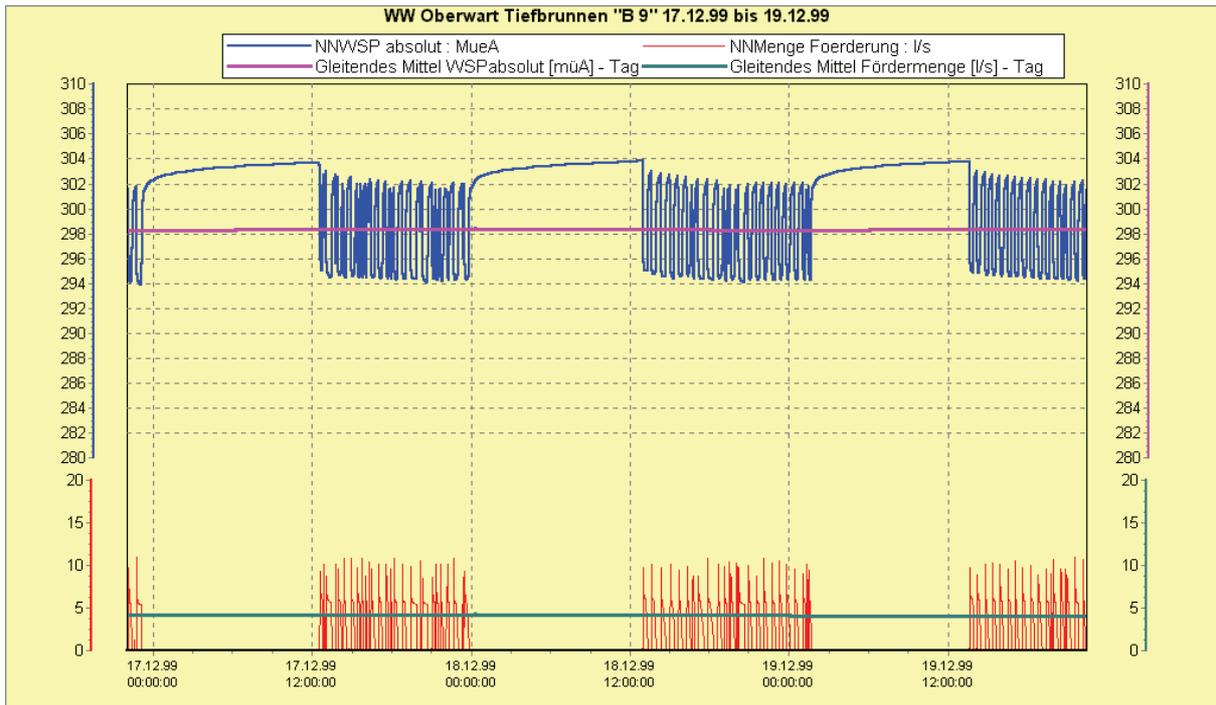


Abb. 7: Brunnenfeld Oberwart – Ganglinien Brunnen B 9 / Detail A

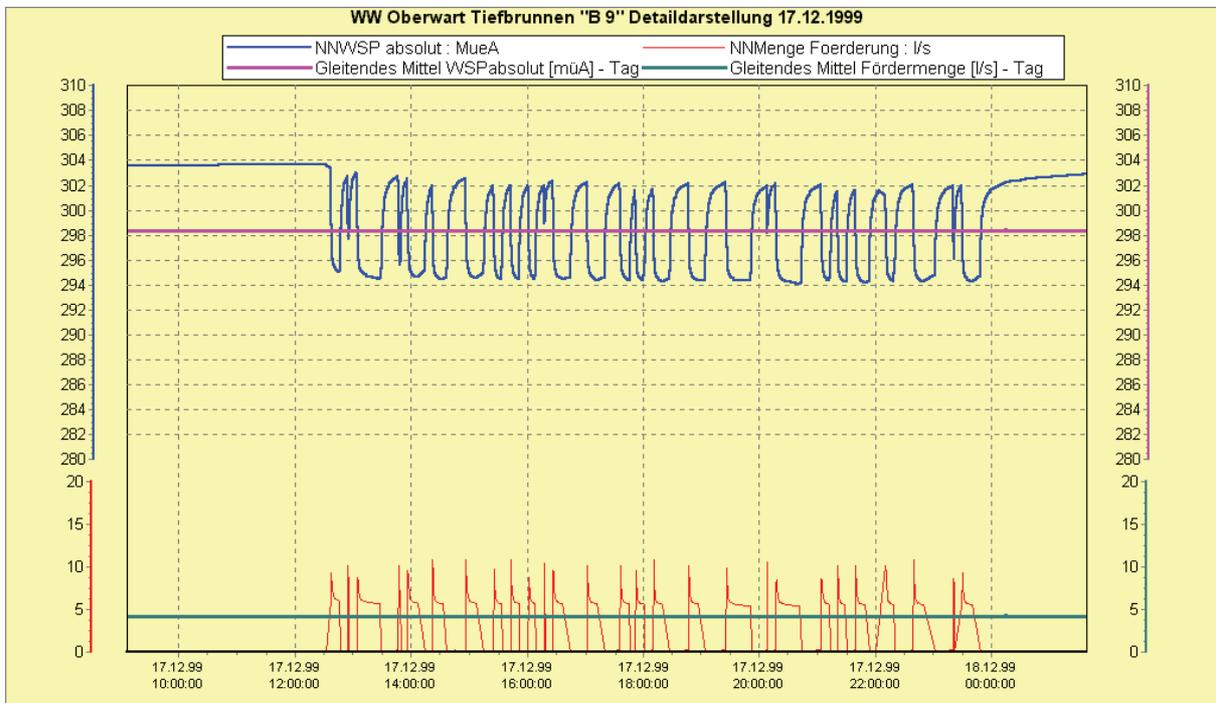


Abb. 8: Brunnenfeld Oberwart – Ganglinien Brunnen B 9 / Detail B

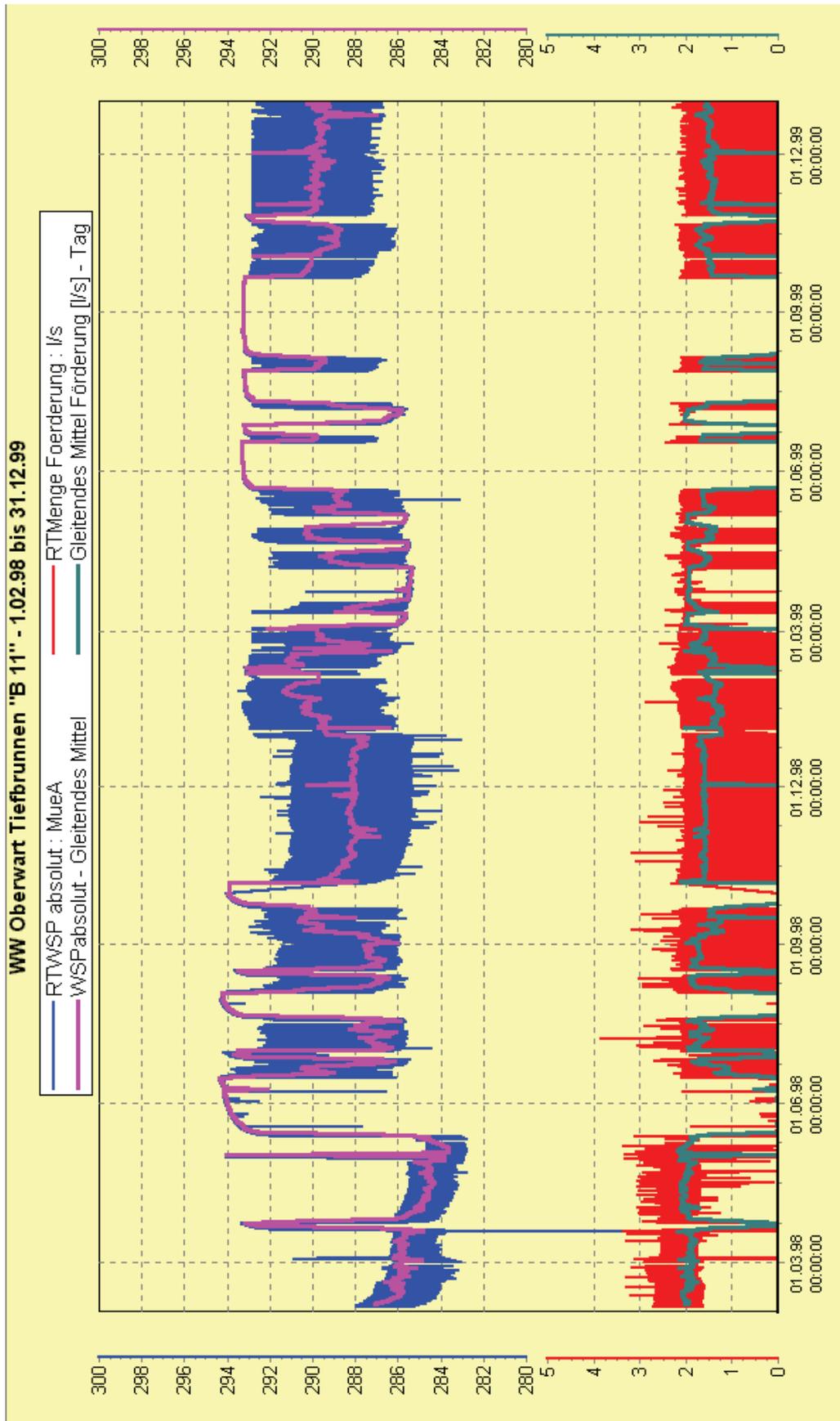


Abb. 9: Brunnenfeld Oberwart – Längerfristige Ganglinien Brunnen B 11 (1998/1999)

5. Schlussfolgerungen

Der bisherige Einsatz von Mess- und Datenerfassungssystemen für die Beobachtung genutzter Tiefbrunnenanlagen hat im Südburgenland bereits zu für die Wasserwirtschaft, wie auch für die betroffenen Wasserverbände, wesentlichen Ergebnissen geführt. Es kann gezeigt werden, dass der Einsatz derartiger Systeme eine gute Kontrollmöglichkeit hinsichtlich einer nachhaltigen Nutzung von Tiefengrundwasservorkommen darstellt. Bereits von SCHNEIDER (1973) wird erläutert, dass Wasserspiegelganglinien aus unbeeinflusst erscheinenden Messstellen solchen mit abweichenden Ganglinien (aus Entnahmebrunnen) gegenüberzustellen sind. Derart werden gefestigte Aussagen hinsichtlich des langfristigen und flächenhaften Verlaufs des Grundwasserspiegels möglich. Ziel der Wasserwirtschaft muss es daher in der Zukunft sein, die flächige Beobachtung des Tiefengrundwassers über genutzte Brunnenanlagen und über Monitoringsonden verstärkt auszubauen.

Literaturhinweise

- BERGMANN, H. (1998): Dynamik gespannter Grundwässer; in: ÖWAV-Seminar Grundwasserdynamik; Wiener Mitteilungen; Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 148; Wien.
- CLARK, W. E. (1967): Computing the barometric efficiency of a well; J. Hydraul. Div. 93; HY4, S 93-98; Proc. Am. Soc. Civ. Engng..
- DATAVIEW (1999): Beweissicherungsmeßungen an Tiefbrunnen; DATAVIEW Handels- und System-beratungs-Ges.m.b.H.; unveröffentlichtes Konzept, 14 S.; Berndorf.
- DVGW (Deutsche Vereinigung für das Gas- und Wasserfach) (1997): Planung, Durchführung und Auswertung von Pumpversuchen bei der Wassererschließung; DVGW – Regelwerk , Technische Regel, Arbeitsblatt W 111.
- DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau) (1983): Beiträge zu tiefen Grundwässern und zum Grundwasser- Wärmehaushalt; Tiefe Grundwässer – Bedeutung, Begriffe, Eigenschaften, Erkundungsmethoden; Schriften 61, 166 S.; Paul Parey; Hamburg und Berlin.
- DVWK (1987): Erkundung tiefer Grundwasser-Zirkulationssysteme; Grundlagen und Beispiele; Schriften 81, 223 S.; Paul Parey; Hamburg und Berlin.
- DVWK (1994): Grundwassermeßgeräte, I. Grundwassermeßgeräte zur Ermittlung physikalischer und physikochemischer Parameter im Grundwasser, II. Datensammler für die Grundwassermessung; Schriften 107, 241 S.; Paul Parey; Hamburg und Berlin.

- DVWK (1998): Workshop Auswertung digital erfaßter Grundwasserdaten – Strategien für die Erfassung, Prüfung, Korrektur und Aufbereitung von Meßdaten aus Datensammlern; Materialien 3/1998, 118 S.; Paul Parey; Hamburg und Berlin.
- ENDRESS & HAUSER (1999): Unterlagen zum Seminar Meßtechnik; vom 19. bis 21.04.1999; in Weil und Basel.
- FABIANI, E. (1978): Über die Bedeutung des Quartärs für die Wasserwirtschaft; Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum; Heft 39; Graz.
- FANK, J. (1993): Bearbeitung und Speicherung von Daten aus automatischen Datenaufzeichnungssystemen; Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, 44; S. 221-237; Graz.
- HERLICSKA, H. (1999): Pumpversuche Heiligenkreuz, Mai 1998 bis Mai 1999; unveröff. Endbericht; 50 S. u. Beilagen; Oberwart.
- HERLICSKA, H. (2000): Wasserwirtschaftliche Aspekte zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Tiefengrundwasservorkommen unter besonderer Berücksichtigung von Fallbeispielen des Burgenlandes; unveröff. Diss. an der Univ. f. Bodenkultur, Wien; 310 S.; Oberwart.
- HÖLTING, B. (1996): Hydrogeologie – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie; Ferdinand Enke Verlag, 441 S.; Stuttgart.
- HUBER et al. (1999): Thermalwasservorkommen im Niederbayerisch- Oberösterreichischen Molassebecken; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft; Amt der Oberösterreichischen Landesregierung; 21 S., 20 Beilagen; Wien.
- MATTHESS, G., UBELL, K. (1983): Allgemeine Hydrogeologie – Grundwasserhaushalt; Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 1, 438 S.; Gebrüder Borntraeger; Berlin, Stuttgart.
- MUTSCHMANN, J., STIMMELMAYR, F. (1986): Taschenbuch der Wasserversorgung; 752 S.; Franckh; Stuttgart.
- ÖWAV (2000): Nutzung gespannter und artesischer Grundwässer; ÖWAV-Regelblatt 211; 52 S.; Wien.
- SCHNEIDER, H. (1973): Die Wassererschließung; Grundlagen der Erkundung, Bewirtschaftung und Erschließung von Grundwasservorkommen in Theorie und Praxis; Vulkan- Verlag, 873 S.; Essen.
- STEINKELLNER, M. (1998): Auswirkungen von Niederschlagsereignissen und der Schneeschmelze auf Karstquellen; Wiener Mitteilungen, Wasser- Abwasser- Gewässer; Band 150, 165 S. u. umfangr. Beilagen; Wien.

ÜBERWIMMER, F. (1992): Untersuchung der Ressourcen gespannter Grundwassersysteme mit hydraulischen und hydrologischen Modellen; Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft; Technische Universität Graz; Band 3, 115 S. ; Graz.

VASVARI, V. (1997): Analyse und Auswertung langfristiger Druckspiegelzeichnungen von gespannten Aquiferen in der zentralen Oststeiermark; Beiträge zur Hydrogeologie 48/II; S. 93-126; Graz.

Anschrift des Verfassers:

Dipl. Ing. Dr. Helmut Herlicska
Abteilung 9; Wasser- und Abfallwirtschaft
Amt der Bgld. Landesregierung
Europaplatz 1
7000 Eisenstadt

Zur Beurteilung der Genauigkeit von Niederwasserkennwerten

On Evaluating the Accuracy of Low Flow Characteristics

G. Laaha

Schlagwörter: Hydrologie, Abfluss, Pegelschlüssel, Messfehler, Niederwasser

Keywords: hydrology, discharge, rating, measurement error, low flow

Zusammenfassung

Dieser Beitrag präsentiert ein neuartiges Modell zur Beurteilung der Genauigkeit von Abflusszeitreihen und davon abgeleiteten Niederwasserkennwerten, welches anhand von Messdaten aus Oberösterreich erprobt wurde. Dieses Modell berücksichtigt die Mess- und Digitalisierungsfehler der Wasserstandszeitreihen, den Messfehler der Flüßgelmessung nach ÖNORM B2401 sowie den Fehler des Pegelschlüsselmodells. Die hiermit berechneten mittleren Fehler der Niederwasserkennwerte ermöglichen eine Selektion zuverlässiger Pegel und optimaler Kennwerte. Als optimal erweisen sich empirische Quantile wie $Q_{95\%}$ sowie das mittlere Jahresniederwasser auf Basis der 7-Tagesmittel des Abflusses $MJNQ_7$.

Summary

This paper presents a new statistical error model for evaluating the accuracy of discharge time series and herefrom deduced low flow characteristics. It takes into account three types of errors: the errors of measuring and digitizing the stage time series, the error of discharge measurement appropriate to the Austrian standard ÖNORM B2401 and the error due to the deviation of the applied rating curves from the unknown true stage-discharge relationship. This model has been applied to one study area in Austria (region Upper Austria). The calculated mean errors of low flow characteristics led to a selection of both representative river gauges and optimal characteristics. It has been concluded that the mean annual 7 day minimum discharge $MAM(7)$ (or $MJNQ_7$) as well as the empirical quantiles (eg $Q_{95\%}$) constitute the optimal low flow characteristics in order to get the maximum number of stations represented by reliable characteristics.

1. Einleitung

Im Zuge der schon seit geraumer Zeit geführten Diskussion um aussagekräftige Niederwasserkennwerte wurden zumeist ihre physikalische Eignung sowie ihre Akzeptanz bei in allen Sparten der Wasserwirtschaft tätigen Personen zur Beschreibung des Phänomens Niederwasser diskutiert (KRESSER, KIRNBAUER, NOBILIS, 1985). Häufig blieb jedoch ihre statistische Aussagekraft unberücksichtigt. Nach der Realisierung einer digitalen Datenhaltung kommt aber gerade der Qualität der durch den Hydrographischen Dienst ermittelten Daten immer größere Bedeutung zu (NOBILIS, 2000).

Das im Rahmen des Forschungsprojekts „Statistik-Experten-Tools für Niederwasserfragestellungen“ erarbeitete statistische Fehlermodell ermöglicht eine visuelle Be-

urteilung der Genauigkeit von Abflussmessungen an Pegelstationen, die Berechnung von mittleren zufälligen und systematischen Fehlern der Tagesmittel der Abflusszeitreihe sowie der von ihnen abgeleiteten Kenngrößen. Als Messdaten sind kontinuierliche Wasserstandszeitreihen sowie regelmäßige Abflussmessungen mit dem hydrometrischen Flügel erforderlich. Das Anwendungsgebiet umfaßt die Pegel aller Gewässer, deren Wasserstand-Abfluss-Beziehung zeitlichen Variationen aufgrund periodischer oder zufälliger Änderungen der Gerinnebettgeometrie unterworfen ist.

2. Genauigkeit von Tagesmittel der Abflusszeitreihen

Als Daten für eine eingehende Fehleranalyse der Abflusszeitreihen liegen in der hydrologischen Datenbank des Hydrographischen Zentralbüros (HyDaMS) die Wertepaare der Abflussmessungen (Q_{mes} , W_{mes}) sowie Informationen über die ihnen angepaßten Schlüsselkurven (Pegelschlüssel - Nr., - Parameter und - Gültigkeitszeitreihe) vor. Hieraus können Residuen und Kreuzresiduen zwischen gemessenen und rechnerischen Abflüssen ermittelt werden. Die Residuen ergeben sich als Differenz aus den im Zeitpunkt t gemessenen Abflüssen $Q_{mes}(t)$ und den mittels Pegelschlüsselmodell aus den Wasserstandszeitreihen ermittelten rechnerischen Abflüssen $Q_{ps_t}(t)$.

$$\text{Residuen}(t) = Q_{mes}(t) - Q_{ps_t}(t)$$

Als Kreuzresiduen wird hier die Differenz aus gemessenem Abfluss und dem mittels dem zum vorangehenden Messzeitpunkt ($t-1$) gültigen Pegelschlüsselmodell ermittelten rechnerischen Abfluss definiert.

$$\text{Kreuzresiduen}(t) = Q_{mes}(t) - Q_{ps_{t-1}}(t)$$

Während die statistische Analyse der Residuen wertvolle Informationen über die Qualität von Abflussmessung und Anpassung der Schlüsselkurven liefert, informiert die Analyse der Kreuzresiduen über die Qualität der Abflusszeitreihe zwischen den Abflussmessungen.

Das auf einer statistischen Analyse der Residuen aufbauende Fehlermodell erlaubt die Berechnung von mittleren systematischen Fehlern und mittleren zufälligen Fehlern von Einzelwerten der Abfluss-Tagesmittel-Zeitreihe als Funktion des Abflusses. Die Resultate repräsentieren Durchschnittswerte über eine längere Observationsperiode (z.B. 20 Jahre) und berücksichtigen die Genauigkeit von Wasserstands- und Durchflussmessung sowie die Adäquatheit der verwendeten Schlüsselkurven. Die mittleren systematischen Fehler können zur Kalibrierung von Niederwasserkennwerten wie NQ oder $MJNQ_T$, welche auch ihrerseits mittlere Werte über die Observationsperiode darstellen, verwendet werden. Die mittleren zufälligen Fehler dienen hingegen als Maß der Genauigkeit eines Niederwasserkennwertes an einer bestimmten Messstation – ein Umstand, der zur Selektion von Stationen mit zuverlässigen Daten von bekannter Präzision verwendet werden kann.

3. Statistische Eigenschaften von Niederwasserkennwerten

Das Phänomen Niederwasser läßt sich in Abhängigkeit von der untersuchten Fragestellung durch unterschiedlichste Kenngrößen beschreiben. Während bei Projekten,

die eine Entnahme oder Einleitung in ein Gewässer vorsehen, der niedrigste mittlere Abfluss über eine bestimmte Anzahl von Tagen (NM_xQ) sowie die Häufigkeit seines Auftretens über die Realisierbarkeit der Anlage entscheiden, sind Kennwerte der Unterschreitungsdauer ($\max D$, $\sum D$) u.a. bei Fragen der Wasserqualität oder der Schifffahrt von Bedeutung. Soll ein Abflussausgleich durch Speicherbewirtschaftung erzielt werden, müssen die Abflussdefizite ($\max V$, $\sum V$) analysiert werden. Die genannten Kenngrößen werden in der Regel aus der Zeitreihe der mittleren Tagesabflüsse ermittelt. Eine Zusammenstellung bekannter Methoden findet sich in den DVWK-Regeln 120 und 121.

Neben ihrer physikalischen Eignung besitzen Niederwasser kennwerte aber auch statistische Eigenschaften, die im Rahmen dieses Forschungsprojektes quantifiziert wurden. Generell ist festzustellen, dass häufig verwendete Niederwasser kenngrößen (GUSTARD et al., 1997) einem „trade-off“ zwischen der Schärfe der Beschreibung von Niederwasserereignissen und ihrem mittleren Messfehler unterliegen. Betrachtet man beispielsweise das mittlere Jahresminimum der x -Tagesmittel des Abflusses $MJNQ_x$, so bewirkt die Wahl eines größeren Gleitfensters (z.B. $x = 10$ oder 30 Tage) die Elimination zweier Arten der Variabilität – einerseits, wie gewollt, der Variabilität des Messfehlers, andererseits aber auch der tatsächlichen Variabilität des Niederwasserereignisses. Die Folge eines zu groß gewählten Gleitfensters ist schließlich eine Unterschätzung der Strenge von Niederwasserereignissen.

Niederwasser kennwerte besitzen daher eine bestimmte Aussagekraft aufgrund ihrer Sensibilität auf den Einfluss zufälliger Fehler (d.h. fehlerbehaftete Einzelwerte der Abflusszeitreihe) und systematischer Fehler der Abflussdaten. Im Detail können den einzelnen Niederwasser kennwerten die folgenden statistischen Eigenschaften zugeordnet werden:

- Niederwasser kennwerte, die **Einzelwerten der Ganglinie** entsprechen, wie zum Beispiel der kleinste Abfluss NQ oder der kleinste je gemessene Abfluss NNQ , sind äußerst sensibel auf zufällige und systematische Fehler der Abflussdaten. Diese Fehler sind bei Einzelwerten unbekannt. Die Aussagekraft solcher Kennwerte ist daher generell in Frage zu stellen. Keinesfalls stellen sie jedoch eine objektive Charakterisierung für Stationen mit beachtenswerter Variabilität der Gerinnebett-Geometrie dar.
- Die Berechnung von **Mittelwerten über abhängige Werte** (z.B. mittels gleitendem Mittelwert) bewirkt alleine eine Reduktion des zufälligen Fehlers mit der Quadratwurzel der Anzahl der Werte. Als Folge sind Kennwerte wie das kleinste n -Tages Niederwasser NM_xQ äußerst sensibel für systematische Fehler infolge inadäquat gewählter Schlüsselkurven und sollten deshalb durch signifikantere Kennwerte ersetzt werden.
- Erfolgt die Berechnung einer Kenngröße durch **Mittlung statistisch unabhängiger Einzelwerte** der Abflussreihe, so sinkt ihr mittlerer zufälliger Fehler mit der Wurzel aus der Anzahl der einfließenden Werte, während sich systematische Fehler der Einzelwerte auf die mittleren systematischen Fehler der gesamten Observationsperiode reduzieren. Diese systematischen Fehler können darüber hinaus durch das vorgestellte Fehlermodell abgeschätzt werden und dienen schließlich zur Kalibrierung der Niederwasser kennwerte. Abfluss kennwerte wie

das mittlere Jahresniederwasser MNQ oder das mittlere Jahresminimum der x - Tagesmittel des Abflusses $MJNQ_x$ sind daher zur Beschreibung von Niederwasserereignissen besonders geeignet.

- Häufig verwendete Kennwerte der **Unterschreitung eines Schwellenwertes** wie das Maximum von Unterschreitungsdauer oder Defizitvolumen (YEVYEVICH, 1976 oder DVWK, 1992) reagieren besonders sensibel auf systematische Fehler der Abflussganglinie, während ihre kumulativen Werte (ΣD , ΣV) zuverlässigere, aber weniger aussagekräftige Kennwerte darstellen. Diese Gruppe von Kennwerten scheint daher aus statistischer Sicht für eine objektive Beschreibung von Niederwasserereignissen wenig geeignet.
- **Quantile der empirischen Verteilungsfunktion** der mittleren Tagesabflüsse wie $Q_{95\%}$ oder $Q_{90\%}$ sind schließlich von besonderer Bedeutung, da empirische Quantile einer großen Stichprobe besonders stabil gegen Ausreißer (fehlerhafte Einzelwerte) sind. Während ihr mittlerer zufälliger Fehler mit steigender Anzahl der einfließenden Werte gegen Null konvergiert, kann ihr systematischer Fehler durch das erstellte Fehlermodell abgeschätzt und korrigiert werden. Empirische Quantile stellen daher aus statistischer Sicht die schärfsten Beschreibungen des Phänomens Niederwasser dar.

2. Programmierung von Statistiktools

Die oben genannten statistischen Eigenschaften von Einzelwerten der Abflusszeitreihe sowie von Niederwasserkennwerten können in der Folge für eine umfassende Fehleranalyse der Abflussmessung und –bearbeitung und zur Berechnung von Niederwasserkennwerten einschließlich ihrer mittleren Fehler angewendet werden. Hierzu wurden in der Statistiksprache S (Softwarepaket Splus 4.5) die Statistiktools „PSerror“ und „KWresult“ programmiert.

PSerror stellt ein statistisches Werkzeug zur Analyse der Abflussmessung (mittels hydrometrischem Flügel) sowie der Anpassung der Pegelschlüssel im Zuge der Abflussbearbeitung dar (siehe Abb. 1). Die Resultate umfassen graphische Darstellungen wie Punktwolke, Residuenplot und Q-Q Plot der Abflussmessungen und erlauben eine effiziente Kontrolle der Messdaten einer Station auf verborgene Ausreißer. Diese werden durch ihre Stichprobennummer dargestellt, anhand derer sie in einer Liste von Ausreißern rasch identifiziert werden können. Darüber hinaus werden für standardisierte Abflussklassen mittlere zufällige und systematische Fehler berechnet und als Fehlerkurven geplottet. Um eine Beeinflussung der Resultate durch Ausreißer möglichst gering zu halten, werden Verfahren der robusten Statistik wie robuster Mittelwert, Streuung und robuste Regression eingesetzt.

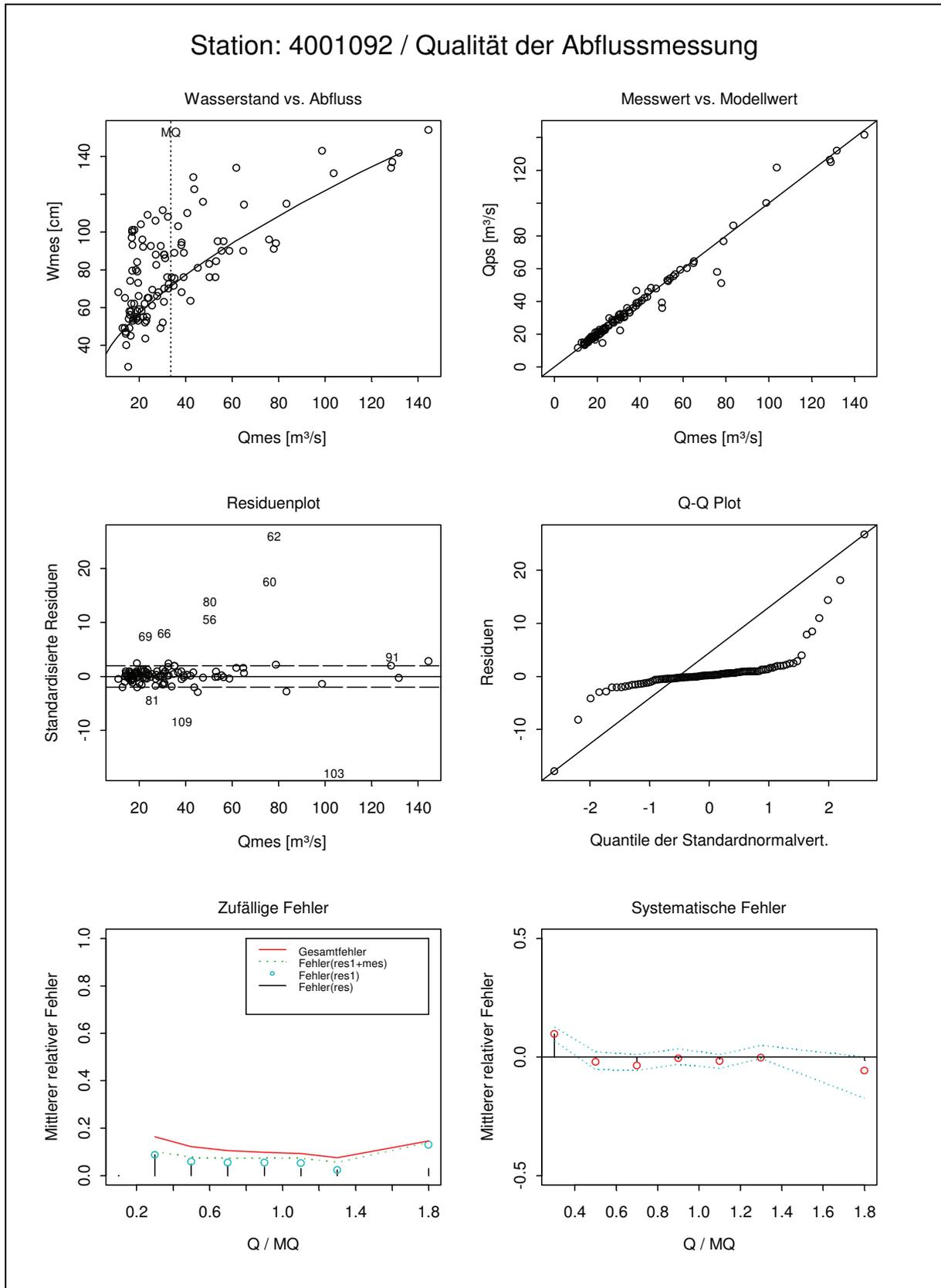


Abb. 1: Graphischer Output des Statistiktools „PSerror“ für den Pegel Fischerau / Ager. Aufgrund massiver Veränderung der Schlüsselkurve ist eine Datenplausibilitätsprüfung mittels gewöhnlicher Punktwolkendarstellung (Bild oben links) nicht möglich, Ausreißer werden hingegen im Residuenplot (mitte links) aufgezeigt. Wie im Q-Q Plot (mitte rechts) ersichtlich, ist die Normalverteilung der Residuen der Pegelschlüsselanpassung alleine durch diese Ausreißer beeinträchtigt, was im Mittel zu äußerst geringen systematischen Fehlern der Abflussreihe führt (unten rechts). Die mittleren zufälligen Fehler betragen 10-20% (unten links).

KWresult ermöglicht die Berechnung von acht Niederwasserkennwerten. Es handelt sich hierbei um $MJNQ_x$ für $x = 1, 3, 7, 10, 30$ Tage sowie die häufig verwendeten empirischen Quantile $Q_{95\%}$, $Q_{90\%}$ und $Q_{50\%}$. Aufbauend auf die mittels PSerror ermittelten Fehlerkurven wird neben den kalibrierten wahrscheinlichsten Werten erstmalig auch der mittlere Fehler als statistisches Qualitätsmaß angegeben.

Anwendung am Beispiel Oberösterreichs

Auf der Basis der oben beschriebenen Methodik wurden 168 Pegel in Oberösterreich analysiert. Hierbei wurde zunächst die Anwendbarkeit des Tools PSerror gemeinsam mit den Sachbearbeitern des Hydrographischen Dienstes Oberösterreich in der Praxis erprobt. Erfreulicherweise deckten sich die Resultate der statistischen Fehleranalyse ausgewählter Pegel mit der fachlichen Einschätzung der befaßten Sachbearbeiter. Darüber hinaus konnten einige fehlerbehaftete Werte entdeckt und korrigiert werden. PSerror könnte somit österreichweit zur Plausibilitätsprüfung der aktuellen Abflussmessungen eingesetzt werden. Hierzu müßte zuerst eine Korrektur bzw. Eliminierung von Ausreißern unter den archivierten Abflussmessungen erfolgen. Neue Abflussmessungen können dann anhand der „sauberen“ Archivdaten beurteilt werden.

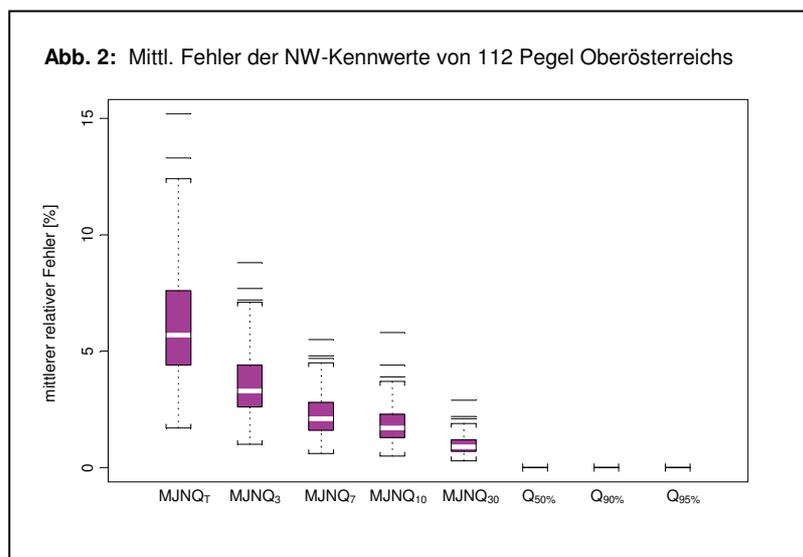


Abb. 2: Mittlerer Fehler der NW-Kennwerte von 112 Pegel Oberösterreichs

Nach der praktischen Erprobung wurde die Berechnung der Niederwasserkennwerte vorgenommen. Um vergleichbare Werte zu erhalten, wurden nur jene Stationen gewählt, die während der Standardmessperiode von 1977 bis 1996 kontinuierliche Reihen der Tagesabflüsse aufweisen. 112 Pegel bzw. 2/3 aller Stationen erfüllen dieses Kriterium. Die Resultate bestehen aus kalibrierten Erwartungswerten sowie ihren mittleren Fehlern, welche in Abbildung 2 als Boxplots dargestellt sind. Während der mittlere Fehler von $MJNQ_T$ typischerweise 4.5 bis 7.5 % der wahrscheinlichsten Werte beträgt (das entspricht einem 95%-Konfidenzintervall von $MJNQ_T \pm 9\%$ bis 15%), liegt das typische Konfidenzintervall von $MJNQ_7$ bei vergleichsweise geringen $\pm 3\%$ bis 6%.

Aufgrund ihrer mittleren Fehler wurde allen Stationen bezüglich der einzelnen Kennwerte ein Qualitätsindex zugeordnet und in eine Stationsdatenbank eingetragen. Gemeinsam mit weiteren Attributen zur Beschreibung von künstlichen Beeinflussungen, Eisbeeinflussungen und Karstbeeinflussungen, die dem Hydrographischen Jahrbuch entnommen wurden, ermöglicht der Qualitätsindex eine objektive Selektion von zuverlässigen Stationen. Im Fall von $MJNQ_T$ erfüllen nur 28 Stationen alle Qualitätskriterien. Für $MJNQ_3$ steigt die Anzahl der geeigneten Stationen auf 58, für $MJNQ_7$ auf 74, für $MJNQ_{10}$ auf 76, für $MJNQ_{30}$ auf 81 und für $Q_{x\%}$ auf 83.

Schlußfolgerungen

Sowohl $MJNQ_7$ als auch die empirischen Quantile $Q_{50\%}$, $Q_{90\%}$ und $Q_{95\%}$ erscheinen als die aus statistischer Sicht optimalen Kennwerte zur Beschreibung des Phänomens Niederwasser. Im Fall von $MJNQ_7$ weisen in Oberösterreich 74 unbeeinflusste Stationen mittlere Fehler unter 5% auf. Im Fall der empirischen Quantile betrug die Anzahl der geeigneten Stationen 83. Diese Stationen bilden eine fundierte Datenbasis für eine regionale Betrachtung von Niederwasserereignissen, die den zweiten Teil dieses Forschungsprojektes bilden wird.

Literaturhinweise

- DVWK (1983): Niedrigwasseranalyse. Teil I: Statistische Untersuchungen des Niederwasserabflusses. DVWK-Regel 120. Hamburg: Parey.
- DVWK (1992): Niedrigwasseranalyse. Teil II: Statistische Untersuchungen der Unterschreitungsdauer und des Abflussdefizits. DVWK-Regel 121. Paul Parey Verlag, Hamburg.
- GUSTARD A. et al. (1997): Low Flows and Droughts in Northern Europe. In: FRIEND (1997): Third Report 1994 – 1997. Cemagref, Antony.
- KRESSER W., KIRNBAUER R., NOBILIS F. (1985): Überlegungen zur Ermittlung von Niederwasserkenngößen. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes Nr. 54. Wien.
- LAAHA G. (1999): Statistik-Experten-Tools für Niederwasserfragestellungen. Zwischenbericht für das Hydrographische Zentralbüro. Institut für Mathematik und Angewandte Statistik, Univ. für Bodenkultur. Wien.
- NOBILIS F. (2000): Der Hydrographische Dienst In Österreich im 21. Jahrhundert. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes Nr. 79. Wien.
- ÖNORM B 2401 (1996): Durchflußmessung in offenen Gerinnen. Österreichisches Normungsinstitut. Wien.
- YEVYEVICH V. (1972): Probability and Statistics in Hydrology. Water Resources Publications. Fort Collins, Colorado, USA.

Danksagung

Die vorgestellte Arbeit wurde im Rahmen des Projektes der Abteilung für Angewandte Statistik und EDV an der Universität für Bodenkultur im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hydrographisches Zentralbüro) durchgeführt.

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Harald Strelec (Angewandte Statistik) und Dr. Viktor Weilguni (Hydrographisches Zentralbüro) für viele interessante Diskussio-

nen. Die der Studie zugrundeliegenden Daten entstammen dem Archiv des Hydrographischen Dienstes Oberösterreich sowie dem Datenarchiv HyDaMS des Hydrographischen Zentralbüros. Der Datenexport wurde durch ein von Dr. Viktor Weilguni erstelltes AZUR-Skript ermöglicht.

Anschrift des Verfassers:

Univ.Ass. Dipl.Ing. Gregor Laaha
Institut für Mathematik und Angewandte Statistik
Universität für Bodenkultur Wien
Gregor Mendel-Str. 33, A-1180 Wien

BERICHTE und MITTEILUNGEN

The Extremes of the Extremes – Symposium über außergewöhnliche Hochwasser (17. bis 19. Juli 2000; Reykjavik, Island)

In Reykjavik, Island, fand vom 17. bis 19. Juli 2000 das Symposium „The Extremes of the Extremes“ statt, welches unter dem Schirm der International Assoziation for Scientific Hydrology (IAHS) stand. Das Symposium über außergewöhnliche Hochwasser beschäftigte sich mit den Prozessen, die zu solchen Ereignissen führen, mit prähistorischen Hochwassern, mit Fallstudien, mit geomorphologischen Fragen und Umweltfragen bezüglich Hochwasserereignissen, mit statistischen Analysen von Hochwasserereignissen und deren Vorhersage sowie mit den Möglichkeiten der Verringerung dieser Katastrophenereignisse. Um das zentrale Thema des Gletscherausbruchs im Jahre 1996 in Island und der Umstände, die dabei zum größten beobachteten Abfluss geführt haben, gruppieren sich Arbeiten aus über 50 Ländern, die den 150 Teilnehmern präsentiert wurden. Technische Exkursionen rundeten das Programm ab. Die Vorträge werden in einem „Red Book“ der IAHS in Kürze publiziert werden.

MR Univ.Prof.Dr. Nobilis

Die Meteorologische Weltorganisation (WMO) und die Hydrologie

Die Meteorologische Weltorganisation (World Meteorological Organization, WMO) und ihr Bezug zur Hydrologie ist für die Hydrologen in Österreich oft nicht ganz durchschaubar. Über die internationale Hydrologie und Österreichs Aktivitäten am Beispiel WMO, UNESCO und IAHS wurde vom Verfasser ein ausführlicher Artikel publiziert (ÖWAV, Jahrgang 52 [2000], Heft 3/4, Seite 57 bis 65). Um einem weiteren Leserkreis diese Informationen - soweit sie die WMO betreffen - zugänglich zu machen, wird dieser Bezug der WMO zur Hydrologie nochmals beleuchtet.

1. Ziele und Strukturen

Die Meteorologische Weltorganisation mit dem Sitz in Genf ist die wichtigste der über 20 UN-Organisationen, die sich auch mit dem Wasser bzw. Wasserkreislauf beschäftigen. Neben der zentralen Tätigkeit für die operationellen meteorologischen Dienste zeichnet diese Organisation auch für die operationellen hydrologischen Dienste verantwortlich. Die dort zuständige Abteilung für Hydrologie und Wasserwirtschaft (Hydrology and Water Resources Department) lenkt die weltweite Kooperation im Hinblick auf Beobachtungsnetze und Datenzentren, unterstützt die Einrichtungen und Systeme für die Verteilung der Informationen, beschäftigt sich mit der Standardisierung der Daten, der einheitlichen Publikation von Beobachtungen und

sierung der Daten, der einheitlichen Publikation von Beobachtungen und Statistiken, fördert die operationelle Hydrologie und die Zusammenarbeit zwischen hydrologischen und meteorologischen Diensten und koordiniert Forschung und Ausbildung auf diesem Sektor der Naturwissenschaften.

Der Meteorologische Weltkongress (World Meteorological Congress) ist die oberste Körperschaft der Organisation. Er bringt die Delegierten aller Mitgliedsländer einmal in vier Jahren zusammen, um die generelle Strategie zur Erfüllung der Ziele der Organisation zu bestimmen. Dies bedeutet, dass jedes der 185 Mitgliedsländer einen Ständigen Vertreter (Permanent Representative), im Allgemeinen den Leiter des Meteorologischen Dienstes, und einen Hydrologischen Berater (Hydrological Advisor) hat. In Österreich sind es der Direktor der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik und der Leiter des Hydrographischen Zentralbüros im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Der Exekutivrat (Executive Council, EC):

Dieser besteht aus 36 gewählten nationalen Direktoren der Meteorologischen oder Hydrometeorologischen Dienste. Er tritt zumindest einmal im Jahr zusammen, um die vom Kongress genehmigten Programme zu überwachen. Österreich ist derzeit Mitglied des EC.

Die sechs Regionalassoziationen (Regional Associations, RA):

Diese sind jeweils aus den Ständigen Vertretern der Mitgliedsländer zusammengesetzt, deren Aufgabe es ist, die Aktivitäten innerhalb dieser Region zu koordinieren. Die WMO kennt dabei sechs Regionen (I: Afrika, II: Asien, III: Südamerika, IV: Nord- und Zentralamerika, V: Süd-West-Pazifik und VI: Europa). Zur Region VI wird aus geopolitischen Gründen auch Israel gezählt.

Die acht technischen Kommissionen (Technical Commissions, TC):

Diese bestehen aus ernannten Mitgliedern und sind entsprechend ihrem Titel (Aeronautical Meteorology, Agricultural Meteorology, Atmospheric Sciences, Basic Systems, Climatology, Hydrology, Instruments and Methods of Observations und Marine Meteorology) verantwortlich für das Studium, die Anwendung und Forschung der meteorologischen und hydrologischen operationellen Systeme. Jene für die Hydrologie wichtigste ist dabei natürlich die Kommission für Hydrologie (Commission of Hydrology, CHy).

Arbeitsgruppen (Working Groups, WG)

Die Regionalassoziationen haben entsprechend den vorher genannten technischen Kommissionen regionale Arbeitsgruppen gebildet. Für die Hydrologie in Europa ist die Working Group on Hydrology der RA VI (Europa) von Bedeutung. Der Vorsitzende dieser Gruppe ist derzeit der Leiter des Hydrographischen Zentralbüros.

Die Tätigkeit der Arbeitsgruppe fließt in die Entscheidungen der Regionalassoziation und in die Entscheidungen der Kommission für Hydrologie ein, welche die Grundlagen für die Entscheidungen des Kongresses schaffen.

2. Programme, Projekte, sonstige Aktivitäten

In den Regionen und damit weltweit betreibt die WMO eine Reihe von Programmen, die auch unter dem Aspekt des WMO-Langzeitplans (2000 bis 2009) zu sehen sind:

World Weather Watch (WWW), Instruments and Methods of Observation, Tropical Cyclone Programme, World Climate Programme, World Climate Applications and Services Programme, World Climate Data and Monitoring Programme, Public Weather Services, Agricultural Meteorology, Meteorology and Ocean Affairs, Hydrology and Water Resources (HWRP), Education and Training, Global Climate Observing System, Technical Cooperation.

Für die Hydrologie ist das wichtigste der Programme das „Hydrology and Water Resources Programme (HWRP)“, welches zuletzt beim 13. WMO Congress (Cg-XIII) im Mai 1999 angenommen wurde.

Das HWRP erfüllt einen der wichtigen Zwecke der WMO, nämlich, die Aktivitäten in der operationellen Hydrologie zu unterstützen und die enge Kooperation zwischen Meteorologischen und Hydrologischen Diensten zu stärken. Die Aktivitäten im Rahmen des HWRP konzentrieren sich auf die Erhebung hydrologischer Basisparameter aus den Netzen der hydrologischen und meteorologischen Stationen, auf die Sammlung, Verarbeitung, Speicherung und Publikation der hydrologischen Daten, wobei Daten über Quantität und Qualität sowohl von Oberflächen- als auch von Grundwasser inkludiert sind, auf die Zurverfügungstellung solcher Daten und damit zusammenhängender Informationen für die Verwendung bei der Planung und beim Betrieb von Wasserwirtschaftsprojekten und auf die Installation und den operationellen Betrieb von hydrologischen Vorhersagesystemen.

Das übergeordnete Fernziel des HWRP ist es also, die Hydrologie so anzuwenden, dass sie für eine nachhaltige Entwicklung und für den Gebrauch von Wasser als Rohstoff wertvoll ist. Zudem sollen wasserbezogene Katastrophen verringert werden und ein effektives Umweltmanagement auf nationaler und internationaler Ebene sichergestellt werden.

Die Programmstruktur von HWRP basiert auf 5 unterstützenden Komponenten:

- Programme on Basic Systems in Hydrology (inklusive HOMS und WHYCOS)
- Programme on Forecasting and Applications in Hydrology
- Programme on Sustainable Development of Water Resources
- Programme on Capacity Building in Hydrology and Water Resources
- Programme on Water-related Issues

Das HWRP wird geplant und exekutiert unter der Schirmherrschaft der Kommission für Hydrologie (CHy), die alle vier Jahre zusammentritt, um vergangene Aktivitäten zu überprüfen und Programme für die Zukunft zu beschließen.

Das HWRP beinhaltet und unterstützt einen weiten Bereich von Aktivitäten bezüglich Ausbildung und Fortbildung in der operationellen Hydrologie. Zusätzlich wird ein beträchtlicher Teil der technischen Kooperationsaktivitäten der WMO im Bereich der operationellen Hydrologie durchgeführt. Die regionalen Aspekte der Projekte, die vom HWRP abgedeckt werden, werden im Prinzip von den Arbeitsgruppen für Hydrologie im Rahmen der Regionalassoziationen implementiert.

Hydrologische Elemente finden sich auch in verschiedenen anderen WMO-Programmen. Als Beispiel können hier die hydrologischen Komponenten im Tropical Cyclon Programme, dem Education Training Programme und dem World Climate Programme dienen. Es gibt natürlich starke Verbindungen zwischen Hydrologie und Meteorologie durch die Befassung mit dem Wasserkreislauf, wobei die WMO hier gefordert ist, die enge Koordination der Methoden und Aktivitäten jener sicherzustellen, die in diese beiden Disziplinen involviert sind. In diesem Zusammenhang ist das Global Energy and Water Cycle Experiment (GEWEX) erwähnenswert. Die Internationale Vereinigung der Hydrologischen Wissenschaften (IAHS) beschickt zusammen mit der WMO eine Arbeitsgruppe für GEWEX. Es war diese Arbeitsgruppe, die vorschlug in einem großem Einzugsgebiet - ausgewählt wurde jenes des Mississippi - ein GEWEX Continental-scale International Project (GCIP) durch zu führen. Eine weitere Untersuchung über die Wasserbilanz dieses Einzugsgebietes findet sich als Teil des World Climate Research Programmes (WCRP).

In der Programmstruktur von HWRP wird speziell auf HOMS (Hydrological Operational Multipurpose System) hingewiesen. Hier hat die RA VI (Europa) eine besondere Rolle, da sie über 50 Prozent der „Komponenten“ im HOMS -Referenzhandbuch liefert und auch am Austausch besonders interessiert ist. Diese technischen Komponenten sind Softwarepakete zu speziellen hydrologischen Fragestellungen, Gerätebeschreibungen und anderes mehr, welche ohne Kosten oder zu marginalen Kosten von den jeweiligen Herstellern bezogen werden können.

Eine weitere in der Programmstruktur von HWRP genannte Komponente ist WHYCOS (World Hydrological Cycle Observing System). Hierbei geht es um das hydrologische Gegenstück zu World Weather Watch (WWW), das heißt, um die globale Erfassung und Echtzeitübertragung von Parametern im Wasserkreislauf. Dies bedeutet, dass hier ein globales Netz nationaler hydrologischer Beobachtungsstellen zur Sammlung von konsistenten Daten des Wasserkreislaufes von hoher Qualität, übertragen in Echtzeit durch das globale Telekommunikationssystem (GTS) der WMO zu nationalen und regionalen Datenbasen entstehen soll. WHYCOS wird in der Form von regionalen Komponenten entwickelt (HYCOSs), wobei es einige davon schon gibt und für die Donau ein spezielles Danube-HYCOS gerade in Diskussion steht. Dabei sollen im gesamten Donaeinzugsgebiet etwa 100 Stationen der weltweit 1000 geschätzten Basisstationen stehen, die eine Reihe von hydrologischen Parametern (Wasserstand, Wassertemperatur, Trübung, Niederschlag, Lufttemperatur u.a.m.) zu einem regionalen Zentrum, möglicherweise in Budapest, übertragen. Diese Informationen würden dann allen Donauländern in Echtzeit in einer homepage zur Verfügung stehen und sind auch als Eingangsgrößen für ein Abflussvorhersagesystem des gesamten Donauraumes vorgesehen.

Die Arbeitsgruppe für Hydrologie (Working Group on Hydrology) in Europa befasst sich mit einer Reihe von Themen, die von besonderem praktischen Interesse in der Region sind:

Hydrologische Netze, Integration und Verbindung von hydrologischen Modellen mit Gewässergütemodellen, GIS-Anwendungen in der Hydrologie, Regionale Aspekte von HOMS, Klima und Wasser, Extreme Hochwasser, Operationelle Hydrologische Referenzeinzugsgebiete, Geschiebetransport. Zudem werden die Kontakte zu anderen wichtigen Institutionen und Gruppierungen auf dem Sektor Hydrologie hergestellt, eine entsprechende homepage und der Austausch hydrologischer Daten be-

trieben. Natürlich beschäftigt sich die Gruppe auch mit Hochwasservorhersagen und Warnsystemen und hat zu diesem Zweck zusätzlich auch eine Untergruppe mit diesem Titel installiert.

Eine Aktivität der Kommission für Hydrologie unter Einbeziehung aller Arbeitsgruppen für Hydrologie ist als Ergebnis in der Resolution 25 des XIII. Kongresses 1999 zu sehen, welche sich mit dem Austausch hydrologischer Daten und Produkte beschäftigt. Dabei hat sich der Kongress im Rahmen des Möglichen und in Übereinstimmung mit den Erfordernissen der wissenschaftlichen und technischen Programme der WMO zur Erweiterung und Stärkung des freien und unbeschränkten internationalen Austauschs hydrologischer Daten und Produkte verpflichtet. „Frei und unbeschränkt“ bedeutet nichtdiskriminierend und kostenfrei. „Kostenfrei“ bedeutet im Zusammenhang mit der Resolution, dass nur Vervielfältigungs- und Lieferkosten, jedoch keine Gebühren für die Daten und Produkte selbst erhoben werden. „Austausch“ bedeutet im Zusammenhang mit dieser Resolution die Bewegung von Daten und Produkten zwischen Ländern, oder - wie es auf dem Gebiet der Hydrologie häufiger der Fall sein wird - von einem in ein anderes Land:

- (1) Die Mitgliedstaaten stellen auf freier und unbeschränkter Basis all jene hydrologischen Daten und Produkte zur Verfügung, die für die Bereitstellung von Dienstleistungen zum Schutz von Leben und Eigentum und für das Wohlergehen aller Völker notwendig sind.
- (2) Die Mitgliedstaaten stellen außerdem, soweit verfügbar, weitere hydrologische Daten und Produkte bereit, die notwendig sind zur Unterstützung von Programmen und Projekten von WMO, anderen UN-Institutionen, ICSU und anderen Organisationen mit ähnlichem Status, die sich der operationellen Hydrologie und Forschung auf dem Gebiet der Wasservorkommen auf globaler, regionaler und nationaler Ebene widmen, und die anderen Mitgliedstaaten die Bereitstellung hydrologischer Dienstleistungen in ihren Ländern erleichtern.
- (3) Die Mitgliedstaaten gewähren allen Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen für ihre nicht-gewerbliche Betätigung freien und unbeschränkten Zugriff auf alle hydrologischen Daten und Produkte, die unter der Schirmherrschaft der WMO ausgetauscht werden.
- (4) Unter Berücksichtigung der o.g. Punkte (2) und (3) können die Mitgliedstaaten Bedingungen festlegen für den gewerblichen Re-Export dieser hydrologischen Daten und Produkte außerhalb des Empfängerlandes oder der Gruppe von Empfängerländern, die eine wirtschaftliche Einheit bilden; "Re-Export" bedeutet im Zusammenhang mit dieser Resolution die materielle oder elektronische Weiterverteilung auf direktem Wege oder durch Dritte außerhalb des als Empfänger bestimmten Landes, der Gruppe von Ländern, die eine wirtschaftliche Einheit bilden, oder der regionalen und weltweiten Datenzentren.
- (5) Die Mitgliedstaaten zeigen durch das WMO-Sekretariat allen Mitgliedstaaten die hydrologischen Daten und Produkte an, die an Bedingungen geknüpft sind, wie die unter (4) genannten.
- (6) Die Mitgliedstaaten unternehmen größte Anstrengungen sicherzustellen, dass der erste und die nachfolgenden Empfänger über die vom Herausgeber an die zusätzlichen hydrologischen Daten und Produkte geknüpften Bedingungen in Kenntnis gesetzt werden.
- (7) Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass der Austausch hydrologischer Daten und Produkte gemäß dieser Resolution vereinbar ist mit der Anwendung von

Resolution 40 (Cg-XII) - Politik und Praxis der WMO für den Austausch meteorologischer und verwandter Daten und Produkte einschließlich der Richtlinien über die Beziehungen zu kommerziellen meteorologischen Aktivitäten.

Bei den Aktivitäten seien hier auch Konferenzen der WMO zu verschiedenen speziellen Themen der Hydrologie erwähnt. Eine besondere Konferenz ist dabei jene, die zum fünften Mal im Februar 1999 in Genf die WMO und die UNESCO zur Abstimmung ihrer Aktivitäten auf dem Sektor Wasser zusammengeführt hat.

Alle hier angeführten Aktivitäten sind nur ein Ausschnitt aus den für die Hydrologie wichtigen Schwerpunkten. Auch auf die Auflistung des kompletten Publikationsverzeichnisses muss verzichtet werden. Nützlich sind dabei die Publikationen der WMO wie z.B. Richtlinien für die hydrologische Praxis, Kosten-Nutzen-Untersuchungen von Netzen, Modellvergleiche u.a.m. Alle weiteren Details können auf der homepage der WMO <http://www.wmo.ch> gefunden werden.

MR Univ.Prof.Dr. Nobilis

Die Arbeitsgruppe für regionale Kooperation der Donauländer im Rahmen des IHP der UNESCO

Die hydrologische Kooperation auf Expertenebene hat im Donaauraum eine lange Tradition.

1970 startete neben den Aktivitäten im Rahmen der Konferenzen der Donauländer über hydrologische Vorhersagen und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen eine weitere Kooperation der damals acht Donau-Anliegerstaaten (Bulgarien, Deutschland, Österreich, Rumänien, Sowjetunion, Tschechoslowakei, Ungarn, Jugoslawien) im Rahmen der Internationalen Hydrologischen Dekade (IHD) der UNESCO (1965-1975), die den Zielsetzungen der IHD voll entsprach. Die ersten Initiativen zur Ausarbeitung einer umfassenden hydrologischen Monographie gingen dabei vom jugoslawischen Nationalkomitee für die IHD aus. Gleichzeitig begannen in diesem Zeitabschnitt auch die Arbeiten in der Arbeitsgruppe für wissenschaftliche Hydrologie bei der Donaukommission, welche nach einiger Zeit auf Grund von Sprachstreitigkeiten eingestellt wurden.

1975 wurden die Methoden zur Erstellung der Monographie einvernehmlich festgelegt. Es dauerte jedoch rund 10 Jahre bis auf Grund der Komplexität der Fragestellungen und der schwierigen Randbedingungen die Monographie in drei Teilen in deutscher und 1989 in russischer Sprache erschien.

Auf österreichischer Seite ist besonders die Arbeit der Vertreter des Institutes für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Wien

und der Vertreter des Hydrographischen Zentralbüros zu erwähnen. Der Inhalt dieser Monographie ist es wert, näher beleuchtet zu werden:

A) Teil 1 - Texte

Kapitel I: Physisch-geographische und wasserwirtschaftliche Charakteristik des Einzugsgebietes der Donau

Behandelt werden im Detail folgende Punkte:

1. Die naturräumliche Gliederung
 - 1.1 Lage
 - 1.2 Großräumige Einheiten des Donaueinzugsgebietes
 - 1.3 Geologischer Aufbau und geomorphologische Gliederung des Donaueinzugsgebietes
 - 1.4 Flussgeschichte der Donau
2. Die klimatischen Verhältnisse
 - 2.1 Die großräumige Luftzirkulation
 - 2.2 Regionale klimatische Gliederung
 - 2.3 Betrachtungen über einige Klimaelemente
3. Bodenverhältnisse und Pflanzendecke
 - 3.1 Böden
 - 3.2 Vegetation und Bodennutzung
4. Das Gewässernetz
 - 4.1 Allgemeine Charakteristik
 - 4.2 Die Donau
 - 4.3 Die größten Nebenflüsse der Donau
 - 4.4 Die Seen
5. Historische Entwicklung der wasserbaulichen Arbeiten
 - 5.1 Maßnahmen für die Schifffahrt
 - 5.2 Die Regulierung des Flussbettes der Donau, der Bau von Hochwasserdämmen und von Staustufen
 - 5.3 Die Wasserbauten an den bedeutendsten Nebenflüssen, Wasserspeicher, Entwässerung und Bewässerung

Kapitel II: Das hydrologische Regime der Donau und ihrer wichtigsten Nebenflüsse

Wieder seien hier die Hauptpunkte genannt:

1. Die Geschichte der hydrologischen Beobachtungen im Donaauraum
- 1.1 Die frühen hydrologischen Beobachtungen
- 1.2 Die Einrichtung staatlicher Dienststellen für hydrologische Beobachtungen
- 1.3 Die Entwicklung der hydrologischen Beobachtungen
2. Auswahl der Daten
3. Die Wasserstandsverhältnisse
- 3.1 Die Wasserstände der Donaupegel
- 3.2 Die Wasserstände an den Pegeln der Nebenflüsse
4. Die Abflussverhältnisse
- 4.1 Das mittlere Abflussverhalten
- 4.2 Die Hochwasserverhältnisse
- 4.3 Die Niedrigwasserverhältnisse
- 4.4 Übersicht und Vergleich mit anderen Stromgebieten

Kapitel III: Wasserbilanz des Donaugebietes

1. Allgemeines
2. Grundlagen
- 2.1 Die Isolinienkarten für die Wasserbilanzelemente
- 2.2 Die Gleichung der Wasserbilanz
3. Die Aufstellung der Wasserbilanzen für Teileinzugsgebiete und die Kontrolle der Abflüsse
- 3.1 Die Arbeitsschritte der Ermittlung
- 3.2 Die Auswahl der Teileinzugsgebiete
- 3.3 Ermittlung der Bilanzelemente für die Teileinzugsgebiete
- 3.4 Berechnung des Bilanzfehlers und der Abflussbeiwerte
- 3.5 Bestimmung der Abflüsse an den Donaupegeln aus den Isolinienkarten der mittleren jährlichen Abflusshöhen
- 3.6 Vergleich der beobachteten mit den aus den Isolinienkarten abgeleiteten Abflüssen
4. Die räumliche Verteilung von Niederschlag, Verdunstung und Abfluss
5. Wasserbilanz nach Staatsgebieten
- 5.1 Abgrenzung der Bilanzgebiete
- 5.2 Bestimmung der Flächen der Bilanzgebiete
- 5.3 Ermittlung der Bilanzelemente
- 5.4 Abflussbilanz für die einzelnen Staatsgebiete

Tabellen, Abbildungen, Satellitenbilder, Fotografien und Übersichtskarten zu den einzelnen Kapiteln vervollständigen diesen Text.

B) Teil 2 - Tabellen

Hier seien kurz die Tabelleninhalte angeführt:

- Alphabetisches Verzeichnis der Pegel
- Charakteristische Angaben über Wasserstände und Abflüsse an den Pegeln
- Maximale und minimale jahreszeitliche Wasserstände
- Mittlere monatliche und jährliche Abflüsse
- Monatliche und jährliche Abflüsse unterschiedlicher Wahrscheinlichkeiten
- Maximale Abflüsse (Höchstwerte)
- Minimale Abflüsse (Tagesmittel)
- Maximale Abflüsse (Tagesmittel)

C) Teil 3 - Karten

Es liegen folgende Karten im Maßstab 1 : 2 000 000 vor:

- Topographische Karte
- Geologische Karte
- Vegetationskarte
- Karte der mittleren Temperaturen
- Mittlere jährliche Niederschlagshöhen im Donau-Einzugsgebiet
- Mittlere jährliche Verdunstungshöhen im Donau-Einzugsgebiet
- Mittlere jährliche Abflusshöhen im Donau-Einzugsgebiet
- Bilanzierungs-Gebietseinheiten des Donau-Einzugsgebietes

Auf Initiative und mit Unterstützung der UNESCO konnte 1988 auch eine „repräsentative“ viersprachige Variante (Deutsch, Englisch, Französisch und Russisch) unter Kürzung der beiden ersten Kapitel, aber mit Beifügung zahlreicher Farbfotos veröffentlicht werden.

Dieses Werk war zweifellos ein Meisterwerk der Hydrologie im 20. Jahrhundert für ein großes Einzugsgebiet und ist beispielgebend, wie auch im Rahmen der Europäischen Union Probleme in Kooperation gelöst werden könnten.

Diese Arbeitsgruppe für regionale Zusammenarbeit im Rahmen des IHP der UNESCO hatte sich zwischenzeitlich von der Donaukommission gelöst und war unter die Schirmherrschaft der jeweiligen IHP-Nationalkomitees, in Österreich bei der Österreichischen Akademie der Wissenschaften angesiedelt, gekommen.

Mit Abschluss der Monographie startete 1987 die zweite Phase der Kooperation und die dritte Phase wird voraussichtlich im Jahre 2001 enden.

Es wurde dabei entschieden, die Arbeit auf spezifische Themen, die mit der Hydrologie der Donau zusammenhängen, zu beschränken. Einige Berichte davon sind schon publiziert, einige stehen knapp vor der Fertigstellung.

Die fertigen Projekte bzw. Teilprojekte seien kurz vorgestellt:

a) *Schwebstoff- und Geschieberegime der Donau*

Die Arbeit zerfällt in drei Kapitel. Zuerst wird das Schwebstoffregime der Donau von 1956 bis 1985 behandelt. Besprochen werden dabei die Ganglinien der jährlichen Schwebstofffracht an einzelnen Stationen, die anthropogenen Beeinflussungen des Schwebstoffregimes, der Jahresgang der Schwebstofffracht, die längsschnittmäßige Verteilung der Schwebstofffracht in einigen ausgewählten Jahren, die Veränderungen der Kornverteilung des Schwebstoffes und die Schwebstofffrachten der Zubringer. Außerdem werden die zur Schwebstoffmessung eingesetzten Methoden beschrieben.

Der zweite Teil behandelt das Geschieberegime der Donau von 1956 bis 1985. Dabei wird auf den Gang der jährlichen Geschiebefrachten, die anthropogenen Einflüsse auf das Geschieberegime sowie die Veränderungen der Kornverteilung des Geschiebes eingegangen. Abschließend wird die Kornverteilung des Strombettmaterials der Donau diskutiert.

b) *Temperatur- und Eisregime der Donau und ihrer wichtigeren Zubringer*

Dieses Projekt behandelt die für das Temperatur- und Eisregime bedeutenden anthropogenen Eingriffe in den verschiedenen Donauabschnitten zuerst. Anschließend werden Messmethoden und -termine, Messgeräte und das Stationsnetz für die Erstellung der Temperatur- und Eischarakteristik der Donau sowie die anthropogen begründeten Regimeänderungen besprochen.

c) *Die Furten der Donau*

Die Furten sind wichtige Elemente des Flussbettes. Ihr Entstehen, ihre Veränderung bzw. ihre Auflösung sind Kennzeichen für die im Abfluss- und Feststoffregime des Flusses als Folge natürlicher und anthropogener Ursachen eingetretenen Veränderungen.

Das Projekt beinhaltet daher die generelle Beschreibung der Furtverhältnisse der Donau im Hinblick auf morphologische Voraussetzungen, die Auswirkung des Abflussregimes, die kennzeichnenden Parameter und die Veränderung der Furtverhältnisse zwischen 1961 und 1990 sowie eine Detailbeschreibung der einzelnen Donauabschnitte.

Die unter d, e, f genannten Projekte sind Teile des Gesamtprojektes „Die Flussbettverhältnisse der Donau“

d) *Paläogeographie der Donau und ihres Einzugsgebietes*

Das „Rückgrat“ dieses Werkes bilden neun synoptische paläogeographische Karten, die jeweils die allgemeine hydrographische Situation für einen bestimmten geologischen Zeitabschnitt veranschaulichen. Sodann werden die gegenwärtigen physisch-geographischen, hydrographischen, gewässerkundlichen und politischen Verhältnisse des Donaueinzugsgebietes behandelt, damit eine Orientierung beim Studium der

paläogeographischen Entwicklung möglich ist. Kommentare mit Kartenbezug erleichtern dies.

e) *Regulierung des Donaubettes*

Behandelt werden die Ziele und Mittel der Donauregulierung, die Hochwasser-, Mittel- und Niedrigwasserregulierung und die Anlagen zur Stauregulierung. Abschließend werden die Folgen der Flussregulierung auf die Umwelt diskutiert.

Vor Fertigstellung befinden sich folgende Projekte:

f) *Langfristiges Verhalten des Niederschlages im Donaueinzugsgebiet*

Dieses Projekt hat - als Ergänzung zu Arbeiten vom rein meteorologischen Standpunkt - vor allem praktische Aspekte der Wasserwirtschaft als Aussageziel. Behandelt werden sowohl Monats- und Tagessummen des Niederschlages im Hinblick auf regionale Analysen als auch im Sinne von Periodenauswertungen.

g) *Die Koinzidenz der Hochwasser an der Donau und ihrer Zubringer*

An diesem Projekt wird „Koinzidenz“ als Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens von zufälligen Hochwasserereignissen an Donau und Zubringern betrachtet. Die statistischen Zusammenhänge werden zweidimensional betrachtet; allerdings sind viele der auftretenden „Hochwasserpaare“ vermutlich nicht unabhängig voneinander. Es werden dabei auch Scheitelwerte und Frachten auf ihre statistisch signifikanten Zusammenhänge untersucht.

h) *Regionale Analyse der Jahreshöchsthochwasser im Donaueinzugsgebiet*

Dieses Projekt versucht aus den vieljährigen Zeitreihen von 176 Stationen räumliche Verteilungen statistischer Parameter abzuleiten und Hinweise auf mögliche Extrapolationen zu Ereignissen geringer Wahrscheinlichkeit zu geben.

Die folgenden Projekte befinden sich in verschiedenen Stadien der Ausarbeitung:

i) *Aktualisierung der hydrologischen Monographie der Donau*

Dieses Projekt zerfällt in drei Teile. Der erste Teil betreffend den Kataster der wichtigsten wasserbaulichen Anlagen im Donaueinzugsgebiet ist trotz des Vorliegens der österreichischen Unterlagen noch nicht fertiggestellt. Auch der zweite Teil, die Aktualisierung des Abflussregimes, steht noch in Bearbeitung. Die größten Schwierigkeiten ergeben sich aber bei dem dritten Teil, der Aktualisierung der Wasserbilanz des Donaubeckens. Ungeachtet des möglichen Prestigegewinns für die österreichische Hydrologie und Wasserwirtschaft haben die beteiligten Ministerien in der Unterstützung dieses Projektes nur halbherzig agiert. Dies ist deshalb umso unverständlicher, da sowohl eine wissenschaftliche als auch gesellschaftspolitische Lenkungsmöglichkeit im Donaueinzugsgebiet sowohl sinnvoll als auch notwendig ist und das Wasser in seiner Verteilung in Raum und Zeit der wichtigste Rohstoff im 21. Jahrhundert, auch im Raum der Europäischen Union, sein wird.

j) *Einzugsgebietskodierung und hydrologische Bibliographie*

Diese beiden wissenschaftsbegleitenden Projekte sind eine notwendige Ergänzung, um Daten und Informationen rasch und korrekt allen Donauländern zugänglich zu machen.

Österreich hat sechs Jahre lang diese Arbeitsgruppe für die regionale Zusammenarbeit der Donauländer im Rahmen des IHP der UNESCO koordiniert (Behr, Gutknecht, Nobilis), von 1999 bis 2001 machen dies Vertreter des Nationalkomitees für das IHP der Slowakei. Diese fruchtbare Zusammenarbeit basiert auf den sogenannten „Grundsätzen“, welche die freiwillige Kooperation sicherstellt und von den Vorsitzenden der Nationalkomitees für das IHP signiert wurden.

Die Unterlagen sind für Interessierte im Hydrographischen Zentralbüro einzusehen. Ein Artikel in der Zeitschrift „Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft“ mit dem Titel „Internationale Hydrologie im Donaubecken – Organisation, Schwerpunkte, Herausforderungen“, der diese und noch weiterführende Informationen enthält, ist im Druck.

MR Univ.Prof.Dr. Nobilis

**Forum der Hydrologischen Dienste der Donauländer - 4. Treffen
(19. Mai 2000; Prag)**

Bei dem diesjährigen informellen Treffen der Leiter der Hydrologischen Dienste der Donauländer, das am 19. Mai 2000 auf Einladung des Tschechischen Hydrometeorologischen Institutes in Prag stattfand, wurden folgende Punkte behandelt:

- o Der Hydrologische Dienst im tschechischen Teil des Donaueinzugsgebietes
- o Hochwasservorhersagen in Tschechien
- o Die Arbeit am Danube-HYCOS Projekt
- o Die WMO RA VI Unterarbeitsgruppe über Hochwasservorhersage und Hochwasserwarnung
- o Hydrologische Kooperation an der Donau
- o Erfassung der Gewässergüte in Tschechien
- o Datenbasen für Wassermenge und Gewässergüte in Tschechien
- o Die XX. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen

Weiters wurden Informationen über die möglichen Anforderungen an die Wassermengendatenbereitstellung für die EU-Wasserrahmenrichtlinie diskutiert. Ein Besuch im Vorhersagezentrum des Institutes rundete den informellen Informationsaustausch ab. Das nächste Treffen wird voraussichtlich am 18. Mai 2001 in Koblenz stattfinden.

**Workshop „Wasserhaushalt und Wassergüte des Neusiedler Sees“
(10. Mai 2000; Illmitz)**

Am 10. Mai 2000 veranstalteten die Ungarische Hydrologische Gesellschaft und die Österreichische Hydrologische Gesellschaft den ersten gemeinsamen Workshop mit dem Titel „Wasserhaushalt und Wassergüte des Neusiedler Sees“ im Nationalparkzentrum in Illmitz.

Nach der Begrüßung durch die Präsidenten der beiden Gesellschaften, Prof. Dr. Ödön Starosolszky und Univ.Prof.Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Stalzer, wurden folgende Themen in drei Vorträgen behandelt:

- * Wasserhaushalt und Wasserstandsentwicklung des Neusiedler Sees
(Dipl.-Ing. J. Plattner, Wien)
- * Wassergüteuntersuchungen im Schilfgürtel des Neusiedler Sees
(Dipl.-Ing. M. Pannonhalmi, Győr)
- * Limnologische Entwicklung des Neusiedler Sees (offener See)
(Univ.Prof.Dr. A. Herzig, Illmitz)

Im Anschluss daran führte Direktor K. Kirchberger zu einigen ausgewählten Punkten im österreichischen Teil des Nationalparks Neusiedler See - Seewinkel.

Der Vortrag „Wasserhaushalt und Wasserstandsentwicklung des Neusiedler Sees“ ist in modifizierter Version als Beitrag in diesem Mitteilungsblatt enthalten.

Als Schlussfolgerungen aus den Wassergüteuntersuchungen im Schilfgürtel sind festzuhalten:

- Wasserzuleitung und bessere Durchströmung zur Behebung des Sauerstoffmangels
- Höhere Seewasserstände im Frühjahr und Frühsommer bei natürlicher Dynamik
- Erhaltung der Schilfkanäle für mehr Lebensraum (Laichplätze, ...)
- Nachhaltiges Schilfmanagement
- Reduktion der externen Belastungen

Hinsichtlich der limnologischen Entwicklung des offenen Sees ergaben die Untersuchungen:

- Für den offenen See ist bei Anwendung der strengsten hygienisch-bakteriologischen Kriterien immer eine vorzügliche Wasserqualität gegeben.
- In Schilfnähe und in den Schilfkanälen sind unterschiedliche Belastungen festzustellen. Entsprechende Maßnahmen zur Reduktion der Belastungen wurden eingeleitet.
- Aus limnologischer Sicht ist der Neusiedler See als mesotroph einzustufen.

Diesem ersten gemeinsamen Workshop, an dem etwa 50 Personen aus Ungarn und Österreich teilnahmen, soll spätestens im Jahre 2002 ein weiterer Workshop in Ungarn folgen.

MR Dr. F. Pramberger

Die „Lagekoordinaten“ des Hydrographischen Zentralbüros im Laufe seiner Geschichte

Anlässlich der Übersiedlung des Hydrographischen Zentralbüros (HZB) vom 3. in den 2. Stock, Marxergasse 2, 1030 Wien, im Frühjahr 2000, wurden die Lagekoordinaten des HZBs im Laufe der Geschichte erhoben. Seit 75 Jahren gehört das HZB zum Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in der jeweiligen Organisationsform des Ministeriums; die Dienstgeber und die Lokalitäten haben jedoch in den ersten Jahrzehnten häufig gewechselt. Nachstehend sei kurz die Fluktuation dieser „Lagekoordinaten“ skizziert:

1893: Wasserbau-Department des Ministerium für Inneres

1893: Salvatorgasse 12, 1010 Wien

1896: Drahtgasse 2, 1010 Wien

1901: Herrengasse 7, 1010 Wien

1908: Staatsamt für Öffentliche Arbeiten

1908: Porzellangasse 33a / Lichtensteinstraße 46 a, 1090 Wien

1919: Staatsamt für Handel und Gewerbe

1923: Stubenring1, 1010 Wien

1925: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft

1925: Wipplingerstraße 8 / Judenplatz 11, 1010 Wien

1932: Marxergasse 2, Mezzanin, 1030 Wien
(Seite zum Autobusbahnhof)

1939: Wasserwirtschaftsstelle für das Untere Donaugebiet

1940: (Auflösung des Landwirtschaftsministeriums)
Arbeit im Einvernehmen mit der Landesanstalt für Gewässerkunde und
Hauptnivellement in Berlin

1940: Theresianumgasse 31, 1040 Wien
(Nuntiatur)

1945: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft

1945: Dr. Karl Lueger-Ring 14, 1010 Wien

1947: Marxergasse 2 (3. Stock), 1030 Wien

1952: Stubenring 1, 1010 Wien
1958: Marxergasse 2 (3. Stock), 1030 Wien

2000: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

2000: Marxergasse 2, 1030 Wien (2. Stock)

Zwischen 1958 und 2000 waren folgende Umsiedlungen geplant, die jedoch sinnvollerweise unterblieben:

Hahngasse, 1090 Wien
Stubenring 12, 1010 Wien
Mariahilfer Straße, 1060 Wien
Rennweg, 1030 Wien
Ferdinandstraße, 1020 Wien

Seit der Gründung 1893 bis 1. April 2000 gab es daher 13 Übersiedlungen. Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer betrug 7,6 Jahre bei insgesamt 8 Dienstgebern.

MR Univ.Prof.Dr. Nobilis

MR Dipl.-Ing. Hans Schimpf – 80 Jahre

In voller Frische vollendete am 14. September 2000 MR Dipl.-Ing. Hans Schimpf sein 80. Lebensjahr. Mit Ende des Jahres 1980 war der damalige Leiter des Hydrographischen Zentralbüros in den Ruhestand getreten. Er hatte in den 21 Jahren in dieser Funktion die Entwicklung der österreichischen Hydrographie maßgeblich geformt und mit größtem Verantwortungsbewusstsein und Weitblick gesteuert. Einen ganz besonderen Schwerpunkt seiner Tätigkeit bildeten schließlich seine Arbeiten zur Erstellung eines Entwurfes des Hydrographiegesetzes, welches mit der Ausgabe am 16. Februar 1979 einen Meilenstein für den Hydrographischen Dienst in Österreich setzte.

Es mögen ihm noch viele Jahre in guter Gesundheit verbleiben, die er seiner Familie und der Hydrographie widmen kann.

MR Univ.Prof.Dr. Nobilis

PERSONALIA

Hydrographisches Zentralbüro

MR Dipl.-Ing. Jürgen Spörg im Ruhestand

Mit 31. Juli 2000 trat der stellvertretende Abteilungsleiter und Leiter des Referates „Zentrale Aufgaben für den Hydrographischen Dienst“, MR Dipl.-Ing. Jürgen Spörg,

in den Ruhestand. 1938 in Dresden geboren, studierte er an der TU Wien Bauingenieur und wurde 1967 im damaligen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft aufgenommen. 1981 wurde er Referatsleiter, 1983 zum Ministerialrat und 1995 zum Abteilungsleiter-Stellvertreter ernannt. Als Experte bei der Donaukommission und bei der Leitung des Referates, speziell der Budgetangelegenheiten des gesamten Dienstes, konnte er alle seine überaus positiven Eigenschaften voll zur Geltung bringen. Er wird uns, das lässt sich im Namen aller Kolleginnen und Kollegen feststellen, sehr fehlen. Wir hoffen aber, dass er uns im Rahmen der Österreichischen Gesellschaft für Hydrologie noch lange erhalten bleibt.

Frau ADir Reg.Rat Hannelore Rippl wurde vom Herrn Bundespräsidenten der Berufstitel Hofrat verliehen. Das diesbezügliche Dekret wurde am 29. Juni 2000 von Herrn Bundesminister Mag Molterer überreicht.

Mit 1. August 2000 wurde MR Dipl.-Ing.Dr. Franz Pramberger zum Stellvertreter des Abteilungsleiters und zum Leiter des Referates „Zentrale Aufgaben für den Hydrographischen Dienst“ bestellt.

Ebenfalls mit 1. August 2000 wurde Rat Dipl.-Ing. Peter Lorenz zum Leiter des Referates „Oberflächenwasser und Feststoffe in vorwiegend Flach- und Hügellandgebieten“ und Beamter Dr. Viktor Weilguni zum Leiter des Referates „Niederschlag, Lufttemperatur und Verdunstung“ bestellt.

Seit 1. August 2000 ist Frau Univ.Ass. Dipl.Hydr. Dr. Gabriele Müller dem Hydrographischen Zentralbüro dienstzugeteilt und arbeitet im Referat „Oberflächenwasser und Feststoffe in vorwiegend alpinen Gebieten“.

Hydrographischer Dienst für Kärnten

Mit 1. Juni 2000 wurde Frau Ingrid Berger neu aufgenommen

Hydrographischer Dienst für Niederösterreich

Hofrat Dr. Albert Damm im Ruhestand

Herr Dr. Damm trat 1967 in den Hydrographischen Dienst für Niederösterreich ein und widmete sich frühzeitig dem Aufbau des Niederschlagsmessnetzes. Mit Juli 1987 wurde er zum Abteilungsleiter-Stellvertreter ernannt. Sein Aufgabenbereich umfasste die Leitung des Sachgebietes Niederschlag, Lufttemperatur und Verdunstung sowie die Abwicklung des Hochwasservorhersagedienstes. Mit 30. Juni 2000 trat Herr HR Dr. Albert Damm in den Ruhestand.

Wirkl.HR Dipl.-Ing. Alfred Gaismayer wurde zum Stellvertreter des Abteilungsleiters bestellt.

Hydrographischer Dienst für Oberösterreich

Herr Dr. Lennart-Rüdiger Schmeiss wurde zum Hofrat ernannt.

Herr Herbert Hofmanninger ist mit 1. September 2000 neu eingetreten und wurde dem Sachgebiet Oberflächenwasser zugeteilt.

Hydrographischer Dienst für Salzburg

Am 1. August 2000 wurde Herr Stefan Schrofner aufgenommen (Messdienstgehilfe).

Hydrographischer Dienst für Steiermark

OBR Dr. Ernst Fabiani im Ruhestand

Mit 31. April 2000 trat der Leiter der Hydrographischen Landesabteilung für Steiermark, Oberbaurat Dr. Ernst Fabiani, in den Ruhestand. Er war mit 1. Jänner 1986 zum Leiter bestellt worden und konnte seine reiche Erfahrung im Bereich der wasserwirtschaftlichen Planung, bei der Bearbeitung der mit Quellvorkommen und Karstwasserfragen zusammenhängenden Agenden sowie bei der Erarbeitung der Grundlagen für die Wassergewinnung aus dem Bereich Hochschwab, aus dem Leibnitzer Feld und dem Unteren Murtal fruchtbringend für die neue Funktion einbringen. In zahlreichen Verfahren war er als hydrogeologischer Amtssachverständiger auch mit diesem Problemkreis vertraut geworden. In die Zeit seiner Tätigkeit als Leiter des Hydrographischen Dienstes für Steiermark fiel der Aufbau der elektroni-

schen Datenverarbeitung, ein umfangreicher Ausbau des Messstellennetzes und des Fernmeldenetzes sowie der Fernmeldezentrale.

Wir haben sein persönliches Engagement und seine Kontaktfreudigkeit immer geschätzt und hoffen, dass dieser Kontakt auch in dem ihm nun wohl vergönnten Ruhestand nicht abreißt.

OBR Dr. Günther Suetter – neuer Leiter der Hydrographischen Landesabteilung für Steiermark

Mit 1. Mai 2000 wurde OBR Dr. Günther Suetter zum neuen Leiter der Hydrographischen Landesabteilung für Steiermark bestellt. Seine reiche Erfahrung im Rahmen der wasserwirtschaftlichen Planung und wasserwirtschaftlichen Vorsorge ist Garantie für eine gedeihliche Zusammenarbeit in der Zukunft. Alle Kolleginnen und Kollegen im Hydrographischen Zentralbüro und in den anderen Hydrographischen Landesdienststellen freuen sich darauf, gemeinsam mit ihm und seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern die Problemstellungen aus dem Hydrographiegesetz zum Wohle aller zu lösen.

Für den mit 31.12.1999 in den Ruhestand getretenen TFI K. Cujez ist mit 1.3.2000 Herr Horst Jungwirth in den Personalstand des Hydrographischen Dienstes eingegliedert worden. Er wird im Sachgebiet Oberflächenwasser bei Abflussmessungen, Stationsbetreuung und Datenauswertung eingesetzt.

Herr Horst Jungwirth ist mit 1. März 2000 neu eingetreten und wurde dem Sachgebiet Oberflächenwasser zugeteilt.

Verzeichnis der staatlichen Hydrographischen Dienststellen in Österreich

Hydrographisches Zentralbüro, Marxergasse 2, A-1030 Wien,
Tel.: 01/71100/Kl., Fax: 01/71100/6851

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Hydrologie, WA5, Landhausplatz 1, A-3109 St. Pölten,
Tel.: 02742/200/Kl., Fax: 02742/200/3040

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Hydrographischer Dienst, Kärntner Straße 12, A-4020 Linz,
Tel.: 0732/6584/Kl., Fax: 0732/6584/2411

Amt der Salzburger Landesregierung, Fachabteilung Wasserwirtschaft, Referat 6/64 - Hydrographischer Dienst, Postfach 527, A-5010 Salzburg,
Tel.: 0662/8042/Kl., Fax: 0662/8042/4199

Amt der Tiroler Landesregierung, Landesbaudirektion, Abteilung VIh - Sachgebiet Hydrographie, Herrengasse 1/II, A-6010 Innsbruck,
Tel.: 0512/508/Kl., Fax: 0512/508/4205

Landeswasserbauamt Bregenz, Hydrographischer Dienst, Jahnstraße 13-15,
A-6900 Bregenz,
Tel.: 05574/511/Kl., Fax: 05574/511/4309

Amt der Kärntner Landesregierung, Hydrographischer Dienst, Völkermarkter Ring
29,
A-9021 Klagenfurt,
Tel.: 0463/536/Kl., Fax: 0463/536/31828

Hydrographische Landesabteilung für Steiermark, Postfach 630, Stempfergasse 7,
A-8010 Graz,
Tel.: 0316/877/Kl., Fax: 0316/877/2116

Amt der Burgenländischen Landesregierung, Hydrographischer Dienst, Landhaus-
Neu, Freiheitspl. 1, A-7000 Eisenstadt,
Tel.: 02682/600/Kl., Fax: 02682/600/2789

Magistrat der Stadt Wien, MA 45 - Hydrographischer Dienst, Wilhelminenstraße 93,
A-1160 Wien,
Tel.: 01/4000/Kl., Fax: 01/48829/997290

Wasserstraßendirektion, Abteilung Wasserwirtschaft, Hydrographischer Dienst,
Hetzgasse 2, A-1030 Wien
Tel.: 01/7180990/Kl., Fax: 01/7134070

REDAKTIONSHINWEISE

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

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 veröffentlichten Beitrag auch nachträglich nicht an anderer Stelle zu publizieren.

Für den Inhalt der Beiträge sind die Verfasser allein verantwortlich.

Die zu beachtenden „formalen Vorgaben“ für Veröffentlichungen im Mitteilungsblatt werden auf Anfrage übermittelt.
