

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 42

Artikel: Gebietsniederschläge im Thurgau
Autor: Dall'O, Anita / Grebner, Dietmar
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-86029>

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: 03.04.2026

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

Gebietsniederschläge im Thurgebiet

Der Gebietsniederschlag ist eine wichtige Eingangsgrösse in ein Abflussmodell und damit wichtig für die Abfluss- und Hochwasserprognose. Bestimmende Elemente sind dabei die Niederschlagsmengen, ihre räumliche Ausdehnung sowie die Häufigkeit ihres Auftretens. In Anbetracht des flächenhaften, zeitlich variierenden Charakters des Gebietsniederschlags ist die Verfügbarkeit von nur Punktmessungen zu international festgelegten Zeiten problematisch.

Ziele der Arbeit

In einer kürzlich am Geographischen Institut der ETH ausgeführten Diplomarbeit [1] wurden Gebietsniederschläge

VON ANITA DALL'O UND
DIETMAR GREBNER,
ZÜRICH

im Thurgebiet untersucht. Da die Möglichkeit für aufwendige Interpolationen nicht immer gegeben ist, war ein Ziel der Arbeit, für das Einzugsgebiet der Thur zwischen interpolierten, räumlichen Mengen und messbaren Werten Beziehungen herauszufinden, die als Faustformel Abschätzungen von Gebietsniederschlägen zulassen.

Um Erfahrungswerte über die räumliche Ausbreitung extremer Ereignisse zu erhalten, sollte als weiteres Ziel für verschiedene Dauern die Flächen-Mengen-Abhängigkeiten bestimmt werden.

Ein drittes Ziel der Untersuchungen waren meteorologische Analysen der in der Referenzperiode aufgetretenen stärksten Niederschlagsereignisse. Ergebnisse dazu werden nachfolgend nur sehr abgekürzt wiedergegeben.

Das Einzugsgebiet der Thur

Die Thur ist der erste grössere linksseitige Zufluss des Rheines unterhalb des Bodensees (Bild 1). Der höchste Punkt ist der Säntisgipfel mit 2503 m Höhe, der tiefste Punkt befindet sich an der Abflussmessstelle bei Andelfingen mit 356 m ü.M. (vgl. Bild 1).

Entsprechend dem hydrographischen Messnetz wurden die Untersuchungen nach den beiden Teileinzugsgebieten bis Halden einerseits und Halden bis Andelfingen andererseits gegliedert durchgeführt. Die Fläche des oberen Einzugsgebietes bis Halden beträgt 1085 km². Das anschliessende Zwi-

schengebiet bis zur Hydrographenstation bei Andelfingen, 9 km vor der Mündung in den Rhein, umfasst 611 km². Insgesamt erreicht damit das Thurgebiet 1696 km².

Daten

Für die Niederschlagsuntersuchungen wurden ausschliesslich Daten der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) benutzt. Das Niederschlagsmessnetz der SMA erfasst die tägliche Niederschlagsmenge, welche in der Zeitspanne zwischen 6 UTC (Weltzeit) und 6 UTC + 24 h anfällt. Einige automatische Stationen (ANETZ-Stationen) der SMA registrieren den Niederschlag in kürzeren, beispielsweise in 1-Stunden-Schritten. Im Thurge-

biet befanden sich in der Referenzperiode (April 1981 bis November 1988) zwei automatische von insgesamt 36 bis 37 Niederschlagsmessstationen mit Tagesmessungen. Die beiden automatischen Stationen befinden sich in Tänikon und auf dem Säntis.

Die meteorologischen Analysen der Niederschlagsereignisse stützen sich auf Wetterkarten verschiedener Niveaus. Die betrachtete Referenzperiode dauert von April 1981 bis November 1988. Um den Schwierigkeiten bei den Schneeniederschlägen auszuweichen, wurden die Wintermonate Dezember bis März von der Untersuchung ausgeschlossen.

Methoden

Die Ereignisauswahl beschränkt sich auf starke Gebietsniederschläge. Zunächst wurden aus den Daten der täglich messenden Stationen durch schrittweises Anheben einer unteren Schwelle, unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Niederschlagsfeldes, die stärksten Ereignisse herausgesucht. Dann wurden mit Hilfe von stündlich registrierenden Stationen der Beginn der Ereignisse ermittelt und die Ereignisse den Dauern 3, 6, 12 und 24 Stunden zugeordnet, wobei ein einzelnes Ereignis

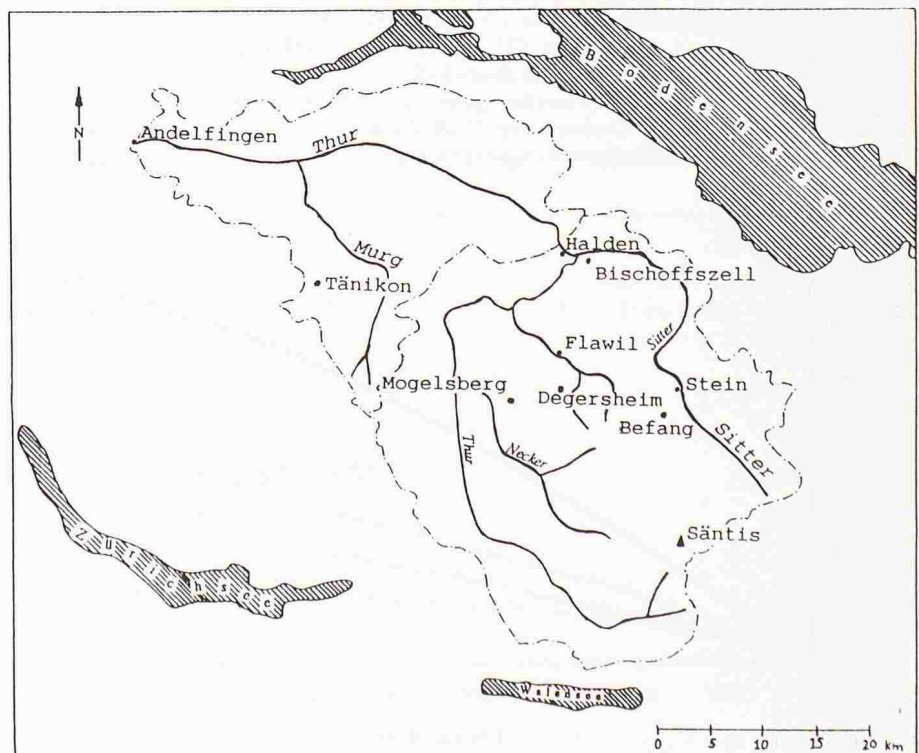


Bild 1. Übersichtsskizze des Thurgebietes. Die Einzugsgebietsgrenzen wurden der Arbeit von Menzel [2] entnommen.

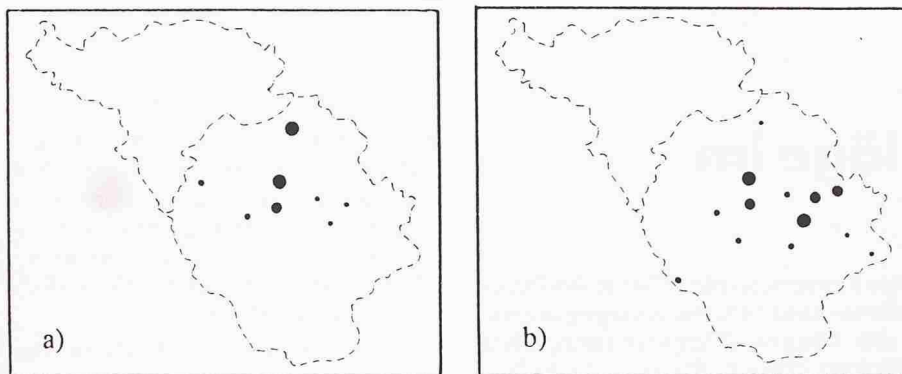


Bild 2. Die Lage der Stationen mit Korrelationskoeffizienten $k > 0.75$ für die Korrelationen der interpolierten Einzelstationswerte mit dem Gebietsniederschlag (a) bis Andelfingen und (b) bis Halden für die 22 grössten 24stündigen Ereignisse im Zeitraum 1981–1988. Gezeichnet sind vier verschiedene Punktgrössen, welche für die Korrelationskoeffizienten die vier Grössenklassen $0.75 < k \leq 0.85$ (die kleinsten Punkte), $0.8 < k \leq 0.85$, $0.85 < k \leq 0.9$ und $k > 0.9$ (die grössten Punkte) repräsentieren.

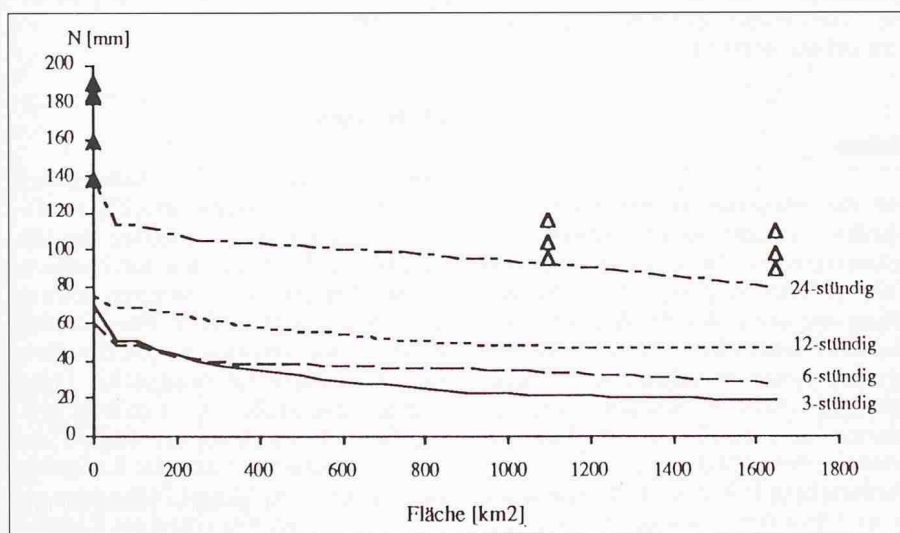


Bild 3. Hüllkurven der räumlichen Abminderung für die 12- und 24stündigen Ereignisse im gesamten Einzugsgebiet der Thur. Die schwarzen Dreiecke repräsentieren fünf Stations-Tageswerte aus Zeller et al. [3], welche im Thurgebiet während der Periode 1901 bis 1970 gemessen wurden und deutlich über dem Zentrumswert der 24stündigen Ereignisse liegen; die hellen Dreiecke geben die Gebietsniederschlagsmengen der Periode 1881 bis 1978 aus Grebner et al. (1980) wieder; sie überschreiten ebenfalls die Hüllkurvenpunkte der 24stündigen Ereignisse wesentlich.

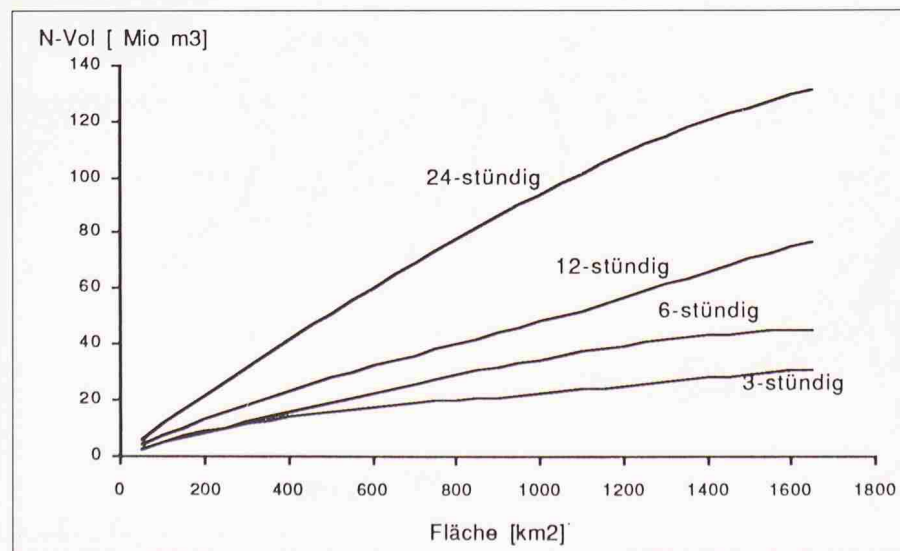


Bild 4. Hüllkurven des Niederschlagsvolumens für die 3-, 6-, 12- und 24stündigen Ereignisse im gesamten Einzugsgebiet der Thur.

verschiedenen Dauern zugehören konnte. Nach diesen Festlegungen wurden deren Niederschlagsdaten zeitlich und räumlich interpoliert.

Die zeitliche Interpolation erfolgte dabei anhand der täglichen Niederschlagsganglinien von stündlich registrierenden Stationen (ANETZ-Stationen). Die räumliche Interpolation auf ein 2×2 -km-Gitternetz wurde mit der Dreiecksmethode vorgenommen. Dabei wird durch die Niederschlagshöhen von drei benachbarten Stationen eine Ebene gelegt. Die Niederschlagshöhe an den darunterliegenden Gitterpunkten ist dann durch die Höhe der Ebene bestimmt.

Die Ermittlung des Gebietsniederschlags erfolgte mit der Isohyetenmethode. Die Niederschlagsverteilung wird dabei dargestellt durch Zeichnen von Linien, die Orte mit gleichen Niederschlagsmengen verbinden, sogenannte Isohyeten. Vom Niederschlagszentrum aus werden die Einzelflächen zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Isohyeten planimetriert und der mittlere Niederschlag über die jeweils erreichte Gesamtfläche berechnet.

Resultate

Näherungsbeziehungen

Als einfache Schätzformeln für Gebietsniederschlag sind einerseits Regressionsbeziehungen mit hoher Korrelation zwischen Stations- und Gebietsniederschlägen zu verstehen. In der hier beschriebenen Arbeit wurden bezüglich der Einzugsgebiete bis Halden sowie bis Andelfingen die Korrelationen der 22 grössten, 24stündigen Ereignisse des Zeitraumes 1981–1988 bestimmt.

Die grössten Korrelationskoeffizienten für das Gebiet bis Halden wie auch bis Andelfingen weist die Station Flawil mit je 0.92 auf. Flawil befindet sich etwa im Zentrum des Thurgebietes, ebenso die Stationen mit den nächst tieferen Korrelationskoeffizienten. Bild 2 zeigt die Lage der Stationen mit Korrelationskoeffizienten grösser 0.75, in a) für das gesamte Einzugsgebiet, in b) für das Einzugsgebiet bis Halden. Diese Stationen liegen im Einzugsgebiet oberhalb Halden, alle aber deutlich vom Säntisgebirge entfernt.

Für die vier jeweils bestkorrelierenden Stationen werden die linearen Regressionsgleichungen für Gebietsniederschläge bis Andelfingen mit den Stationen Flawil, Bischofszell, Degersheim und Mogelsberg in Tabelle 1 und bis Halden mit den Stationen Flawil, Befang, Stein und Degersheim in Tabelle

$G = 0.72 \cdot N + 12 \quad k = 0.92$ (Gl. 1a, bez. Flawil)
$G = 0.82 \cdot N + 12 \quad k = 0.91$ (Gl. 1b, bez. Bischofszell)
$G = 0.74 \cdot N + 11 \quad k = 0.89$ (Gl. 1c, bez. Degersheim)
$G = 0.73 \cdot N + 11 \quad k = 0.84$ (Gl. 1d, bez. Mogelsberg)

$G = 0.83 \cdot N + 15 \quad k = 0.92$ (Gl. 2a, bez. Flawil)
$G = 0.79 \cdot N + 10 \quad k = 0.92$ (Gl. 2b, bez. Befang)
$G = 0.76 \cdot N + 13 \quad k = 0.88$ (Gl. 2c, bez. Stein)
$G = 0.79 \cdot N + 15 \quad k = 0.87$ (Gl. 2d, bez. Degersheim)

Tabelle 1. Gleichungen für die linearen Regressionen der Gebietsniederschläge bis Andelfingen mit den Stationen Flawil, Bischofszell, Degersheim und Mogelsberg. G: Gebietsniederschlag in mm/Tag; N: Stationsniederschlag in mm/Tag.

Tabelle 2. Gleichungen für die linearen Regressionen der Gebietsniederschläge bis Halden mit den Stationen Flawil, Befang, Stein und Degersheim. G: Gebietsniederschlag in mm/Tag; N: Stationsniederschlag in mm/Tag.

2 angegeben. Bei den für die Korrelationen verwendeten Stationen handelt es sich, wie schon erwähnt, um den zeitlich interpolierten 24stündigen und nicht um den kalendarisch gemessenen Tages-Stationsniederschlag. Die Verwendung der Gleichungen zur Abschätzung des Gebietsniederschlages bedingt deshalb, dass an den betreffenden Stationen stündliche Messungen durchgeführt werden.

Eine zweite Möglichkeit zur einfachen Abschätzung des Gebietsniederschlages ergibt sich aus der Regression zwischen arithmetisch bestimmten Gebietsmitteln und planimetrierten Niederschlagsflächen der Isohyetendarstellungen. Für die 22 ausgewählten, 24stündigen Ereignisse entstand folgende Regressionsgleichung:

$$G_i = 0.99 \cdot G_a + 7 \quad (\text{Gl. 3})$$

Hierin bedeuten G_i : 24stündiger, planimetrierter Gebietsniederschlag in mm/24 Std.; G_a : arithmetisches Mittel aus den gemessenen Stationstageswerten in mm/Tag.

Der Korrelationskoeffizient beträgt in diesem Fall 0.87. Bei Änderungen des Stationsnetzes müssen jedoch neue Beziehungen bestimmt werden. Für Ereignisse mit weniger als 24 Stunden Dauer konnte kein entsprechend anwendbarer Zusammenhang festgestellt werden.

Dauer, Menge und räumliche Ausdehnung der Gebietsniederschläge

Flächen-Mengen-Dauer-Charakteristiken sind sowohl für Planungsfragen als auch zur Beurteilung aktuell ablaufender Starkniederschlagsereignisse bezüglich entstehender Hochwasser von Bedeutung. In der vorliegenden Arbeit wurden die Beziehungen zwischen Gebietsniederschlagsmenge und betroffener Fläche für die Dauern 3, 6, 12 und 24 Stunden bestimmt. Aus den individuellen, sogenannten Abminderungskurven der Einzelereignisse liess sich schliesslich für jede Dauer die gesuchte Abminderungshüllkurve konstruieren (Bild 3). Die Kurven sind also für eine bestimmte Fläche jeweils vom grössten Gebietsniederschlag der Referenzperiode 1981–1988 festgelegt und stellen insgesamt kein Einzelereignis dar. Um diese Hüllkurven in den Zusammenhang einer längeren Referenzperiode zu stellen, wurden zusätzliche Stations- und Gebietsniederschläge, bezogen auf Tagesmessungen, im Bild eingezeichnet.

Die daraus resultierenden Niederschlagsvolumina für die einzelnen Flächenstufen sind in Bild 4 wiedergegeben. Für das gesamte Einzugsgebiet betragen sie bei den 24-, 12-, 6- und 3stün-

digen Ereignisse: 132 Mio m³, 77 Mio m³, 45 Mio m³ bzw. 31 Mio m³.

Typische, synoptische Entwicklungen

Betrachtet man die Witterungsverläufe zu den einzelnen Ereignissen, so stellt man fest, dass bei allen Dauern die meisten Ereignisse bei einem Trogdurchgang von Westen her auftraten. Weniger häufig, aber ebenfalls bei allen Dauern, kam eine Witterungslage mit Genuazyklone und Ostaufgleiten vor. Nur bei den 3stündigen Ereignissen traten Luftmassengewitter auf. Schon bei den 6stündigen Ereignissen konnte dieser Witterungstyp nicht mehr festgestellt werden. In Bild 5a) und b) ist als Beispiel für den Zustand der Atmosphäre bei einem Trogdurchgang von Westen her die Druckverteilung vom 5. September 1984 wiedergegeben. In Bild c) ist die dazugehörige Niederschlagsverteilung des 24stündigen Ereignisses als Isohyetenkarte dargestellt.

Rahmen der Untersuchungen

Durch die von aussergewöhnlichen Niederschlagsaktivitäten ausgelösten, grossen Hochwasserschäden im Som-

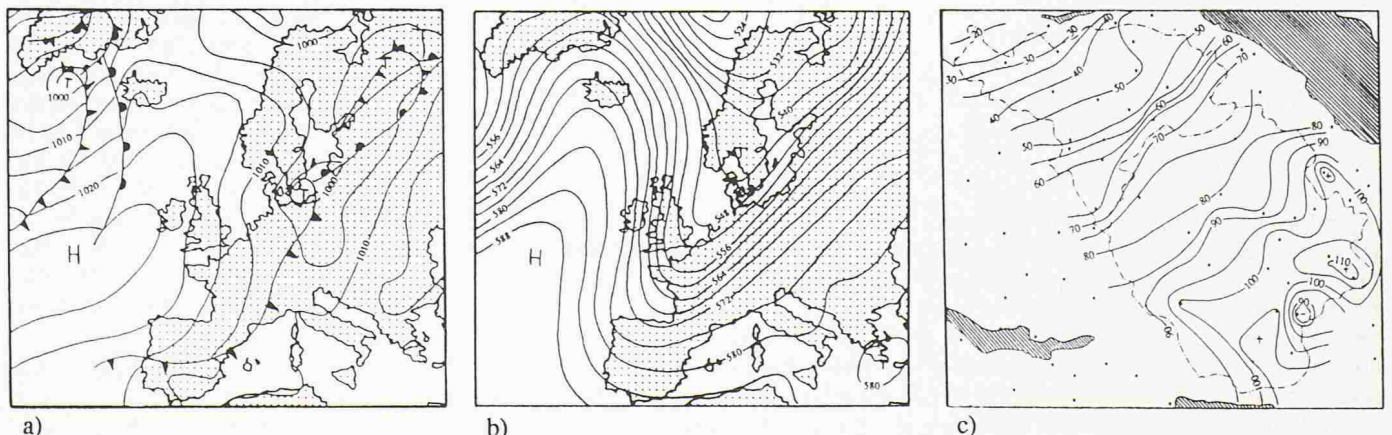


Bild 5. Trogdurchgang von Westen her; Karte a): Bodendruckverteilung vom 5. Sept. 1984, 00 UTC, nachgezeichneter Ausschnitt der Berliner Wetterkarten; Karte b): Isohypsenfeld in 500 hPa, 5. Sept. 1984, 00 UTC, nachgezeichneter Ausschnitt der Berliner Wetterkarten; Karte c): Isohyetenkarte des 24stündigen Ereignisses vom 5. Sept. 1984, 00 UTC + 24 h. Isohyetenabstand 5 mm.

Literatur

- [1] *Dall'O, A.* (1990): Gebietsniederschläge im Thurgebiet in Abhängigkeit von meteorologischen Faktoren. Diplomarbeit ausgeführt am Geogr. Inst. der ETH Zürich, 95 pp.
- [2] *Menzel, L.* (1990): Wasserhaushaltsstudien im Einzugsgebiet der Thur (Ostschweiz). Diplomarbeit ausgeführt an der Abt. für Hydrologie des Geogr. Inst. der ETH Zürich, 207 pp.
- [3] *Zeller, J. und Geiger, H.* (1977): Starkniederschläge des Schweizer Alpen- und Alpenrandgebietes, Band 2. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf.
- [4] *Grebner, D.; Jensen, H.; Kobelt, F.; Lang, H. und Näf* (1989): Untersu-

chungen über extreme Gebietsniederschläge und Hochwasser im Gebiet der Thur. Interner Bericht der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, 55 pp.

- [5] *Grebner, D. und Richter, K.G.* (1989): Gebietsniederschlag; Zwischenbericht. Meteorologische Analysen zum Sommer 1987, im Rahmen des Forschungsprojekts «Ursachenanalyse Hochwasser 1987». Zürich, 240 pp.
- [6] *Grebner, D. und Richter, K.G.* (1990): Gebietsniederschlag; Abschlussbericht. Flächen-Mengen-Dauer-Beziehungen für Starkniederschläge in der Schweiz.

mer 1987 wurde vom Bundesrat das interdisziplinäre Untersuchungsprojekt «Ursachenanalyse der Hochwasser 1987» veranlasst. Das Geographische Institut der ETH-Z ist in diesem Zusammenhang mit Untersuchungen zum Fragenkomplex «Gebietsniederschlag» beauftragt. Dieses Projekt umfasst die Themenbereiche «Meteorologische Analysen zum Sommer 1987» [5] und «Flächen-Mengen-Dauer-Beziehungen für Starkniederschläge in der Schweiz»

[6]. Methodisch ist die Ausführung des zweiten Themenbereiches auf die wahre Ausdehnung der Niederschlagsfelder in der nord-alpinen Schweiz, d.h. nicht auf Einzugsgebiete begrenzt, abgestützt. Mit den in der Diplomarbeit durchgeführten, hier beschriebenen Untersuchungen von Gebietsniederschlägen im Thurgebiet wird die Verbindung zu Abminderungscharakteristiken in einem hydrologisch begrenzten Gebiet hergestellt. Entstehende Un-

Verdankung

Eine wesentliche Grundlage zu dieser Untersuchung war die räumlich-zeitliche Interpolation der Niederschlagsereignisse. Die Programme dafür stammen von Dr. K.G. Richter aus dem Projekt «Gebietsniederschlag». Wir danken ihm herzlich für die Anpassung der Programmpakete und die Berechnung der Gitterpunktwerte.

Prof. Dr. A. Ohmura, Geographisches Institut ETH Zürich, sei herzlich für die Durchsicht des Artikels gedankt.

terschiede zwischen den auf das Niederschlagsfeld und auf das Einzugsgebiet bezogenen Ergebnissen sind insbesondere unter dem Aspekt kurzer Referenzperioden von Bedeutung. Im weiteren eignet sich der feste Gebietsbezug für verschiedene Analysen zur Frage der Stationsrepräsentativität, zu deren Ergebnissen die vorgestellten Schätzformeln für Gebietsniederschläge zählen.

Adresse des Verfassers: *Anita Dall'O*, dipl. sc. nat. ETH, c/o Geos Research AG, Mühleggstrasse 15, 8047 Zürich, und *Dietmar Grebner*, dipl. Meteorologe, c/o Geographisches Institut ETH, Abt. Hydrologie, 8057 Zürich.

Emissionsfaktoren

Fahrzyklen und Emissionen von Entsorgungsfahrzeugen

Im Herbst 1990 wurden erstmals die genauen Fahrabläufe eines Entsorgungsfahrzeuges erhoben. Mit einem Datenerfassungsgerät wurden die wesentlichsten Kenndaten in Sekundenschritten aufgezeichnet. Ausgehend von diesen Daten konnte der spezifische Ausstoss an Stickoxiden (NO_x) berechnet werden.

Im Kanton Zürich sind im Jahr 1989 insgesamt 546 283 Tonnen Abfall eingesammelt worden [1]. Dies bedeutet ge-

mehrten Wiederverwertung separat gesammelter Abfälle, anhalten und zusammen mit der Vermeidung von überflüssigem Abfall zu einer spürbaren Reduktion der anfallenden Mengen führen.

VON TONI BÜRGIN, ZÜRICH,
UND URS STEINEMANN,
WOLLERAU

Fahrmodi und NO_x-Emissionsfaktoren von Lastwagen

republik Deutschland mit dem Bezugsjahr 1980. Bei diesen Untersuchungen musste in Ermangelung spezifischer Fahrzyklen auf diejenigen von Personwagen zurückgegriffen werden. Da die bestandesgewichteten Emissionsfaktoren für Lastwagen zwischen 1980 und 1990 praktisch unverändert geblieben sind, lassen sich die deutschen Angaben auch für schweizerische Lastwagen der entsprechenden Massenklasse

Die gegenwärtig in der Schweiz verwendeten *Emissionsfaktoren* für *Lastwagen* basieren immer noch auf dem Bericht des deutschen Umweltbundesamtes aus dem Jahr 1983 [2]. Diese Daten beziehen sich auf das Abgasverhalten von Nutzfahrzeugen in der Bundes-

genüber dem Vorjahr eine Zunahme der Abfallmenge um 0,8%. Gleichzeitig konnte infolge verstärkter Anstrengungen im Bereich der Separatsammlungen eine Zunahme von 4% bei den rezyklierbaren Stoffen ausgewiesen werden; dadurch verringerte sich im Laufe eines Jahres der Anteil der grösstenteils zu verbrennenden Siedlungsabfälle von 82 auf 78%. Dieser Trend dürfte auch in Zukunft, insbesondere mit der vom Bezugsjahr 1990 verwenden. Gegenwärtig erarbeitet das Buwal in Zusammenarbeit mit dem TÜV Rheinland eine Studie über die Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs in der Schweiz 1990–2010. Ziel dieser Untersuchung, welche Anfang 1993 als Expertenbericht vorliegen soll, ist die Aktualisierung und Weiterführung des im November 1986 publizierten Berichtes «Schadstoffberechnungen des privaten Strassenverkehrs 1950–2000» und seiner beiden Ergänzungen [3].

Anlass zur vorliegenden Studie war eine vergleichende Betrachtung von zentralem vs. dezentralem Kompostieren und der Umweltbilanz von organisierten Grünabfuhrungen. Es ergab sich damit die Möglichkeit, bestehende Lücken