Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 101 (1983)
Heft: 48

Artikel: Niederschlagskarten für den Kanton Zürich
Autor: Grebner, Dietmar / Göldi, Christian
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-75242

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ausserdem konnte beim mittleren weichen Lager, mit welchem ein wassergeschmiertes Gummilager simuliert wurde, unter bestimmten Bedingungen ein «Rattern» festgestellt werden, welches mit ungefähr halber Drehfrequenz erfolgt.

Metallschlauch

Gegenstand der Untersuchung war der wellrohrförmig ausgebildete *Federkörper* eines Metallschlauches. Zur Aufnahme von Dehnungen bei Rohrleitungssystemen in der Haustechnik in der Verfahrens- und Maschinentechnik spielen diese weitverbreiteten Bauteile eine wichtige Rolle. Sie werden häufig auch als *Schwingungs- und Körperschalldämpfer* eingesetzt. Das Dämpfungsverhalten ist durch die Eigenfrequenzen des Federkörpers massgeblich beeinflusst. Auf einem zu diesem Zwekke entwickelten Prüfstand können Durchlaufanalysen des sinusförmig angeregten Prüflings durchgeführt werden (Bild 8). Dabei wird der Frequenzgang der Kraftübertragung gemessen. Das elastische und das Trägheitsverhalten des Federkörpers können durch das Berechnungsmodell eines stabartigen Systems von Federkörpern simuliert werden, wobei der Einfluss der Schubsteifigkeit und der Drehträgheit berücksichtigt wird.

Die vorstehend beschriebene und programmierte Berechnungsmethode erlaubt, die *Eigenfrequenzen* zu berechnen. Dabei ergibt sich eine gute Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung, und zwar bis zu Schwingungszahlen höherer Ordnung (Bild 9). Die Interpretation der Eigenschwingungsformen zeigt, dass der Federkörper eine von der herkömmlichen Biegeschwingung abweichende Schwingung ausführt (Bild 10). Wegen der gegenüber der geringen Biegesteifigkeit überwiegenden Drehträgheit des Querschnittes entsteht eine charakteristische *Schaukelbewegung* (Bild 10).

Die eigentlichen Stab-Biegeschwingungen- deren Schwingungszahlen in den einschlägigen Normen der Hersteller dieser Produkte [5] zu finden sind – scheinen bedeutungslos zu sein. Der Einfluss der auf dem Federkörper aufliegenden äusseren Umflechtung ist Gegenstand von weiteren Untersuchungen.

Literaturverzeichnis

[1] *Haefeli, H.G.:* «Zur Reihenentwicklung der Lösungsfunktionen eines linearen zeitinvarianten Gleichungssystems.» Die höhere technische Bildung am Zentralschweizerischen Technikum Luzern, Luzern/Horw 1977

[2] *Zurmühl, R.:* «Ein Matrizenverfahren zur Behandlung von Biegeschwingungen nach der Deformationsmethode». Ingenieur-Archiv XXXII. Band 1963

[3] *Zurmühl, R.:* Matrizen und ihre technischen Anwendungen. 3. Aufl. Springer-Verlag, 1961

[4] *Eggenberger, E.; Zampino, A.; von Holzen, R.; Tanner, F.; Ritter, P.:* «Kritische Drehzahlen von Rotoren und Eigenfrequenzen von Trägern (Programm Swing-Krit).» Schulische Arbeiten 1971/73/76 am Zentralschweizerischen Technikum Luzern

[5] Standards of the Expansion Joint Manufacturers, Inc. 5. Edition 1980 EJMA, White Plains, New York 10604

Adresse des Verfassers: Prof. *P. Ritter*, dipl. Ing. ETH, Vorsteher der Abteilung Maschinentechnik, Zentralschweizerisches Technikum Luzern, 6048 Horw.

Niederschlagskarten für den Kanton Zürich

Von Dietmar Grebner und Christian Göldi, Zürich

Für den Kanton Zürich wurde 1936 und erneut im Jahr 1943 eine Karte mit den mittleren Jahresniederschlägen sowie 1933 bzw. 1943 eine Karte mit den grössten Tagesniederschlägen seit 1893 erarbeitet. Im vorliegenden Bericht wird eine neue Ausgabe dieser Karten erläutert. Sie entstanden anhand der Messperiode 1881–1979. Die Beschreibung gibt die Kriterien für die Auswahl der verwendeten Stationen, die Behandlung lückenhafter Messreihen, Abschätzungen des Einflusses von Inhomogenitäten und die Analysenmethode wieder. In der Diskussion werden Hinweise für die Interpretation der Karten gegeben. Angaben über die Genauigkeit der Messungen, die Abhängigkeit der Niederschlagsmengen von der Orographie und vor allem über die Bedeutung der Isolinien in der Karte der grössten Tagesniederschläge sollen zur geeigneten Anwendung beitragen.

Einleitung

Um *Wasserbauanlagen mit genügender Sicherheit bemessen* zu können, ist unter anderem die Kenntnis der lokalen und regionalen Niederschlagsverhältnisse von ausschlaggebender Bedeutung, da der Niederschlag in seiner räumlichen und zeitlichen Verteilung zu den wesentlichsten Faktoren für die *Grösse des Abflusses in den Gewässern* zählt. Die erforderlichen Informationen setzen umfangreiche Messungen und deren Auswertung nach verschiedenen Gesichtspunkten voraus.

In der *Schweiz* werden glücklicherweise seit vielen Jahrzehnten, vor allem durch die *Schweizerische Meteorologische Anstalt* (SMA), in einem dichten Netz von Beobachtungsstationen Niederschlagsmessungen durchgeführt. Die meisten Messungen erfolgten mit sogenannten *Tagessammlern*, in denen die Summe der täglichen Niederschläge erfasst wird. Messungen mit *Regenschreibern*, die den *Verlauf* der Regenereignisse registrieren, wurden hingegen nur an wenigen, ausgewählten Stationen durchgeführt.

Die Bemühungen, dieses umfangreiche Datenmaterial in geeigneter Form zusammenzufassen und darzustellen und damit dem Ingenieur gesicherte Grundlagen zur Projektierung und Bemessung von Wasserbauten zur Verfügung zu stellen, gehen vor allem auf [*Kropf*, 1944; *Hörler*, 1960; *Hörler, Rhein*, 1962] zurück.

Für den Kanton Zürich erstellte das *kantonale Meliorations- und Vermessungsamt* im Jahre 1933, gestützt auf 62 Messstationen, eine Karte der mittleren Jahressummen und 1936, gestützt auf 56 Stationen, eine Karte der grössten Tagesniederschläge seit 1893. Im Jahre 1943 erschienen für beide Karten Neubearbeitungen, die auf 65 Messstationen basierten und die Messperiode von 1893 bis 1942 umfassten. In neuester Zeit wurden von *Zeller, Geiger* und *Rötlisberger* [1977, 1978] neben anderen auch für einige Stationen im Kanton Zürich und seiner näheren Umgebung die Niederschlagsdaten, insbesondere von 1901 bis 1970, *extremwertstatistisch* ausgewertet und in Tabellen und Diagrammen dargestellt.

Zur weiteren Ergänzung der vorhandenen Daten und Darstellungen erteilte das Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich der *Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie* der *ETH Zürich* den Auftrag, die Karten der mittleren Jahressummen und der grössten Tages-

Gewitterregen über dem oberen Zürichsee (12. Apr. 1983). – Aus einer Gewitterwolke können in kurzer Zeit extrem hohe Niederschlagsmengen fallen. Zerstörende Folgen bleiben aber meist aus, da der Regen durch die Zugbewegung des Gewitters über eine grössere Fläche «verstrichen» wird.

niederschläge im Kanton Zürich erneut zu bearbeiten. Diese Karten sollen mit den übrigen Grundlagen ein Instrument bilden, um die Phänomene von Niederschlag und Abfluss besser erfassen zu können.

Daten

Länge der verwendeten Messreihen

Für die beiden Karten wurden die Niederschlagsmessungen aus der Periode 1881 bis 1979 (99 Jahre) verwendet. Die Schweizerische Meteorologische Anstalt publiziert zwar Niederschlagsdaten seit 1864. Aber erst etwa ab 1881 ist die Stationsdichte im Kanton Zürich für die Betrachtung der räumlichen Niederschlagsverteilung ausreichend. Ausserdem sind die erforderlichen Niederschlagsdaten ab 1881 in den «Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Central-Anstalt» gut zugänglich. Den Abschluss der verwendeten Messperiode bildete das letzte, bei Arbeitsbeginn vollständig EDV-mässig erfasste Jahr. Gegenüber 1943 umfassen die Messreihen für die neuen Karten also bis zu 49 weitere Messjahre.

Stationen

Die neuen Karten sollen ausser der Information über die Niederschlagsverteilung auch eine möglichst vollständige Übersicht über die im Kanton Zürich und in einem Randstreifen zwischen 1881 und 1979 betriebenen Niederschlagsmessstationen geben. Ausgenommen sind Pluviographenstationen, deren Messungen nicht in Form von Tagessummen vorlagen. Eine Zusammenstellung dieser Stationen ist in *Göldi* [1977] zu finden.

Messstationen im *Randstreifen* um den Kanton wurden herangezogen, um die Isolinien (hier: Linien, die Orte mit gleichen Niederschlagswerten verbinden) gesichert bis zur Kantonsgrenze zeichnen zu können. Die Breite des Randstreifens hing vom Netz der Stationen mit ausreichend langen und guten Messreihen ab. Sie beträgt etwa 10 km. Gesamthaft sind in jeder der beiden Karten 114 Stationen mit einem Stationspunkt markiert.

Es ist noch zu erwähnen, dass für die Zeit vor etwa 1942 Standortverlegungen verschiedentlich nicht eindeutig klärbar waren. Bei sechs bekannten Verlegungen des Messortes liessen sich die Teilperioden zu durchgehenden Messreihen zusammenfügen. In den Karten sind die Stationspunkte jeweils am Messort mit der längeren Teilperiode eingetragen.

Datenquellen

Die Niederschlagsdaten und die meisten Positionsangaben der Messstationen wurden aus den verschiedenen Datensammlungen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt bezogen.

1881–1900:
Die Jahressummen und die jährlich grössten Tagesniederschläge (mit Datum) stammen aus den «Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Central-Anstalt».

1901–1940:
Von 1901 an können die Tagesniederschläge, die Jahressummen und die jährlich grössten Tagesniederschläge von einem Teil der Stationen einer von der SMA am Rechenzentrum der ETHZ geführten Datenbank entnommen werden. Die nicht EDV-mässig erfassten Daten wurden aus den «Ergebnissen der täglichen Niederschlagsmessungen» bezogen.

1941–1968:
Ab 1941 sind die Messreihen weiterer Stationen auf der Datenbank erhältlich. Die noch nicht EDV-mässig erfassten Daten wurden aus den «Ergebnissen der täglichen Niederschlagsmessungen» bezogen.

1969–1979:
Die Datenbank umfasst ab 1969 das gesamte Niederschlagsmessnetz.

Methoden

Homogenität der Messreihen

Wegen der vielfältigen Ursachen, die zu *Inhomogenitäten* von Niederschlagsmessreihen führen (Veränderungen der Messbedingungen z.B. durch Stationsverlegungen, Gerätewechsel, ...), sind vor allem *längere* Reihen fast immer inhomogen. Die den beiden Karten zugrunde liegenden Messreihen wurden mit Hilfe von *Doppelsummenkurven* (die aufsummierten Werte einer zu prüfenden Messreihe werden in einem Diagramm gegenüber den aufsummierten Werten einer Vergleichsreihe aufgetragen) auf ihre Homogenität hin geprüft. Als Vergleichsreihe diente jeweils ein aus mehreren Stationsreihen gebildetes Mittel. Im Fall der Jahressummen bestand die gemittelte Reihe aus den Messreihen von zehn und im Falle der grössten Tagesniederschläge von 14 Stationen. Diese Referenzreihen erwiesen sich als annähernd homogen; sie sind gleichmässig über den Kanton Zürich verteilt und haben keine Messlücken.

Jedes homogene Teilstück einer Doppelsummenkurve wurde auf 99 Jahre verlängert und mit dem 99jährigen Wert der gesamten Doppelsummenkurve verglichen. Im Fall der Jahressummen erreichen die Abweichungen durchschnittlich etwa ± 6% und liegen im Einzelfall mit vernachlässigbaren Ausnahmen unter ± 8%.

In den Doppelsummenkurven der jährlich grössten Tagesniederschläge lassen sich ähnliche Abweichungen feststellen. Die unterschiedlichen Steigungen von Teilperioden mit wenigstens fünf Jahren Dauer verursachen also absolute Schwankungen um das langjährige Tagesmaximum von höchstens ± 10 mm. Beim überwiegenden Teil der Stationen sind nur bis ± 6 mm zu beobachten.

Angesichts der relativ geringen Unsicherheiten, die sich aus den Inhomogenitäten ergeben, wurden die Reihen nicht homogenisiert. Gegebenenfalls

Erklärungen zur Karte der grössten Tagesniederschläge im Kanton Zürich

1) Die Karte enthält mit wenigen Ausnahmen alle für die Periode 1881 bis 1979 (= 99 Jahre) im Kanton Zürich und einer schmalen Umgebungszone aufgefundenen Stationen. Die Ausnahmen sind: Birmensdorf ZH (in Betrieb seit 1958), Sihlsee-Ost, Gross, Sihlsee-Wärterhaus, Willerzell, Morgarten sowie Pluviographenstationen, deren Registrierungen nicht in Tagessummen ausgewertet vorlagen.

   Bei 6 bekannten Stationsverlegungen liessen sich die Messreihen als durchgehend betrachten: Thundorf-Thundorf, Wängi-Hunzikon, Hochfelden-Bülach, Zürich MCA-Zürich MZA/SMA, Hausen-Ebertswil-Hausen, Schöfflisdorf-Oberweningen. Sie sind in der Karte mit nur einem Stationspunkt vertreten.

   Gesamthaft stützt sich die Karte auf folgende Anzahl Stationen und Messperioden:

Symbol	*Messdauer*	*Stationen*		
		im Kanton	*ausser Kanton*	*Total*
a) ●	50-99 Jahre*	30 (85**)	36 (90**)	66
b) ○ mit Zahl	<50 Jahre	26 (29**)	23 (24**)	49
c) ○ ohne Zahl	nicht verwendet	5	3	8
Total ohne (c)				115 (62**)

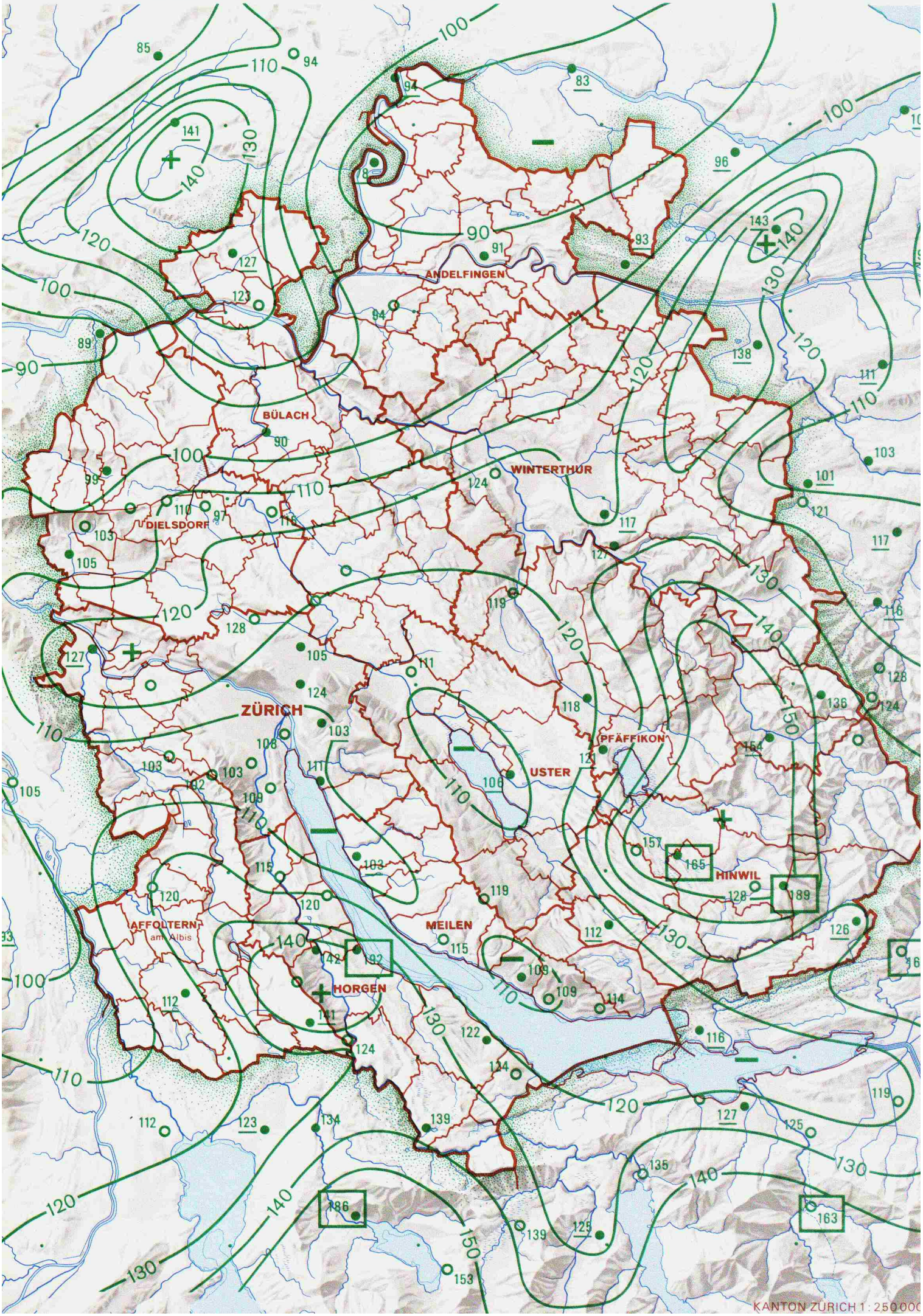
* : bei Stationen mit 95-99 Messjahren ist der Messwert unterstrichen
**: mittlere Messdauer in Jahren

2) Für alle Stationen (ausser 1c) mit weniger als 99 Messjahren wurde mit Hilfe von vollständigen Messreihen ein, bezüglich 99 Jahre, grösster Tagesniederschlag berechnet (extrapoliert). Die Extrapolation beruht auf der Verhältnismethode. Da der berechnete Wert kleiner sein kann als der grösste gemessene, wurde in die Karte nicht grundsätzlich der berechnete, sondern stets der grössere von beiden eingetragen.

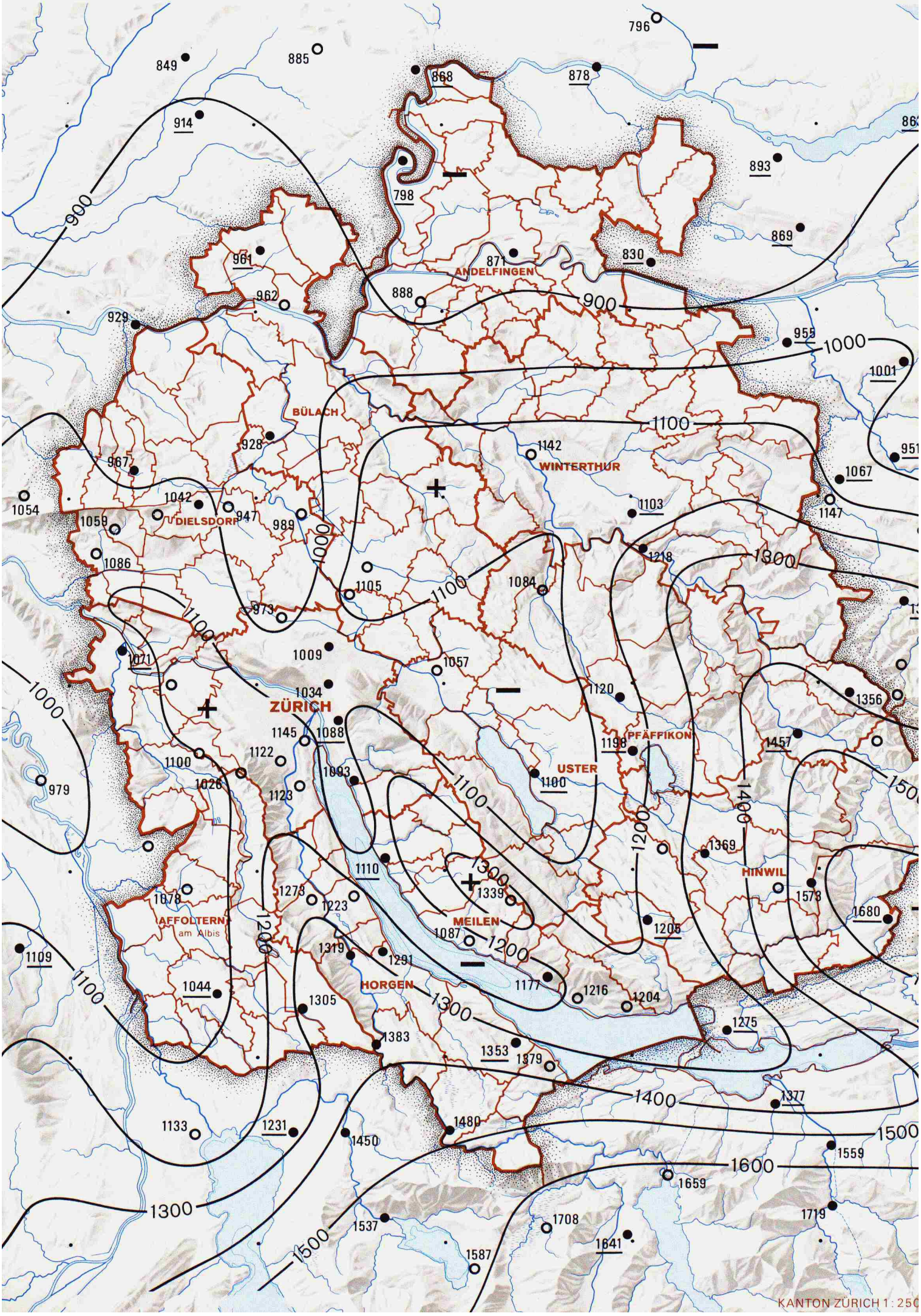
3) Die Isohyetenanalyse stützt sich im wesentlichen auf die Niederschlagswerte. Ergänzend wurde der Einfluss der Geländeerhebungen (Orographie) auf die räumliche Niederschlagsverteilung berücksichtigt. Für die Darstellung der Karte gilt folgendes:
   a) die Isohyeten sind in Stufen von 10 mm gezeichnet;
   b) der höchste mit einer Isohyete dargestellte Wert ist 150 mm;
   c) □ kennzeichnet Stationen mit einem Wert von 160 mm oder mehr (im Kanton: Horgen 192 mm, Bachtel 189 mm, Hinwil 165 mm; ausserhalb des Kantons: Unterägeri 186 mm, Rempen 163 mm, Goldingen 162 mm);
   d) in einzelnen Fällen wurden die Werte von Stationen mit sehr kurzen Messreihen nicht berücksichtigt, sofern sie sich nicht durch eine vertretbar glatte Führung der Isohyeten erfassen liessen.

Weitere Angaben sind in einem umfassenden Bericht enthalten:
Grebner, D., Göldi, Ch. (1983): «Niederschlagskarten für den Kanton Zürich»; Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft. 48, S. 1141.

Grösste Tagesniederschläge [mm] im Kanton Zürich zwischen 1881 und 1979



Mittlere Jahresniederschläge [mm] im Kanton Zürich für den Zeitraum 1881–1979



Erklärungen zur Karte der mittleren Jahresniederschläge im Kanton Zürich

1) Die Karte enthält mit wenigen Ausnahmen alle für die Periode 1881 bis 1979 (= 99 Jahre) im Kanton Zürich und einer schmalen Umgebungszone aufgefundenen Stationen. Die Ausnahmen sind: Birmensdorf ZH (in Betrieb seit 1958), Sihlsee-Ost, Gross, Sihlsee-Wärterhaus, Willerzell, Morgarten sowie Pluviographenstationen, deren Registrierungen nicht in Tagessummen ausgewertet vorlagen.

   Bei 6 bekannten Stationsverlegungen liessen sich die Messreihen als durchgehend betrachten: Thundorf-Thundorf, Wängi-Hunzikon, Hochfelden-Bülach, Zürich MCA-Zürich MZA/SMA, Hausen-Ebertswil-Hausen, Schöfflisdorf-Oberweningen. Sie sind in der Karte mit nur einem Stationspunkt vertreten.

   Gesamthaft stützt sich die Karte auf folgende Anzahl Stationen und Messperioden:

Symbol	*Messdauer*	*Stationen*		
		im Kanton	*ausser Kanton*	*Total*
a) ●	50-99 Jahre*	32 (86**)	39 (88**)	71
b) ○ mit Zahl	<50 Jahre	24 (28**)	19 (25**)	43
c) ○ ohne Zahl	nicht verwendet	5	4	9
Total ohne (c)				114 (64**)

* : bei Stationen mit 95-99 Messjahren ist der Messwert unterstrichen
**: mittlere Messdauer in Jahren

2) Für alle Stationen (ausser 1c) mit weniger als 99 Messjahren wurden die Reihen der Jahressummen ergänzt (extrapoliert) und dann die 99jährigen Mittel bestimmt.
   Die Extrapolation beruht auf dem Vergleich (Regression) der unvollständigen Messreihe mit einer vollständigen Bezugsreihe. Als Bezugsreihe für die zu ergänzende Reihe einer Station galt das arithmetische Mittel aus den Jahressummenreihen der 3 nächstliegenden von insgesamt 10 Bezugsstationen. Die 10 Bezugsstationen besitzen 99jährige, homogene Messreihen und wurden so ausgewählt, dass sie möglichst gleichmässig über den Kartenausschnitt verteilt liegen.

3) Die Isohyetenanalyse stützt sich im wesentlichen auf die Niederschlagswerte. Ergänzend wurde der Einfluss der Geländeerhebungen (Orographie) auf die räumliche Niederschlagsverteilung berücksichtigt. Für die Darstellung der Karte gilt folgendes:
   a) die Isohyeten sind in Stufen von 100 mm gezeichnet;
   b) in einzelnen Fällen wurden die Werte von Stationen mit sehr kurzen Messreihen nicht berücksichtigt, sofern sie sich nicht durch eine vertretbar glatte Führung der Isohyeten erfassen liessen.

Weitere Angaben sind in einem umfassenden Bericht enthalten:
Grebner, D., Göldi, Ch. (1983): «Niederschlagskarten für den Kanton Zürich»; Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft. 48, S. 1141.

fanden die Ergebnisse des Homogenitätstests beim Zeichnen der Isolinien Beachtung.

Fehlende Messwerte

Als fehlende Messwerte sind folgende Erscheinungen zu verstehen:

a) Sammelmesswert über mehrere Tage
b) fehlende Messwerte:
   - während einem oder mehreren Tagen
   - während einem oder mehreren Monaten
   - während Jahren.

Für die beiden gesuchten Informationen – Jahresmittelwert und grösster Tagesniederschlag in der bearbeiteten Zeitspanne – und je nach Art der Messlücke wurden unterschiedliche Interpolationsverfahren angewendet.

Sammelwerte über mehrere Tage sind in der Datei (Datensammlung) der Datenbank bereits durch die SMA auf die Einzeltage aufgeteilt, in den verwendeten gedruckten Dateien hingegen nicht. Für die Jahressummen stellen Sammelwerte keine Lücken dar. Für die jährlich grössten Tagesniederschläge wurden die Sammelwerte mit Hilfe von Nachbarstationen nur dann auf Einzeltage verteilt, wenn in dieser Periode der Jahreshöchstwert vermutet werden musste.

Ein- oder mehrtägige Lücken sind in der Datei der Datenbank meist interpoliert. In den gedruckten Dateien sind diese Lücken meist nicht interpoliert. Für die Jahressummen wurde mit Hilfe von Nachbarstationen der Betrag über die gesamte Lücke geschätzt und eingesetzt. Konnte ausgeschlossen werden, dass einer der Tage den Höchstwert des Jahres enthielt, blieb die Lücke hinsichtlich der grössten Tagesniederschläge unberücksichtigt. Andernfalls wurden eintägige Lücken mit Hilfe von Nachbarstationen interpoliert. Der interpolierte Wert galt aber nur dann als Jahresmaximum, wenn er die übrigen hohen Tagesniederschläge des Jahres deutlich überstieg. Im Grenzfall oder bei mehrtägigen Lücken blieb der Tageshöchstwert des betreffenden Jahres vorläufig weiter unbekannt.

Ein- oder mehrmonatige Lücken sind in den verwendeten Dateien zum Teil in den Jahressummen interpoliert. Noch bestehende Lücken von bis zu drei Monaten wurden für die Jahressummen im allgemeinen geschlossen. Alle übrigen Jahre galten vorläufig als fehlend; nicht zuletzt deshalb, weil Reihen mit grossen Lücken auch Zweifel an der Messqualität aufkommen lassen. Für den grössten Tagesniederschlag galt ein solches Jahr nur dann als Lücke, wenn aufgrund aller übrigen Stationen das Tagesmaximum dieses Jahres in der Lücke nicht ausgeschlossen werden durfte.

Fehlende Jahre in einer Stationsreihe wurden für die Jahressummen durch Vergleich (Regression) mit den drei nächstliegenden, lückenlosen Stationsreihen bestimmt. Da bei zunehmender, interpolierter Messlücke auch die Unsicherheit (das Konfidenzintervall) zunimmt, wurden Stationen mit weniger als 50 Messjahren in der Karte besonders gekennzeichnet. Die 99jährigen Jahresmittel von Stationen mit 50 bis 90 Messjahren wurden noch stichprobenweise mit der Verhältnismethode [*Rainbird*, 1967] bestimmt. Das 99jährige Tagesmaximum wurde bei Stationsreihen mit fehlenden Messjahren ebenfalls mit der Verhältnismethode ermittelt.

Kartendarstellung und Isohyetenanalyse

In den Karten sind sämtliche im abgebildeten Ausschnitt zwischen 1881 und 1979 von der SMA betriebenen Stationen eingetragen (siehe Quellenbeschreibung). Die Lage des Stationspunktes entspricht den aufgefundenen Koordinatenangaben. Bei verschiedenen Koordinaten, aber gleichbleibenden Stationsnamen wurden die jüngsten Angaben verwendet. In nicht entscheidbaren Fällen oder bei fehlenden Angaben wurde der Stationspunkt in die jeweilige Ortsmitte gelegt.

Zur Information über die Anzahl verwendeter Messjahre der Stationen wurde folgende *Einteilung* getroffen:

1) Stationen mit 50 bis 99 Messjahren sind mit einem Stationspunkt markiert;

2) bei Stationen mit 95–99 Messjahren ist zusätzlich der Niederschlagswert unterstrichen.

3) Stationen mit weniger als 50 Messjahren sind mit einem Stationenkreis markiert;

4) bei Stationen mit weniger als zehn Messjahren ist in der Karte der mittleren Jahressummen kein, in der Karte der grössten Tagesniederschläge nur dann ein Wert angegeben, wenn ihre Messperiode auf Jahre fiel, in denen die Höchstwerte der Nachbarstationen auftraten;

Die Analysen, d.h. die räumlichen Interpolationen für die *Isohyeten* (Linien, die Orte mit gleichen Niederschlagsmengen verbinden) wurden von Hand ausgeführt. Sie stützen sich im wesentlichen auf die Niederschlagswerte. Zusätzlich wurde der Einfluss der Geländeerhebungen (Orographie) auf die räumliche Niederschlagsverteilung berücksichtigt. Man geht davon aus, dass die Niederschlagsmenge an einem Ort von der Höhenlage *und* von der Exposition, der Orientierung und ähnlichen Parametern der Messstelle abhängt. Zeichnet man die mittlere Beziehung zwischen Niederschlagsmenge und Höhenlage der Stationen, dann ergeben sich für bestimmte Regionen und Teilbereiche davon typische Abweichungen [*Peck, Brown*, 1962], die als Interpolationshilfe herangezogen werden können.

Eine weitere Entscheidungshilfe für die Lage und auch für die Glättung der Isohyeten wurde subjektiv von der Messdauer und aus der Homogenitätsuntersuchung abgeleitet. Als Mass für die Glättung der Isohyeten galt die Bedingung, dass nur Rauigkeiten unterdrückt werden sollten, die kleiner sind als die typische, horizontale Länge (Scale) der Orographie.

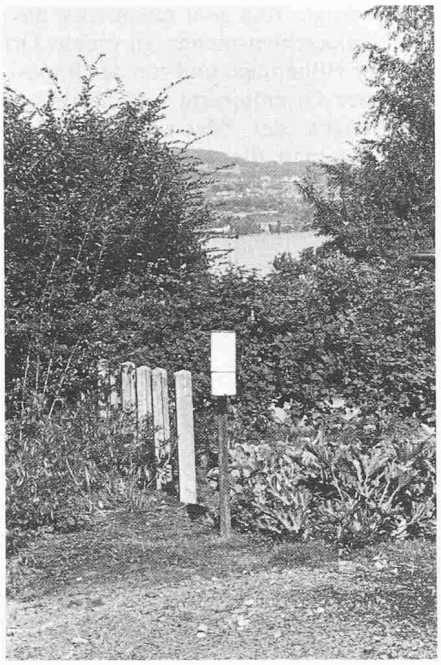
Resultate

Die nach vorgehender Beschreibung neu entwickelten Karten (siehe Beilage) der mittleren Jahresniederschläge bzw. der grössten Tagesniederschläge im Kanton Zürich werden vom *Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich* im Massstab 1:250 000 aufgelegt. Auf den Kartenrückenseiten gibt eine Kurzbeschreibung Auskunft über die Randbedingungen und den Inhalt der Darstellungen.

Diskussion

Bei der Datenerhebung wurden die Pluviographenstationen der Kläranlagen bzw. des Tiefbauamtes der Stadt Zürich nicht berücksichtigt. Diese Einschränkung der Messnetzdichte kann jedoch als gering angesehen werden. Viele der Pluviographen stehen in der Nähe von Niederschlagsstationen des Klimanetzes der SMA, und bis auf zwei Ausnahmen sind die Pluviographen erst seit 4 bis 18 Jahren in Betrieb. Da ihre Aufzeichnungen im allgemeinen nicht systematisch ausgewertet werden, wäre der damit verbundene, erfahrungsgemäss hohe Arbeitsaufwand mit dem Informationsgewinn nicht zu rechtfertigen.

Entgegen den üblichen Empfehlungen wurden auch kurze Messreihen auf die allen Stationen gemeinsame 99jährige Periode extrapoliert. Die Repräsentativität solcher Werte wird zu einem gewissen Teil durch die Isohyetenanalyse eingestuft. Da die Orte mit kurzen Messreihen (< 50 Jahre) durch offene



Niederschlagsmessplatz der Station Horgen mit genormtem Tagessammler des Klimamessnetzes der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (445 m ü.M.). – Hier wurde am 20. Mai 1906 mit 192 mm der grösste Tagesniederschlag im Kanton Zürich seit 1881 gemessen.

Messplatz der Station Wald-Faltigberg (908 m ü.M.). Der in der Sammelkanne (siehe rechte Hand des Beobachters) aufgefangene Niederschlag wird alle 12 Stunden in ein Messglas umgeschüttet und die Menge an einer Skala abgelesen. – Die gut windgeschützte Station besitzt im Zeitraum 1881–1979 den grössten mittleren, gemessenen Jahresniederschlag im Kanton Zürich (1680 mm).

Stationspunkte dargestellt sind, bleiben sie für den Benützer der Karten erkennbar.

Mit der zunehmenden Leistungsfähigkeit der Computer konnten während der letzten Jahre die objektiven Methoden zur räumlichen Interpolation wesentlich verbessert werden. Zur Zeit der Kartenentwicklung stand aber am Rechenzentrum der ETHZ nur ein Interpolationsmodell ohne Berücksichtigung des Geländeeinflusses zur Verfügung. Deshalb wurde aus Gründen des Aufwandes die *Handanalyse* der beiden Karten einer numerischen Analyse mit vorherigen Geländeanpassung des bestehenden Modells vorgezogen. Die Nachteile der Handanalyse sind bekannt. Ihre positiven Eigenschaften machen sie aber bis heute zu einer praktikablen Methode: es sind in kurzer Zeit viele, auch subjektive Informationen verarbeitbar; hinreichend definierte Randbedingungen machen die Analyse weitgehend nachvollziehbar; die Abhängigkeit von der Qualität einer Einzelstation und von der Messnetzdichte ist weniger streng als bei automatischen Verfahren.

Sieht man von der Messdauer der Stationen ab, dann liegt für die Untersuchung eine Netzdichte von etwa einer Station je 30 km² vor, mit einem mittleren Stationsabstand von knapp 7 km. Für den angestrebten Massstab der Karten kann diese Dichte als meist hinreichend angesehen werden.

Karte der mittleren Jahresniederschläge

Die neue Karte gibt im wesentlichen die Mengen und die Verteilung der Karte von 1943 wieder. Offensichtliche *Unterschiede* in der Niederschlagsverteilung sind lediglich *im Raum Winterthur/Andelfingen/Opfikon, zwischen Greifensee und Pfannenstiel* sowie *im Bereich Zürichsee/Sihlsee/Zugersee* zu erkennen. Ursache für diese Unterschiede sind vermutlich das heute umfangreichere Datenmaterial und ein stärkerer Bezug der neuen Analyse zur Orographie. Aus meteorologischer Sicht bringt die Karte das bekannte Bild: Zunahme der Niederschlagsmengen mit der Höhe und an Luvseiten der Hügel, Zunahme der Niederschlagsmengen mit abnehmender Distanz zum Gebirge im Falle von Stationen in gleicher Höhenlage [*Uttinger*, 1948; *Uttinger*, 1967; Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheins, 1978].

Bei der Verwendung der Karte ist zu beachten, dass der *systematische Niederschlagsfehler* in den Daten *nicht korrigiert* ist. Die Messwerte können also, je nach der Gesamtheit aller Eigenschaften einer Station, etwa 10% und mehr zu klein sein [*Sevruk*, 1981].

Karte der grössten Tagesniederschläge

Die neue Karte der grössten Tagesniederschläge weicht zum Teil erheblich von der Darstellung aus dem Jahre 1943 ab, insbesondere bei den Niederschlagsmengen. Die umfangreicheren Messreihen enthalten bis etwa 100 mm höhere Tagesmaxima (Horgen: früher 88 mm, neu 192 mm). Von 41 verglichenen Stationen unterscheiden sich die Tagesmaxima der Messreihen der Periode 1881–1979 von denen der Periode 1893–1942 nur bei zehn Stationen um weniger als + 5 mm. Im Mittel sind die Tagesmaxima der 41 Stationen in der neuen Karte um wenigstens 20% höher. Ein genauerer Wert lässt sich nicht angeben, da in der alten Karte die Tagesmaxima von neun Stationen auf den Wert 1,45×M reduziert sind (M: Mittel aus zweit- und drittgrösstem Tageswert zwischen 1893 und 1942). Diese Reduktion sollte einen unübersichtlichen Isohyetenverlauf durch isolierte Spitzenwerte vermeiden. Eine ähnliche Massnahme war bei der neuen Bearbeitung einerseits nicht erforderlich, da das allgemeine Niveau der Tagesmaxima relativ zu den Spitzenwerten angestiegen ist, und anderseits nicht erwünscht, da gerade die Höchstwerte die gesuchte Information darstellen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden aber die Isohyeten nur bis zum Wert 150 mm gezeichnet. Besondere Spitzenwerte oberhalb dieser Schwelle sind durch einen Rahmen hervorgehoben.

In der räumlichen Verteilung der Tageshöchstwerte unterscheiden sich die beiden Karten etwas weniger markant, da die Standorteigenschaften (Höhenlage, Exposition usw.) wie schon bei den Jahressummen einen gewissen Einfluss ausüben. Der Zusammenhang zwischen Standort, d.h. zwischen Orographie, und grossen Niederschlagsmengen ist aber in einem Gebiet von der Grösse des Kantons Zürich weniger eng als bei den Jahressummen. Er äussert sich am ehesten in der Häufigkeit grosser Niederschlagsmengen. Einerseits kann die Hebung der Luft an einem Hang, auch mehrmals am Tag, die auslösende Ursache für Schauer sein, anderseits können Landregen durch Stauwirkung an einem Hang länger und intensiver ausfallen als über hindernisfreien Gebieten. Ausschlaggebend für grosse Niederschläge sind aber in erster Linie der Zustand und die Vorgänge in der Atmosphäre. Ein Beispiel dafür ist der grossflächige Starkniederschlag vom 7./8. Aug. 1978. Damals entstand der wesentliche Teil der Niederschläge in der Atmosphäre oberhalb von etwa 2000 m ü.M.; der orographisch bedingte Niederschlagsanteil war von untergeordneter Bedeutung [*Grebner*, 1980].

Verglichen mit der Karte der mittleren Jahressummen ist der Karteninhalt der grössten Tagesniederschläge wesentlich komplexer. Mit entsprechend grösserer

Vorsicht müssen sie interpretiert werden:

a) Die in der Karte wiedergegebenen Tagesniederschläge sind reine Lokalwerte. Soweit sie nicht interpoliert wurden, traten sie zu unterschiedlichen Zeiten und bei verschiedenen atmosphärischen Abläufen auf. So erhielten z.B. nur am 21.9.1968 und am 7.8.1978 gleichzeitig mehrere der 99jährigen Stationsreihen ihren grössten Tagesniederschlag.
Die Isohyeten sind also eine optische Hilfe, um die Übersicht zu erleichtern. Sie fassen Zonen zusammen, in denen während der bearbeiteten Messperiode ein bestimmter Tageshöchstwert aufgetreten ist und wieder erwartet werden kann; sie verdeutlichen die räumlichen Unterschiede, insbesondere die unterschiedlichen Gradienten. Die Isohyeten dürfen nicht planimetriert werden, um daraus einen grössten, gemessenen täglichen Gebietsniederschlag zu bestimmen. Die lokalen Messwerte sind in flacheren Gebieten bestenfalls für eine Umgebung von etwa 25 km² [WMO, 1973] und in orographisch komplexeren Gebieten für etwa 10 km² [*Zeller* u.a., 1977] repräsentativ. Auf weiträumigere Umgebungen darf nur geschlossen werden, wenn der entsprechende Einzelfall, d.h. die räumliche Niederschlagsverteilung und der Niederschlagscharakter (Schauer-, Flächenniederschlag), bekannt ist, z. B. 7./8. Aug. 1978. Insbesondere dürfen Gebietsniederschläge nur aus Einzelfällen bestimmt werden. Für solche Zwecke sei an die Beschreibungen von besonderen Starkniederschlägen in [Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Central-Anstalt ab 1873] und auf die Zusammenstellungen solcher Fälle in [*Grütter*, 1966; *Courvoisier*, 1981] erinnert. Gebietsniederschläge für Regionen und Flussgebiete der Schweiz, auf der Basis arithmetischer Mittel, sind berechnet in [*Lemans*, 1981].

b) Die verwendeten Tagesniederschläge wurden und werden täglich zu einem fixen Zeitpunkt gemessen. Durch diesen Rhythmus verteilt sich die Niederschlagsmenge eines Ereignisses oft auf zwei (oder mehr) Tage. 24stündige Niederschlagssummen, deren Messbeginn auf den Niederschlagsanfang gelegt wird, sind deshalb im allgemeinen höher als die Tagesniederschläge mit festen Messzeiten. Der Unterschied beträgt etwa 14% [*Jennings*, 1952; weitere Literaturhinweise in: *Sevruk* und *Geiger*, 1981].

Die Station Bachtel ist mit 1110 m ü.M. der höchstgelegene Niederschlagsmessplatz im Kanton Zürich. Aufgrund der Gipfellage sind die Messungen besonders dem störenden Einfluss des Windes ausgesetzt. Um diesen Einfluss möglichst klein zu halten, werden die Regenmesser in solchen Fällen mit einem Windschutzring versehen.

Literatur

[1] *Courvoisier, H.W.* (1981): «Starkniederschläge in der Schweiz in Abhängigkeit vom Druck-, Temperatur- und Feuchtefeld»; Veröffentlichung der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, Nr. 42

[2] *Göldi, Ch.* (1977): «Hydrologische Stationen im Kanton Zürich»; Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

[3] *Grebner, D.* (1980): «Starkregensituation vom 7./8. August 1978 im Schweizer Alpenraum; Entwicklung, Bewertung und Vorhersagbarkeit»; Interprävent 1980 (S. 215–224), Bad Ischl

[4] *Grütter, M.* (1966): «Die bemerkenswertesten Niederschläge der Jahre 1948–1964 in der Schweiz»; Veröffentlichung der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, Nr. 3

[5] *Hörler, A.* (1960): «Die Intensitäten der Starkregen in der Schweiz und ihre Anwendung in der Kanalisationstechnik»; Verbandsbericht Nr. 70/2 des VSA

[6] *Hörler, A., Rhein, H.R.* (1962): «Die Intensitäten der Starkregen in der Schweiz»; Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie, Vol. XXIV, Fasc. 2

[7] Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheins (1978). Das Rheingebiet, Hydrologische Monographie, Blätter C 11, C 12.1 bis C 12.12; Niederländischer Staatsverlag, Den Haag

[8] *Jennings, A.H.* (1952): «Maximum station precipitation for 1, 2, 3, 6 12 and 24 hours»; Part III. US. Dep. Commerce, Weather Bur. Tech. Pap., 15, Washington

[9] *Kropf, A.* (1944): «Auswertung von 30jährigen Aufzeichnungen der Regenintensitäten der MEZ»; Schweizerische Bauzeitung Bd. 123

[10] *Lemans, A.M.* (1981): «Niederschlag, 13. Teil»; Klimatologie der Schweiz, Heft 27, Schweizerische Meteorologische Anstalt

[11] *Peck, E.L., Brown, M.J.* (1962): «An approach to the development of isohyetal maps for mountainous areas»; Journal of Geophysic Research, 67, Nr. 2 (p. 681–694)

[12] *Rainbird, A.F.* (1967): «Methods of estimating areal average precipitation»; WMO – Nr. 3

[13] *Schüepp, M.* (1976): «Niederschlag 9.–12. Teil»; Klimatologie der Schweiz, Heft 16, Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt.

[14] *Sevruk, B., Geiger, H.* (1981): «Selection of distribution types for extremes of precipitation»; WMO – Nr. 560

[15] *Sevruk, B.* (1981): «Methodische Untersuchungen des systematischen Messfehlers der Hellmann-Regenmesser im Sommerhalbjahr in der Schweiz»; Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Nr. 52

[16] Schweizerische Meteorologische Anstalt, 1864–1979; Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt

[17] *Uttinger, H.* (1948): «Niederschlagskarte der Schweiz, 1:500 000»; Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt

[18] *Uttinger, H.* (1967): «Klima und Wetter II»; Atlas der Schweiz, Blatt 12, Eidgenössische Landestopographie, Wabern-Bern

[19] *Uttinger, H.* (1962): «Niederschlagsstunden in Zürich»; Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt

[20] *Uttinger H.* (1965): Niederschlag 1.–3. Teil; Klimatologie der Schweiz, Heft 5, *Uttinger, H.* (1966). Niederschlag 4. Teil; Klimatologie der Schweiz, Heft 6, *Uttinger, H.* (1970). Niederschlag 5.–8. Teil; Klimatologie der Schweiz, Heft 10, Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt

[21] WMO (1973). Manual for estimation of probable maximum precipitation; WMO – Nr. 332

[22] *Zeller, J., Geiger, H., Rötlisberger, G.* (1977, 1978): «Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes»; Eidgenössische Anstalt für forstliches Versuchswesen, Birmensdorf

c) Die Niederschlagswerte in der Karte sind bezüglich des systematischen Messfehlers nicht korrigiert. Eine ungefähre Fehlergrösse ist hier kaum angebbar.

d) Die Niederschlagswerte sind, trotz der beachtlichen Länge der Messreihen, nicht als eine Art oberer Grenzwerte für Tagesmengen aufzufassen. Am Beispiel der Station Zürich MZA zeigt sich, dass für die meisten Stationen noch durchaus wesentlich höhere Werte möglich sind. Dort wurden 1876 172 mm und 1878 137 mm gemessen (Karte: etwa 110 mm). Da für die Entstehung extremer Niederschlagsmengen die Atmosphäre den wichtigsten Faktor darstellt, kann man im Kanton Zürich für eine erste, grobe Abschätzung des oberen Grenzwertes davon ausgehen, dass der höchste Tageswert in der Karte (Horgen: 192 mm) an jedem Ort auftreten kann.

e) Es handelt sich in der Karte um gemessene Werte oder um rekonstruierte Messwerte der Periode von 1881 bis 1979 und nicht um 99jährige Werte im Sinne der Extremwert-Statistik. Über Auftrittswahrscheinlichkeiten von Niederschlagsmengen können nur entsprechende statistische Analysen Auskunft geben. Sie sind in einer weiteren Bearbeitung vorgesehen. Bereits bestehende statistische Untersuchungen für einige Stationsreihen finden sich in [*Uttinger*, 1962, 1965, 1966, 1970; *Schüepp*, 1976; *Zeller, Geiger, Rötlisberger*, Band 2 1977, Band 3 1978].

Bemerkung

Die umfangreiche Datenverarbeitung wurde von Herrn dipl. Ing. ETH F. Kobelt, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETHZ, ausgeführt. Bei Fragen in der Datenerhebung, insbesondere zu den Stationschroniken erhielten wir von der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt stets interessierte Unterstützung. Wir danken für diese Zusammenarbeit sowie den Herren E. Roth und J. Grüninger, Meliorations- und Vermessungsamt des Kantons Zürich, für die Reinzeichnungen und den Herren PD Dr. H. Lang, Dr. U. Moser, VAW der ETHZ, und G. Keller, AGW, für ihre kritischen Anmerkungen.

Adressen der Verfasser: *D. Grebner*, Dipl.-Meteorologe, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zentrum, 8092 Zürich; *Ch. Göldi*, dipl. Ing. ETH, Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich, Abt. Gewässerunterhalt, Walchetor, 8090 Zürich.

Beckenretention

Von Willi H. Hager, Zürich

Speicherbecken im Wasserbau, in der Abwasser- und Bewässerungstechnik haben die Aufgabe, anfallende Hochwassermengen aufzunehmen und sicher abzuleiten. Die Retentionsvorgänge werden anhand dreier verschiedener Ausflusstypen studiert, graphisch ausgewertet und anhand eines Beispiels illustriert. Der Begriff der Retentionsfähigkeit wird eingeführt. Er gestattet eine einfache Abschätzung der zu erwartenden Spiegelschwankungen im Becken sowie der Ausflusscharakteristik aus dem Speicher.

Hydraulic aspects of flood routing through a reservoir are presented. The results are shown graphically for three different types of outlet structures. An example illustrates the calculation procedure. The introduced term "critical retention" allows a simple estimation of flood routing effects on the reservoir.

Grossvolumige Behälter spielen in der modernen Wasserwirtschaft eine nicht zu unterschätzende Rolle, sei es als *Speicherbecken im Wasserbau*, als *Ausgleichsbecken in der Bewässerungstechnik* oder als *Regen- oder Klärbecken* in der Abwassertechnik. Die Füllungs- und Leerungsvorgänge in diesen Behältern sind abhängig von der Beckengeometrie, der Zu- und Ausflusscharakteristik sowie der Abflussdynamik. Im folgenden wird versucht, die Beckenretention anhand einfacher Modellvorstellungen nachzubilden, die sich ergebenden Beziehungen zu lösen und sie in einer übersichtlichen Form darzustellen.

Die Retentionsgleichung

Instationäre Bewegungsabläufe in offenen Gerinnen werden bei Annahme hydrostatischer Druckverteilung durch die erweiterten *Gleichungen von de Saint-Venant* für den eindimensionalen Abfluss beschrieben. Sie lauten für verschwindenden seitlichen Zu- oder Ausfluss nach *Dracos*.

$$(1) \qquad \frac{\partial v}{\partial t} + v\frac{\partial v}{\partial x} + g\frac{\partial h}{\partial x} = g\,(J_s - J_r)$$

$$(2) \qquad \frac{\partial A}{\partial t} + v\frac{\partial A}{\partial x} + A\frac{\partial v}{\partial x} = 0$$

mit $v = Q/A$ als mittlerer Geschwindigkeit, Q als zeitlich und örtlich variabler Durchfluss, A als Durchflussquerschnitt, g als Erdbeschleunigung, x als Ortskoordinate, t als Zeit, J_s, J_r als Sohlen- und Energielinienneigung. Für gegebene Rand- und Anfangsbedingungen lassen sich aus den Gleichungen (1) und (2) die beiden Gesuchten $h(x, t)$ und $v(x, t)$ in Funktion von Ort und Zeit angeben.

Retentionsprobleme zeichnen sich durch *instationäre Bewegungen in grossräumigen Behältern* aus. Die mittleren Fliessgeschwindigkeiten v sowie deren örtliche und zeitliche Änderungen sind sehr klein. Gleichung (1) reduziert sich deshalb auf

$$(3) \qquad \frac{\partial h}{\partial x} = J_s,$$

der Beckenspiegel ist horizontal.

Gleichung (2) lässt sich auch durch

$$(4) \qquad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

ausdrücken. Die zeitliche Änderung der Durchflussfläche entspricht der negativen örtlichen Änderung des Durchflusses. Da nach Gleichung (3) der Bekkenspiegel horizontal ist, also h und somit auch A lediglich von der Zeit abhängen, lässt sich $\partial A/\partial t$ ersetzen durch dA/dt. Im Becken selbst treten zudem keine Änderungen in Q auf, $\partial Q/\partial x$ lässt sich deshalb umschreiben zu $\Delta Q/\Delta x$, wobei Δx die Beckenlänge bezeichnet und ΔQ gleich der Differenz von Zu- und Beckenausfluss ist. Gleichung (4) lautet deshalb in Retentionsbecken

$$(5) \qquad \frac{dA}{dt} = -\frac{\Delta Q}{\Delta x}$$

Diese Beziehung lässt sich noch weiter umformen, wenn man bedenkt, dass die Zunahme der Querschnittsfläche gleich dem Produkt $dA = Bdh$ mit B als Querschnittsbreite auf der Höhe des Wasserspiegels ist. Ausgedehnt auf die gesamte Beckenlänge erhält man somit

$$(6) \qquad \frac{dh}{dt} = \frac{Q_z - Q_{ab}}{F}$$

mit $F = F(h)$ als Beckenoberfläche, Q_z als Zuflussmenge und Q_{ab} als Ausflussmenge.