

AUSWIRKUNGEN DER ÖKOSTRA- REGENSPENDEN AUF DIE KANALDIMENSIONIERUNG

Diplomarbeit zum Erwerb des
akademischen Titels Diplomingenieur der
Studienrichtung Bauingenieurwesen

RITA VICUINIK

Verfasst am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und
Landschaftswasserbau der Technischen Universität Graz

Betreuer der Diplomarbeit:
Univ.-Prof. DDipl.-Ing. Dr.techn. Harald Kainz

Mitbetreuender Assistent:
Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter Gruber

Graz, Oktober 2006

ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, Oktober 2006

.....

(Rita Vicuinik)

DANKSAGUNG

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie, vor allem aber meiner lieben Mama, die mir stets ihre volle Unterstützung entgegen gebracht und immer an mich geglaubt hat.

Für die Betreuung meiner Diplomarbeit möchte ich mich bei Herrn Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter Gruber herzlichst bedanken. Vor allem dafür, dass er immer irgendwie Zeit gefunden hat, um Probleme zu diskutieren und gemeinsam Lösungen zu finden und dass er es mir ermöglicht hat, meine Arbeit in meinem gewünschten Zeitrahmen abzuschließen.

Für die Begutachtung und Unterstützung meiner Diplomarbeit möchte ich mich bei Herrn Univ.-Prof. DDipl.-Ing. Dr.techn. Harald Kainz bedanken.

Große Unterstützung bei der Digitalisierung der verwendeten Daten habe ich von Frau Tanja Eibler bekommen, die mir mit ihrer Hilfe eine sehr zeitraubende Arbeit abgenommen hat. Dafür möchte ich mich an dieser Stelle ganz herzlich bei ihr bedanken.

Weiters möchte ich mich bei Herrn Dipl.-Ing. Thomas Telegdy für die tolle Unterstützung bei der Anwendung der Software MIKE URBAN (DHI) bedanken.

Nicht zu vergessen sind natürlich meine Freunde und Studienkollegen, die einen Teil meines Weges mit mir gegangen sind und einen wesentlichen Beitrag zu meinem Erfolg geleistet haben.

Um niemanden zu vergessen, möchte ich abschließend noch all jenen danken, die mir in irgendeiner Weise bei meiner Arbeit hilfreich zur Seite gestanden sind.

Kurzfassung

Derzeit befindet sich das aus den 80iger Jahren stammende ÖWWV-Regelwerk betreffend die Kanaldimensionierung und Mischwasserbewirtschaftung gerade in Überarbeitung. Im Zuge dessen wurde das vom BMFLFUW geförderte Projekt ÖKOSTRA initiiert, wodurch in Zukunft in Österreich regionalisierte Regenspendenauswertungen für die Dimensionierung der Bauwerke der Kanalisation zur Verfügung stehen werden.

Nach Abschluss dieses Projektes liegen nun für die dichter besiedelten Gebiete Österreichs (Orte mit mehr als 5000 Einwohnern) erstmals regionalisierte Regenspendenlinien vor.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die ÖKOSTRA-Regenspenden über das gesamte Bundesgebiet hinweg einer systematischen Untersuchung unterzogen und die Auswirkungen einer zukünftigen Anwendung auf die Kanaldimensionierung abgeschätzt. Dafür war ein einfaches Beispiel zum Fließzeitverfahren zu entwickeln, an welchem die Auswirkungen der neuen ÖKOSTRA-Regenspenden und der neuen Bemessungsansätze darzustellen waren. Im Anschluss an die Dimensionierung waren für das entwickelte Beispiel auch noch Leistungsnachweise mit einem hydrodynamischen Abflussmodell durchzuführen, wobei aus den ÖKOSTRA-Regenspenden generierte Modellregen zur Anwendung kamen.

Da in Zukunft anstatt der bisher bundesweit einheitlichen Bemessungsregenspende von 300 [l/s.ha] für den Bereich der Parkplatzentwässerungen regionalisierte Regenspenden der Dauerstufe 10 Minuten zur Anwendung empfohlen werden, waren auch diese aufzubereiten und die Auswirkungen darzustellen.

Abstract

The Austrian ÖWWV guidelines concerning the sewer design and the storm water management date back to the eighties and are being revised at the moment. Therefore a project called ÖKOSTRA was initiated to develop regional IDF curves (intensity, duration, frequency) for the design work of Austrian sewer structures. Since the ending of the project it is possible to get regional IDF curves for the densely populated areas in Austria (places with more than 5000 inhabitants). In this thesis the new ÖKOSTRA rainfall intensities throughout Austria were systematically analysed and the consequences of a future use for sewer design were estimated. Therefore it was necessary to develop a simple example for the rational method to evaluate the consequences of the ÖKOSTRA rainfall intensities for sewer designing. Afterwards the sewer capacity was proved by a hydro dynamical runoff model using model rainfall series generated from the ÖKOSTRA rainfall intensities.

For the design of parking area drainage in future the regional rainfall intensities for a duration of ten minutes will be recommended instead of the current nationwide used design rainfall intensity of 300 [l/s.ha]. The consequences of this new recommendation were also analysed and represented in this work.

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS.....	C
1. VERANLASSUNG UND ZIEL.....	1
2. ÖKOSTRA.....	3
2.1. Begriffsdefinition.....	3
2.2. ÖKOSTRA – Starkniederschlagsauswertung	3
2.2.1. Entstehung der Methode ÖKOSTRA.....	3
2.2.2. Zielsetzung im Projekt „Bemessungsniederschläge in der Siedlungswasserwirtschaft“	4
2.2.3. Durchführung im Projekt „Bemessungsniederschläge“	6
2.2.4. Was steht dem Praktiker zu Verfügung?	8
2.3. Vergleichende Untersuchung der 247 Gitterpunkte.....	9
2.3.1. Regenspende $r_{15,1}$	9
2.3.2. Regenspende $r_{90,1}$	13
2.3.3. Regenspende $r_{15,10}$	17
2.3.4. Regenspende $r_{90,10}$	21
2.4. Vergleich der ÖKOSTRA- Regenspenden mit jenen der ZAMG für den „Raum Graz“	25
3. BEMESSUNGSREGENSPENDE FÜR DIE DIMENSIONIERUNG VON PARKPLATZENTWÄSSERUNGEN	28
3.1. Ländliches Wohngebiet - Wiederkehrzeit 1 Jahr	29
3.2. Städtisches Wohngebiet - Wiederkehrzeit 2 Jahre	31
3.3. Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete - Wiederkehrzeit 5 Jahre.....	33
3.4. unterirdische Verkehrsanlagen und Unterführungen mit zentraler Bedeutung - Wiederkehrzeit 10 Jahre.....	35
4. FLIEßZEITVERFAHREN	38

4.1. Beschreibung Fließzeitverfahren	38
4.2. Demonstrationsbeispiel	39
4.2.1. Ermittlung der Bemessungsregenspende nach Reinhold mit dem Zeitbeiwertverfahren	41
4.2.2. Ermittlung der Bemessungsregenspende nach ÖKOSTRA- Regenspendenlinien	42
4.2.3. Entlastungsbauwerk: Mischwasserüberlauf	43
4.2.4. Schleppspannungsnachweis	43
4.2.5. Berechnungsschritte Fließzeitverfahren	44
4.3. Ergebnisse der Abflussberechnung und Dimensionierung	45
4.3.1. Vergleich der Abflüsse und Kanaldimensionen für ländliche Wohngebiete ($T_n = 1$ [a])	46
4.3.2. Vergleich der Abflüsse und Kanaldimensionen für städtische Wohngebiete ($T_n = 2$ [a])	48
4.3.3. Vergleich der Abflüsse und Kanaldimensionen für Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete ($T_n = 5$ [a]).....	51
4.3.4. Schleppspannungsnachweis	53
5. LEISTUNGSNACHWEIS AUF BASIS HYDRODYNAMISCHER MODELLSIMULATION	54
5.1. MIKE URBAN (Version 2005)	54
5.2. Ergebnisse der Nachweisführung der erforderlichen Überstausicherheit	57
6. SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK	59
7. ANHANG	62
7.1. Bemessungsabflüsse reale Profile	62
7.2. Schleppspannungen	74
7.3. Ergebnistabellen und Längenschnitte der hydrodynamischen Simulation.....	77
LITERATURVERZEICHNIS	83
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	84
TABELLENVERZEICHNIS	87

1. Veranlassung und Ziel

Derzeit wird in Österreich das aus den 80iger Jahren stammende ÖWWV-Regelwerk betreffend die Kanaldimensionierung (Regelblätter 5, 9 und 11) und Mischwasserbewirtschaftung (Regelblatt 19) überarbeitet. Im Zuge dieser Überarbeitung wurde das vom BMFLFUW geförderte Projekt „österreichische **koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und –auswertung** (ÖKOSTRA, 2006)“ initiiert, wodurch in Zukunft auch in Österreich regionalisierte Regenspendenauswertungen bzw. Langzeitmessreihen für die Dimensionierung der Bauwerke der Kanalisation zur Verfügung stehen werden.

Ziel des ÖKOSTRA-Projektes war es, aus den in der Zwischenzeit zahlreich vorhandenen digitalen Regenaufzeichnungen lokale Regenspendenlinien für den dichter besiedelten Raum Österreichs (Orte mit mehr als 5000 Einwohnern) zu generieren. Diese Regendaten werden den planenden Ingenieuren zukünftig auf einer CD gesammelt zur Verfügung stehen.

Nachdem der Endbericht inklusive der Regenspendenauswertungen nun seit März 2006 zur Verfügung stehen, sollten im Rahmen dieser Diplomarbeit die Auswirkungen der neuen ÖKOSTRA-Regenspenden auf die Kanaldimensionierung in Österreich abgeschätzt werden.

Die bisherige Kanalbemessungspraxis nach dem alten ÖWWV-Regelblatt 11 (1982) beschränkte sich bis dato bei der Auswahl der Bemessungsregen nur auf die drei Basisregenspenden für die Alpen und das Alpenvorland, für das Flach- und Hügelland und den Raum Wien.

Nach dem Entwurf zum neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) ist das Fließzeitverfahren für die Dimensionierung von Misch- und Regenwasserkanälen nur noch für kleine Einzugsgebiete zulässig. Für größere Einzugsgebiete sind in Zukunft hydrodynamische Abflussmodelle anzuwenden, mit welchen unter anderem auch die zukünftig geforderten Überflutungsnachweise zu führen sind.

Um die Auswirkungen der Anwendung der neuen ÖKOSTRA-Regenspenden abschätzen zu können, soll für den Raum Graz zunächst ein einfaches Beispiel zum Fließzeitverfahren entwickelt werden, mit welchem die bisherigen Dimensionierungsansätze basierend auf dem alten ÖWWV-Regelblatt 11 (1982) mit den neuen Ansätzen des ÖWAV-Regelblattes 11 (Entwurf, 2006) unter Anwendung der neuen ÖKOSTRA-Regenspenden verglichen werden sollen.

Die wesentlichen Änderungen im neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) betreffen:

1. Für die Ermittlung des häuslichen Schmutzwasserabflusses Q_H werden in Zukunft anstatt der bisherigen 5 [l/s.1000.E] für den spezifischen Spitzen-Schmutzwasserabfluss q_H nur mehr 4 [l/s.1000.E] empfohlen.
2. Für die Ermittlung des Fremdwasserabflusses bei Trockenwetter Q_F wird anstatt der bisher empfohlenen 3 [l/s.1000.E] in Zukunft eine Fremdwasserspende q_F von 0,05 bis 0,15 [l/s.ha] zur Anwendung empfohlen.

3. Für die Ermittlung des Regenwasserabflusses sind nach Möglichkeit die regionalisierten ÖKOSTRA-Regenspendenlinien zu verwenden.
4. Für die Dimensionierung von Parkplatzentwässerungen ist maximal die Regenintensität der Dauerstufe 10 Minuten anzusetzen.
5. Bei Anwendung des Fließzeitverfahren wird die Wahl des nächst größeren Querschnittes empfohlen, wenn der Bemessungsabfluss 90 % des Vollfüllungsabflusses Q_v erreicht („90 %- Regel“).

Im Anschluss an die Dimensionierung und dem Vergleich zwischen den alten und den neuen Ansätzen soll mit Hilfe eines hydrodynamischen Modells für das dimensionierte Einzugsgebiet ein Überstaunachweis nach den Vorgaben des neuen ÖWAV-Regelblattes 11 (Entwurf, 2006) durchgeführt werden. Dafür sollen ebenfalls auf Basis der neuen ÖKOSTRA-Regenspenden unterschiedliche Modellregen generiert und für unterschiedliche Nutzungskategorien angewendet werden.

Nachdem man in Zukunft für den Bereich der Parkplatzentwässerungen nach den derzeitigen Empfehlungen im Entwurf zum neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) statt der bisher bundesweit einheitlich festgelegten Regenspende von 300 [l/s.ha] auch regionalisierte Bemessungsregenspenden der Dauerstufe 10 Minuten anwenden soll, waren auch diese abschließend für das ganze Bundesgebiet auszuwerten und die Auswirkungen dieser neuen Empfehlung darzustellen.

2. ÖKOSTRA

2.1. Begriffsdefinition

Unter dem Begriff ÖKOSTRA versteht man die **Österreichische koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und –auswertung**.

Dabei wurden im Zuge des Projektes *Bemessungsniederschläge in der Siedlungswasserwirtschaft* Starkniederschläge in Österreich ausgewertet, um für den dichter besiedelten Raum (Orte mit mehr als 5000 Einwohnern) lokale Regenspendenlinien zu ermitteln. Eine Regenspendenlinie spiegelt den Zusammenhang zwischen der mittleren Regenspende r , der Regendauer D und dem Wiederkehrintervall T_n wider. Mit diesen Daten ist es nunmehr möglich, regionalisierte Blockregen für die Bemessung und Modellregen für die Nachweisrechnung zu erstellen. Durch die Verwendung von lokalen Regenspendenlinien im Gegensatz zu den durch die Formel von *Reinhold* ermittelten Bemessungsregenspenden, wird der Genauigkeitsgrad der Dimensionierung erhöht. Weiters wird durch die Nachweisführung bestehender Kanalsysteme eine exaktere Planung von Erweiterungs- und Sanierungsmaßnahmen möglich.

2.2. ÖKOSTRA – Starkniederschlagsauswertung

Folgende Textpassagen stammen aus dem Endbericht des Forschungsprojektes Bemessungsniederschläge in der Siedlungswasserwirtschaft, März 2006.

2.2.1. Entstehung der Methode ÖKOSTRA

" Die Erfassung raum-zeitlicher Strukturen im Starkniederschlagsfeld weist ein hohes Maß an Unsicherheit auf. Als Gründe werden in der Literatur ungünstige Stationsverteilungen, Messfehler und komplexe Wechselwirkungen zwischen meteorologischen und topographischen Einflüssen genannt (*Skoda*, 1994, 2001; *Skoda und Nobilis*, 1999).

Eine **österreichische koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und –auswertung** wurde 1990 von *Nobilis* initiiert (siehe ÖKOSTRA-93, Heft 1, 1990) und zum Jubiläum *Ein-hundert Jahre Hydrographischer Dienst in Österreich* (1994) den Landesdienststellen zur Verfügung gestellt. Ihre Strategie beruht auf einer Nutzung bewährter Basiselemente, die sich im Lauf der letzten Jahrzehnte in Mitteleuropa – grenzüberschreitend – harmonisch entwickelt haben.

[...]

2.2.2. Zielsetzung im Projekt „Bemessungsniederschläge in der Siedlungswasserwirtschaft“

Zur statistischen Auswertung von Starkniederschlagsdaten wird das im Rahmen des Projektes ÖKOSTRA entwickelte gleichnamige Verfahren eingesetzt. Um die Zahl der Messorte mit digital vorliegenden Daten zu vergrößern, wurden an ausgewählten Orten analog vorliegende Messdaten digitalisiert. Für alle derzeit verfügbaren und überprüften digitalen Datensätze mit über 10 Jahren Beobachtungsdauer (221 Messstellen) und mit mehr als 20 Jahren Beobachtungsdauer (80 Messstellen) werden die Starkniederschläge als Funktion von Jährlichkeit und Dauer gemäß $\text{ÖKOSTRA}_{\text{Messstelleninterpolation}} [\dots]$ ausgewertet.
[...]

2.2.2.1. Räumliche Interpolation der ÖKOSTRA – Messstellenauswertung

Für die räumliche Interpolation der extremwertstatistisch nach ÖKOSTRA ausgewerteten Niederschlagsdaten wird die räumliche Verteilung der Niederschläge, wie sie mithilfe eines konvektiven Niederschlagsmodells unter (plausibel) maximierten Bedingungen ermittelt wurden und auszugsweise im Hydrologischen Atlas von Österreich (HAÖ, 2003; 2005) veröffentlicht sind, verwendet.

Die Grundannahmen bei der räumlichen Interpolation sind, dass das Feld (die Verteilung) der Niederschläge aus dem HAÖ der tatsächlichen räumlichen Verteilung der ÖKOSTRA-Niederschläge entspricht, und dass eine Maßzahl, die den Zusammenhang zwischen ÖKOSTRA- und HAÖ-Feld an den Messstellen beschreibt, zwischen den Messstellen abstandsgewichtet interpoliert werden kann und somit z.B. keine Abhängigkeiten vom Relief (z.B. Höhe) aufweist.

Diese Annahmen scheinen für die größeren Siedlungsgebiet plausibel zu sein, da sich diese im Allgemeinen weder in großen Höhenlagen befinden, noch sehr weit von Messstellen entfernt sind.

Als Maßzahl für den Zusammenhang zwischen ÖKOSTRA- und HAÖ-Feld an den Messstellen wird der Quotient zwischen ÖKOSTRA- und HAÖ-Wert angesetzt. Dazu werden die HAÖ-Werte auf den Messstellenort interpoliert (invers-quadratisch), der Quotient gebildet und dieser wiederum auf die Gitterpunkte eines 6 km mal 6 km Gitters interpoliert (invers-quadratisch), wobei immer nur die drei nächstgelegenen Messstellen verwendet werden. An den Gitterpunkten sind auch die HAÖ-Werte vorhanden. Durch Multiplikation der HAÖ-Werte mit den interpolierten Quotienten wird nun ein interpolierter ÖKOSTRA-Wert für jeden Gitterpunkt erhalten. Diese Interpolation erfolgt für jede Kombination aus Dauerstufen und Jährlichkeiten.

Die für die Interpolation verwendeten Dauerstufen D und Jährlichkeiten T sind:
Dauerstufen $D = 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60$ und 90 Minuten, $2, 3, 4, 6, 9$ und 12 Stunden;
Jährlichkeiten $T = 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50$ und 100 Jahre.

Da die Dichte der Messstellen mit zumindest 20 Jahren an Daten gering ist und sich zeigte, dass in einigen der dicht besiedelten Gebiete keine Messstellen vorkamen bzw. die nächsten Messstellen erst relativ weit entfernt lagen, wie das z.B. für den Raum Wien und Graz der Fall war, wurden auch Messstellen mit zumindest 10 Jahren an Daten für die Interpolation verwendet.

Da den Auswertungsergebnissen der Messstellen mit kurzen Datenreihen nicht die gleiche statistische Sicherheit wie jenen abgeleitet aus den längeren Reihen zugeordnet werden

kann, wurden diese Werte mit einem geringeren Gewicht für die Interpolation nutzbar gemacht. Dies geschah, in dem zwei interpolierte ÖKOSTRA-Felder berechnet wurden, eines erzeugt mit Messstellen die Daten von mindestens 20 Jahren enthielten und ein zweites, abgeleitet mit Messstellen mit mindestens 10 Jahren an Daten (bei diesen waren auch die Messstellen mit zumindest 20 Jahren enthalten).

Um das endgültige Ergebnisfeld für die ÖKOSTRA-Interpolation zu erhalten, werden die beiden Felder gitterpunktweise gewichtet gemittelt. Dabei wird dem Feld abgeleitet aus den längeren Datenreihen das Gewicht 0.67 und dem anderen Feld das Gewicht 0.33 zugeordnet. Testrechnungen ergaben, dass diese Verteilung der Gewichte einen geeigneten Kompromiss zwischen fehlender statistischer Sicherheit und zusätzlichen Informationsgewinn darstellt.

Wie bereits erwähnt, liegen aus meteorologischen Modellrechnungen analog durchgeführte Niederschlags-Auswertungen vor (z.B. HAÖ, 2003). Damit kann nach klimatologischen Verfahren und unter Einbezug regional bereits vorliegender Erfahrungen im Anschluss eine räumliche Interpolation der Starkniederschlags-Bemessungswerte durchgeführt werden, sodass es möglich wird, die Auswertungsergebnisse für Österreich gebietsorientiert digital anzugeben.

Nach Projektabschluss liegt erstmalig für alle dicht besiedelten Gebiete Österreichs (siehe *Abbildung 1*) eine klimatografische Bearbeitung von Starkniederschlagsfeldern vor, die nach einer bewährten Methodik und unter Einbezug neuester Beobachtungsdaten entstanden ist. Die Ergebnisse aus dem Projekt sind für alle Mischwasserkanalisationen Österreichs von Bedeutung.

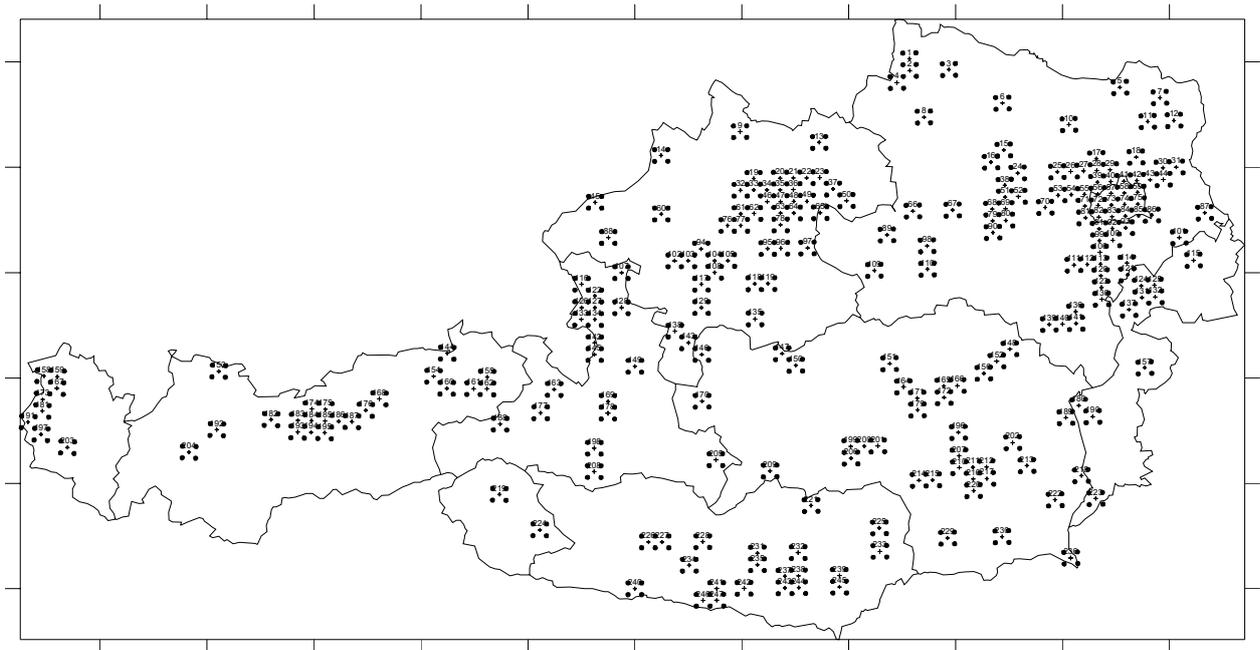


Abbildung 1: 687 Gitterpunkte, welche 247 Teil-Flächen (ca. 6 km x 6 km) umranden. Bemessungsniederschläge stehen für die Flächenmittelpunkte zur Verfügung. Eine Extrapolation von Bemessungswerten in nicht mit Gitterpunkten überdeckte Gebiete ist unzulässig. [...]

2.2.3. Durchführung im Projekt „Bemessungsniederschläge“

Niederschlagswerte, welche die ingenieur-wissenschaftliche Praxis derzeit benutzt, sind grundsätzlich unverlässlich und werden im Allgemeinen unterschätzt. Verantwortlich dafür sind: Eine ungünstige Messnetzgeometrie (z.B. Starkniederschläge fallen „in der Umgebung“ des Beobachtungspunktes), Meteorologische Gründe am Standort der Messstelle (z.B. Wind- und Verdunstungsfehler), Technische Mängel an Geräten (z.B. Niederschlag „geht verloren“), Wartungsmängel (z.B. Gänzlichliches Fehlen oder Abschwächung von einzelnen Starkniederschlagsereignissen), Nicht-adäquate statistische Auswerte-Verfahren (z.B. wegen zu geringer Reihenlänge und/oder unpassender Verteilungsfunktion).

Die oberhalb angeführten Ursachen haben unterschiedliche Auswirkungen in den einzelnen Dauerstufen und Wiederkehrperioden. Daher ist es derzeit nicht möglich, eine „allgemein gültige Korrekturformel“ anzugeben. Mit der verstärkten Auswertung verfügbarer alter und aktueller Niederschlagsreihen nach einer einheitlich objektiven Verfahrensweise, wie es im gegenständlichen Projekt geschieht, ist eine schrittweise Verbesserung der Datengüte bei gleichzeitig räumlicher Verdichtung des Datenumfangs zu erwarten:

Die Verfahren der räumlichen Interpolation und der Darstellung von Niederschlagsfeldern, die sogenannte *Regionalisierung*, werden mit Hilfe der neu hinzukommenden Niederschlags-Auswertungen aktualisiert und die Niederschlagswerte $h_N(D, T)$ auf ein räumliches Gitter mit Maschenweite von ca. 6 km mal 6 km übertragen. Wie im ersten Absatz angedeutet, fällt dieses vorläufige Ergebnis im Vergleich zu den „wahren Bemessungswerten“ vermutlich weiterhin zu niedrig aus. [...]

Das Ergebnis bei der Bestimmung von Bemessungsniederschlägen für die Siedlungswasserwirtschaft zeigt eine bestehende *Bandbreite* in den Ergebnissen: Es gibt eine *Untere Schranke* (überwiegend bei statistischer Behandlung unkorrigierter Niederschlagsmessungen, h_N (ÖKOSTRA-Stationsinterpolation)) sowie eine *Obere Schranke* (überwiegend aus meteorologisch maximierten Niederschlags-Modellen, h_N (Modell-Maximierung)). [...]

Der Quotient aus beiden Bemessungs-Feldern weist - wie zu erwarten - systematische Abweichungen (Werte deutlich < 1) auf. Mittels einer begründeten Gewichtung der beiden Datensätze wurde für die dicht besiedelten Gebiete Österreichs zunächst eine Einengung der jeweiligen Bandbreite durchgeführt. Im abschließenden Schritt gelangte man, ausgehend von Messstellenauswertungen gemäß ÖKOSTRA über eine modellunterstützte Gewichtung zum eigentlichen Projektziel, zu „mutmaßlich wahren Bemessungswerten“ $h_{N \text{ optimiert}}$ (Gleichung 10):

$$h_{N \text{ optimiert}} = A \cdot h_N (\text{ÖKOSTRA-Stationsinterpolation}) + B \cdot h_N (\text{Modell-Maximierung}) \quad (10)$$

[Im Weiteren werden auch andere Begriffe für die drei Niederschlagswerte verwendet:

h_N (ÖKOSTRA-Stationsinterpolation) => ÖKOSTRA-Wert

$h_{N \text{ optimiert}}$ => gewichteter Wert

h_N (Modell-Maximierung) => HAÖ-Wert]

Für die Gewichte $0 \leq A \leq 1$ und $0 \leq B \leq 1$ gilt: $A + B = 1$. Konkret wurde das Gewicht B (entspricht der Gewichtung des Modellanteiles) – nach Durchrechnung mehrerer Varianten - für eine Dauerstufe D

von 5 Minuten zu 0.56, von 10 Minuten zu 0.52, von 15 Minuten zu 0.50,
von 20 Minuten zu 0.48, von 30 Minuten zu 0.46, von 45 Minuten zu 0.44,
von 60 Minuten zu 0.42, von 90 Minuten zu 0.40, von 2 Stunden zu 0.39,
von 3 Stunden zu 0.36, von 4 Stunden zu 0.35, von 6 Stunden zu 0.32,
von 9 Stunden zu 0.30 und von 12 Stunden zu 0.29

gesetzt. Die damit gleichzeitig festgelegte logarithmische Abhängigkeit von $A(D)$ ist mit den Auswerterichtlinien von ÖKOSTRA vollständig kompatibel.

Auf diese Weise kann man mittels Gleichung (10) eine gewisse Symmetrie im Kontrollband herstellen und trägt der größeren Fehleranfälligkeit bei der Messstellenauswertung bei den kurzen Dauerstufen Rechnung.

$h_{N \text{ optimiert}}$ ist ein „wahrer“, praxis-tauglicher Bemessungswert, sobald er in etwa dem Wert des 90 % - Perzentils

- einer „perfekt beobachteten“, stationären *Niederschlags-Verteilung* entspricht oder
- aus einem „vollkommenen“ meteorologischen *Modell* entstammt.

Dieser Zielwert wird mittels Gleichung (10) angenähert. Die auf diese Weise für ausgewählte Dauerstufen und Jährlichkeiten berechneten Bemessungswerte des Niederschlags wurden ihrerseits nach den Vorgaben von ÖKOSTRA/OWUNDA [Optimierter **w**- und **u**-Niederschlags-Dauerstufen-Ausgleich] einem statistischen Ausgleich unterzogen und schlussendlich als **Bemessungsniederschläge h [mm] für die Siedlungswasserwirtschaft** definiert. [...]

2.2.4. Was steht dem Praktiker zu Verfügung?

Für alle in *Abbildung 1* [...] eingetragenen 247 Flächenmittelpunkte (repräsentativ für ca. 6 km mal 6 km) ist

$h_{N\text{ optimiert}}$ [mm] als Bemessungsniederschlag für die Siedlungswasserwirtschaft

in Form einer

- Tabelle nach Dauerstufe D und Jährlichkeit T für
 $D = 5^*, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360, 540, 720$ Minuten;
 $T = 0.5^*, 1^*, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50$ und 100 Jahre
* für ca. 5 % aller Flächenmittelpunkte nur approximativ bestimmbar

durch Angabe der

- Parameter der statistischen Exponentialverteilung [$h_N(D, T_n) = u_p(D) + w_p(D) \cdot \log(T_n)$]
 $U(D)$ und $W(D)$ für jede der Dauerstufen zwischen 5 Minuten und 12 Stunden

und mittels

- Schätzformel obiger Parameter für alle Dauerstufen gemeinsam
(5 Minuten $\leq D \leq$ 12 Stunden)
 $U_{\text{approx}}(D) = f(u_p(D)) = f(U(D))$ und $W_{\text{approx}}(D) = f(w_p(D)) = f(W(D))$

[...] verfügbar.

Die hier angegebenen Flächen-Niederschlagswerte berücksichtigen keine eventuell auftretenden räumlichen Abminderungen.

Flächensummen über mehrere Teil-Flächen dürfen gebildet werden, wobei dann der räumlichen Abminderung der Starkniederschläge unbedingt (!) Rechnung zu tragen ist. Ein Verlassen der nummerierten Teil-Flächen bzw. eine Extrapolation der Bemessungswerte in nicht mit Gitterpunkten überdeckte Gebiete (siehe *Abbildung 1*) ist unzulässig (!) "

2.3. Vergleichende Untersuchung der 247 Gitterpunkte

Im Folgenden werden die 247 Gitterpunkte in Österreich genauer betrachtet und auch deren räumliche Verteilung und Unterschiede auf Basis der vier Regenspenden $r_{15,1}$, $r_{90,1}$, $r_{15,10}$ und $r_{90,10}$ untersucht. (Der erste Index steht für die Dauerstufe D in [min] und der zweite Index für die Wiederkehrzeit T_n in [a].)

2.3.1. Regenspende $r_{15,1}$

Bei einer Dauerstufe von 15 Minuten und einer Wiederkehrzeit von 1 Jahr ergeben sich wie in Abbildung 2.1, Abbildung 2.2 und Abbildung 2.3 ersichtlich ist, folgende räumliche Verteilungen für die drei unterschiedlichen Werte (nach ÖKOSTRA, der gewichtete Bemessungswert und nach HAÖ) der Bemessungsregenspende.

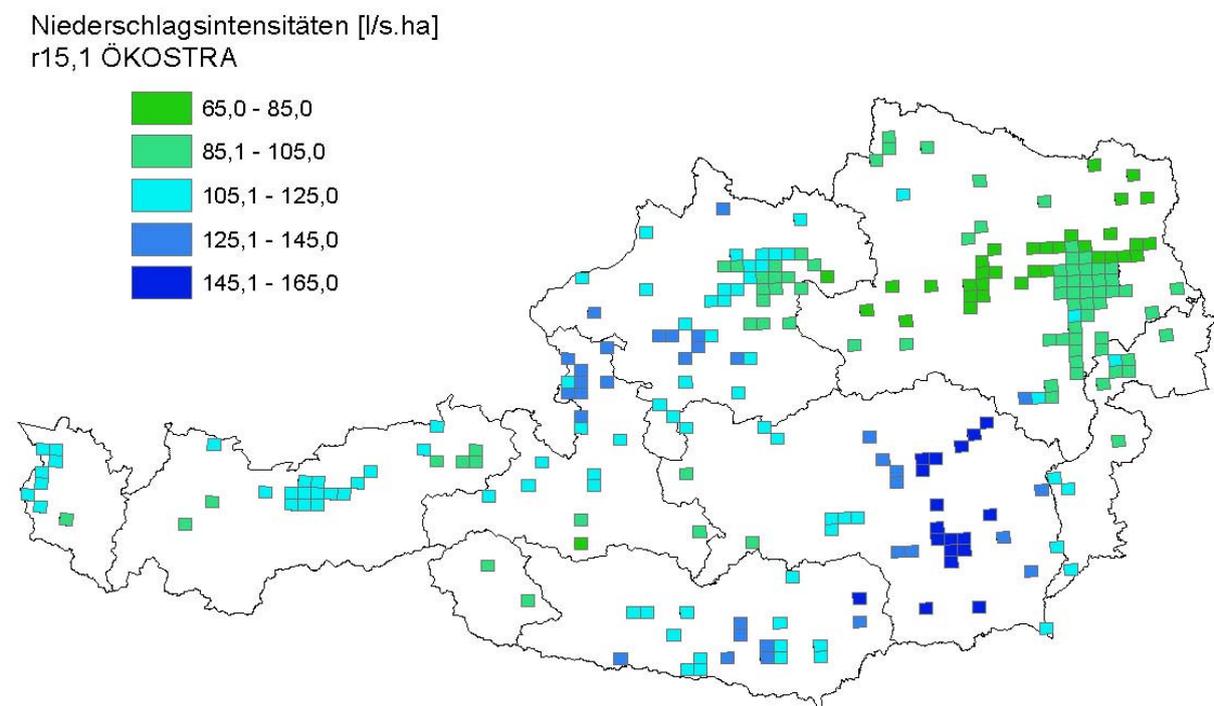


Abbildung 2.1: Niederschlagsintensitäten $r_{15,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA

In der Steiermark treten beim $r_{15,1}$ nach der ÖKOSTRA-Auswertung im Vergleich zu den anderen Bundesländern die höchsten Niederschlagsintensitäten auf. Der Wiener Raum weist im Gegensatz dazu die geringsten Werte auf. Wenn man nun diese Niederschlagsintensitäten mit den bis dato im alten ÖWWV-Regelblatt 11 (1982) empfohlenen Basisregenspenden (z. B.: 120 [l/s.ha] für Graz und 105 [l/s.ha] für Wien) vergleicht, zeigt sich, dass die bisherigen Annahmen für Graz scheinbar zu gering waren, für Wien jedoch eher überschätzt wurden. In Gebieten der Alpen- und Voralpen wird die Basisregenspende nach ÖWWV-Regelblatt 11 (1982) (150 [l/s.ha]) großteils unterschritten. Für das Flach- und Hügelland gilt, dass die ÖKOSTRA-Werte im Allgemeinen auch geringer sind als die empfohlene Mindestintensität von 120 [l/s.ha] (ausgenommen der Steiermark).

Niederschlagsintensitäten [l/s.ha]
r_{15,1} gewichtet

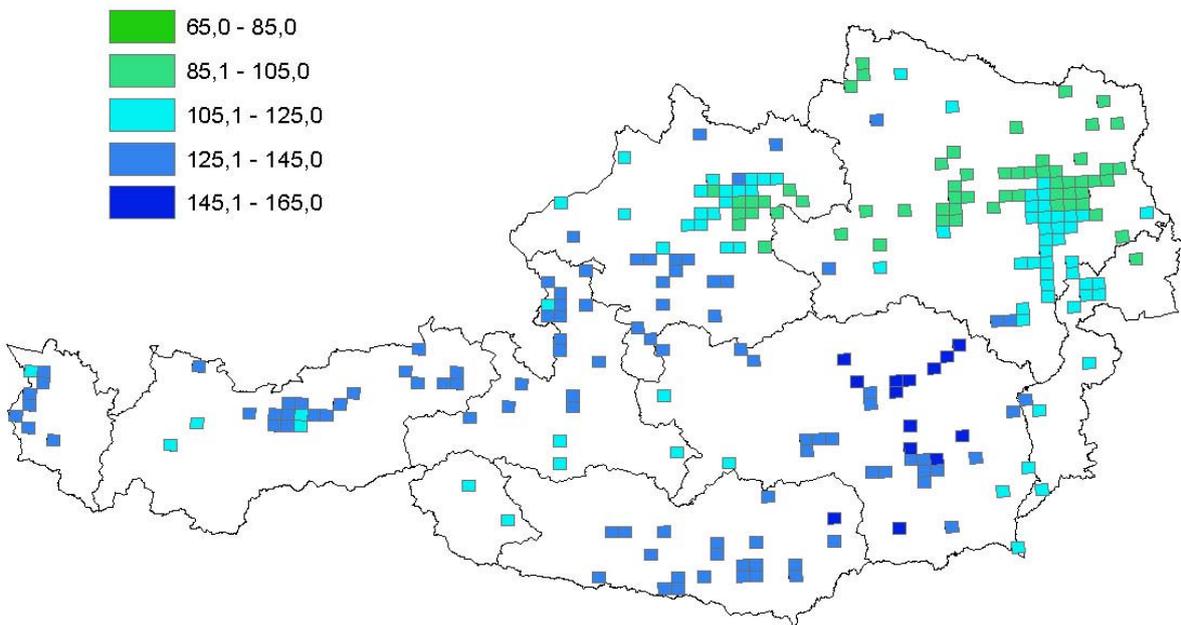


Abbildung 2.2: Niederschlagsintensitäten r_{15,1} [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte

Niederschlagsintensitäten [l/s.ha]
r_{15,1} HAÖ

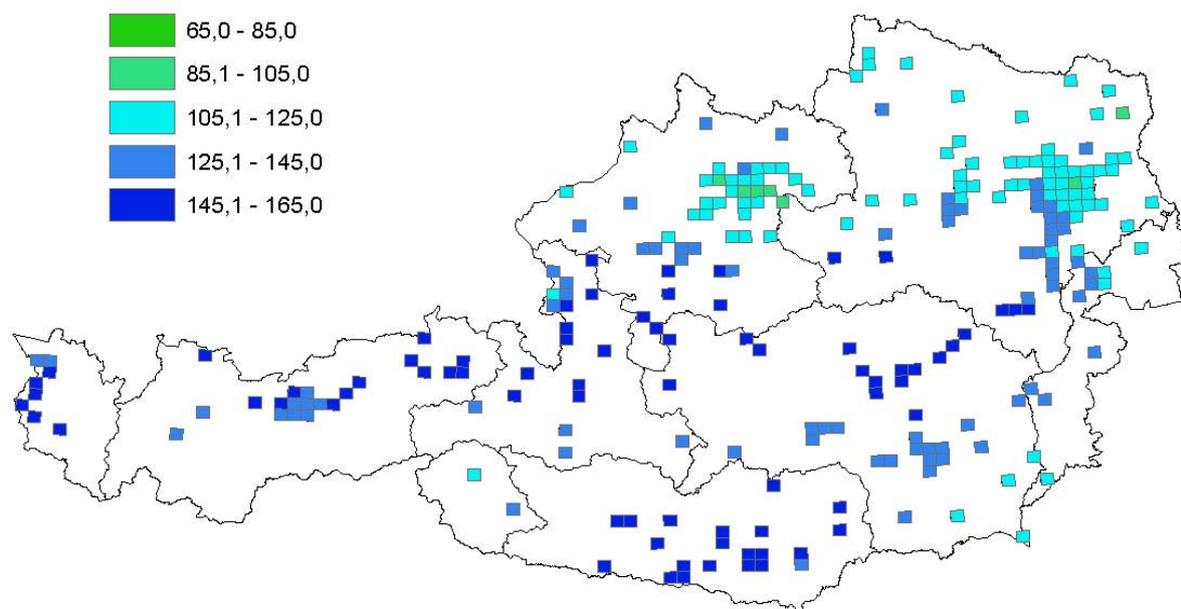


Abbildung 2.3: Niederschlagsintensitäten r_{15,1} [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ

Wenn man nun die Karte mit den Werten aus dem hydrologischen Atlas Österreich betrachtet (siehe Abbildung 2.3), dann lässt sich eine gute Übereinstimmung mit den Basisniederschlagsintensitäten nach ÖWWV-Regelblatt 11 (1982) erkennen.

Die gewichteten Werte (siehe Abbildung 2.2) liegen wiederum eher unter jenen, die bisher in Verwendung waren.

Die folgenden zwei Abbildungen, Abbildung 2.4 und Abbildung 2.5, zeigen die Unterschiede der ÖKOSTRA-Werte zu den Werten aus dem Hydrologischen Atlas Österreich (HAÖ) und den gewichteten Werten auf.

Dabei bedeuten die blau und grün gefärbten Gebiete, dass der ÖKOSTRA-Wert höher ist als der HAÖ-Wert. Die gelb bis rot gefärbten Gebiete zeigen Bereiche, in denen das umgekehrt ist und der HAÖ-Wert den ÖKOSTRA-Wert übersteigt. Es lässt sich erkennen, dass eigentlich nur in der Steiermark und in wenigen Teilen von Oberösterreich die gemessenen und nach ÖKOSTRA ausgewerteten Niederschlagsintensitäten höher sind als jene aus dem Hydrologischen Atlas Österreich. Dies widerspricht allerdings der im Endbericht zum ÖKOSTRA-Projekt getätigten Aussage, dass der Quotient aus ÖKOSTRA / HAÖ „deutlich < 1,0“ sei (Endbericht, S. 22).

Niederschlagsintensitäten [l/s.ha]
r_{15,1} Differenz HAÖ - ÖKOSTRA

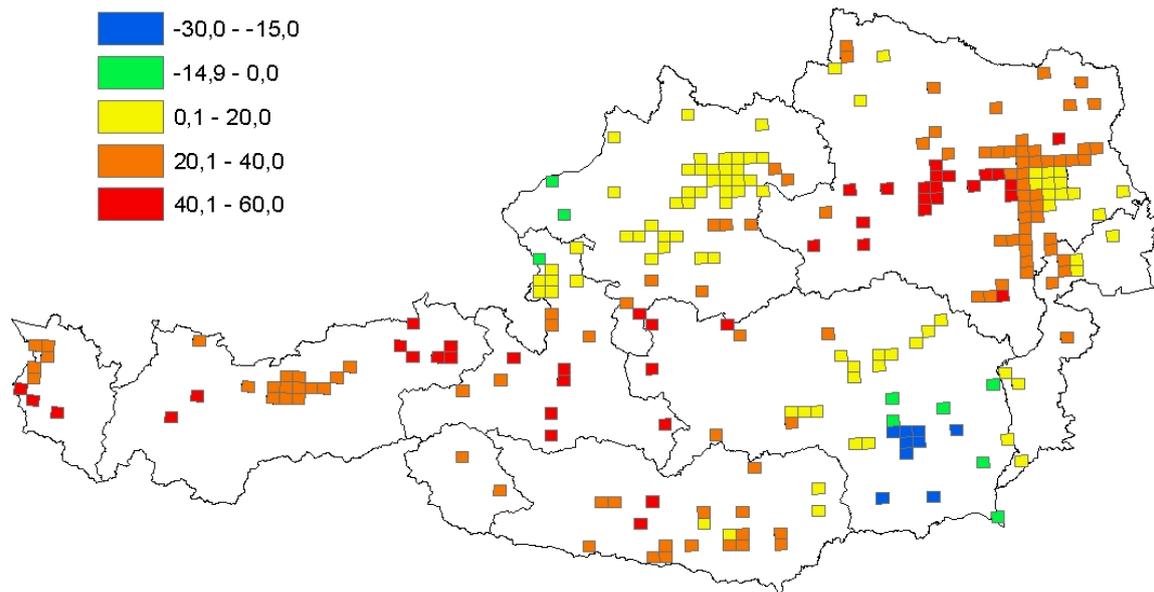


Abbildung 2.4: Unterschied der HAÖ- und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{15,1}$ [l/s.ha]

Niederschlagsintensitäten [l/s.ha]
r_{15,1} Differenz gewichtet - ÖKOSTRA

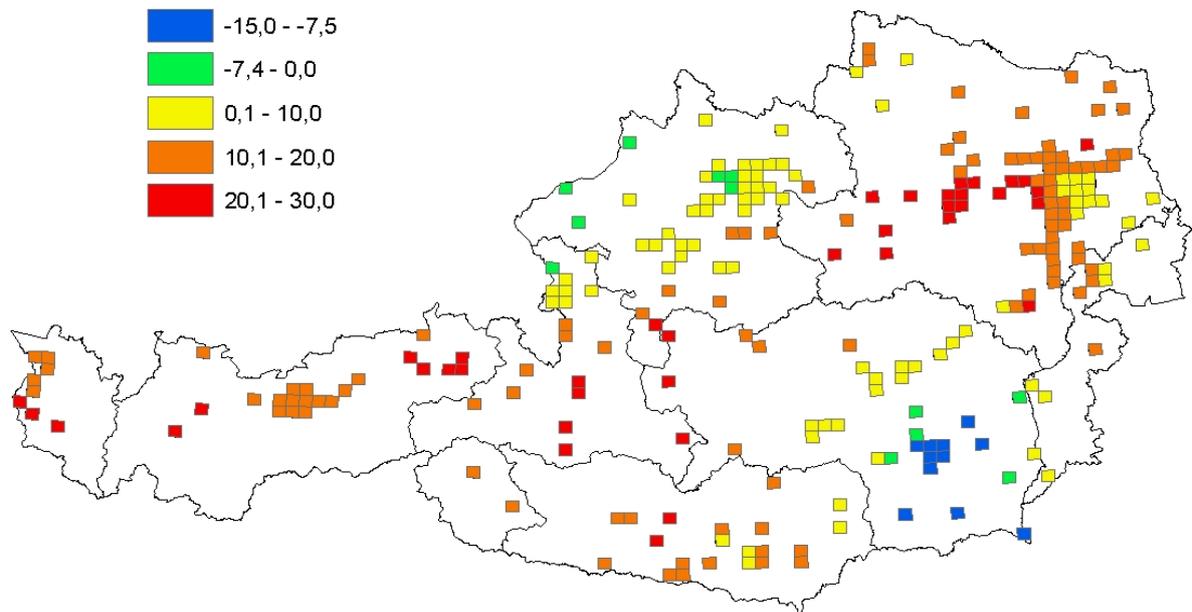


Abbildung 2.5 Unterschied der gewichteten und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{15,1}$ [l/s.ha]

2.3.2. Regenspende $r_{90,1}$

Bei einer Dauerstufe von 90 Minuten und einer Wiederkehrzeit von 1 Jahr ergeben sich wie in Abbildung 2.6, Abbildung 2.7 und Abbildung 2.8 ersichtlich ist, folgende räumliche Verteilungen für die drei unterschiedlichen Werte (nach ÖKOSTRA, der gewichtete Bemessungswert und nach HAÖ) der Regenspende.

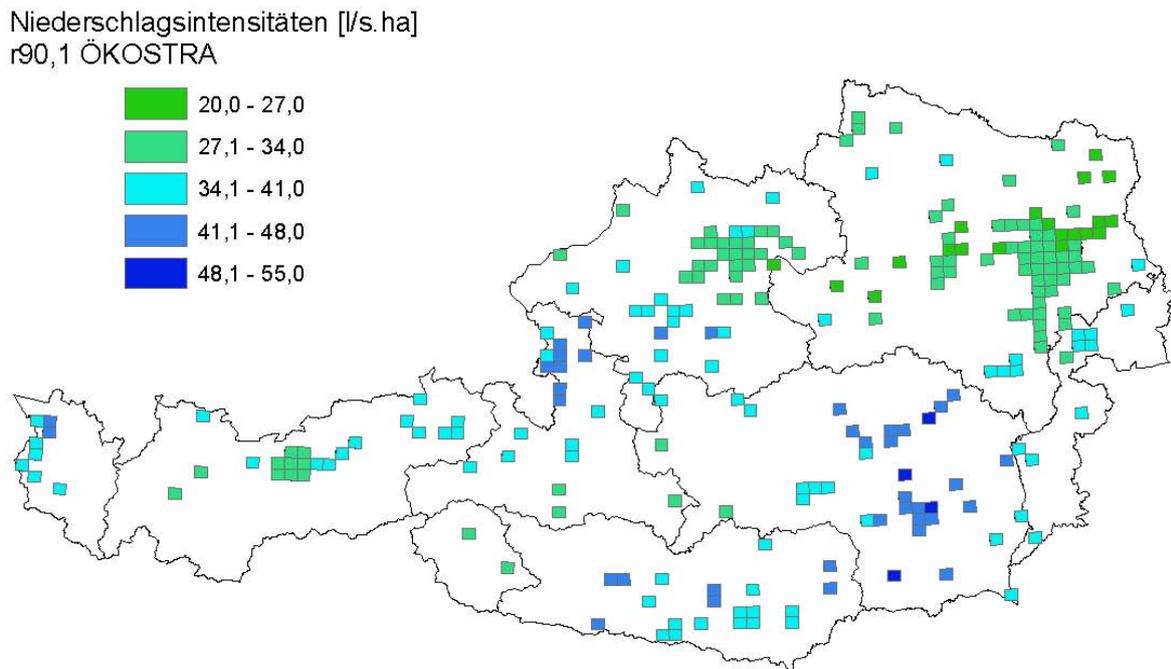


Abbildung 2.6: Niederschlagsintensitäten $r_{90,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA

Der nach Reinhold mit dem Zeitbeiwert errechnete Bemessungswert für den $r_{90,1}$ beträgt für das Flach- und Hügelland 29 [l/s.ha], für die Alpen- und Voralpen 36 [l/s.ha] und für Wien 25 [l/s.ha]. Wenn man das mit den Niederschlagsintensitäten nach ÖKOSTRA vergleicht, so liegen die ÖKOSTRA-Werte auch hier wieder höher als die nach Reinhold ermittelten. Weiters ergeben sich auch für den $r_{90,1}$ für die Steiermark die höchsten Intensitäten.

Niederschlagsintensitäten [l/s.ha]
r_{90,1} gewichtet

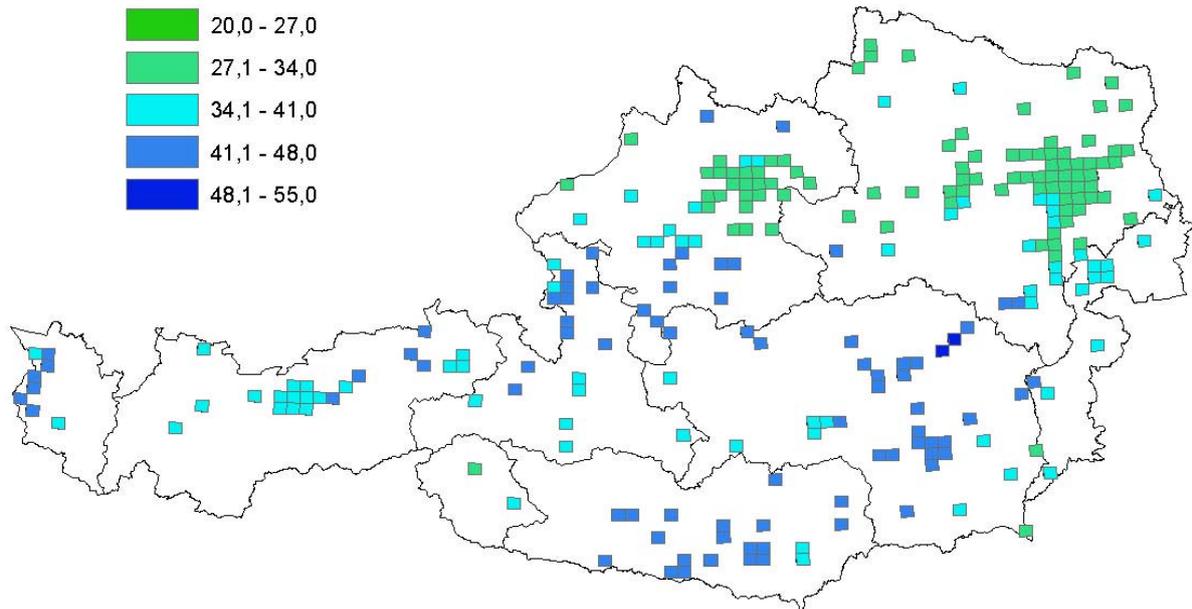


Abbildung 2.7: Niederschlagsintensitäten $r_{90,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte

Niederschlagsintensitäten [l/s.ha]
r_{90,1} HAÖ

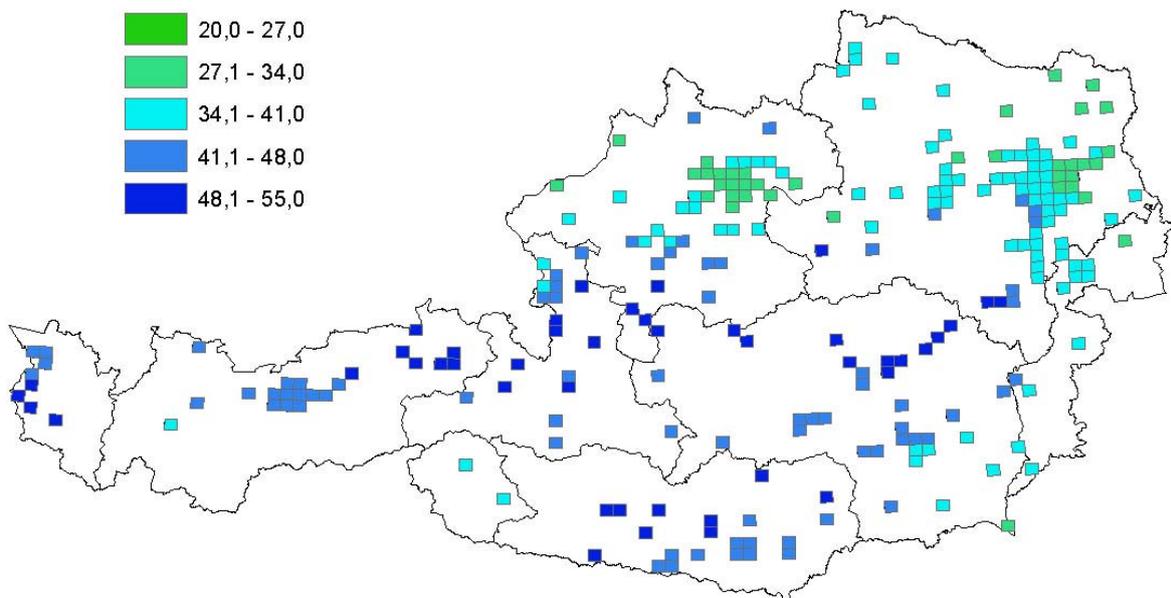


Abbildung 2.8: Niederschlagsintensitäten $r_{90,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ

Die Werte für den $r_{90,1}$ nach dem Hydrologischen Atlas Österreich (siehe Abbildung 2.8) sind deutlich höher als die nach Reinhold ermittelten Niederschlagsintensitäten. Die Gewichtung von ÖKOSTRA- und HAÖ-Werten (siehe Abbildung 2.7) ergibt dementsprechend auch höhere Werte.

Bei den Unterschieden zwischen den ÖKOSTRA- und den HAÖ-Werten bzw. den gewichteten Werten (siehe Abbildung 2.9 und Abbildung 2.10) zeigt sich wie schon beim $r_{15,1}$, dass die Niederschlagsintensitäten nach ÖKOSTRA teilweise höher (blaue und grüne Flächen) und teilweise niedriger (gelbe bis rote Flächen) sind.

Man kann erkennen, dass die ÖKOSTRA-Werte vor allem in der südlichen Steiermark jene aus dem Hydrologischen Atlas Österreich übersteigen. Der Vergleich mit den gewichteten Werten ergibt in etwa das gleiche Bild, außer dass noch Teile von Oberösterreich hinzukommen, wo die ÖKOSTRA-Werte höher sind als die gewichteten.

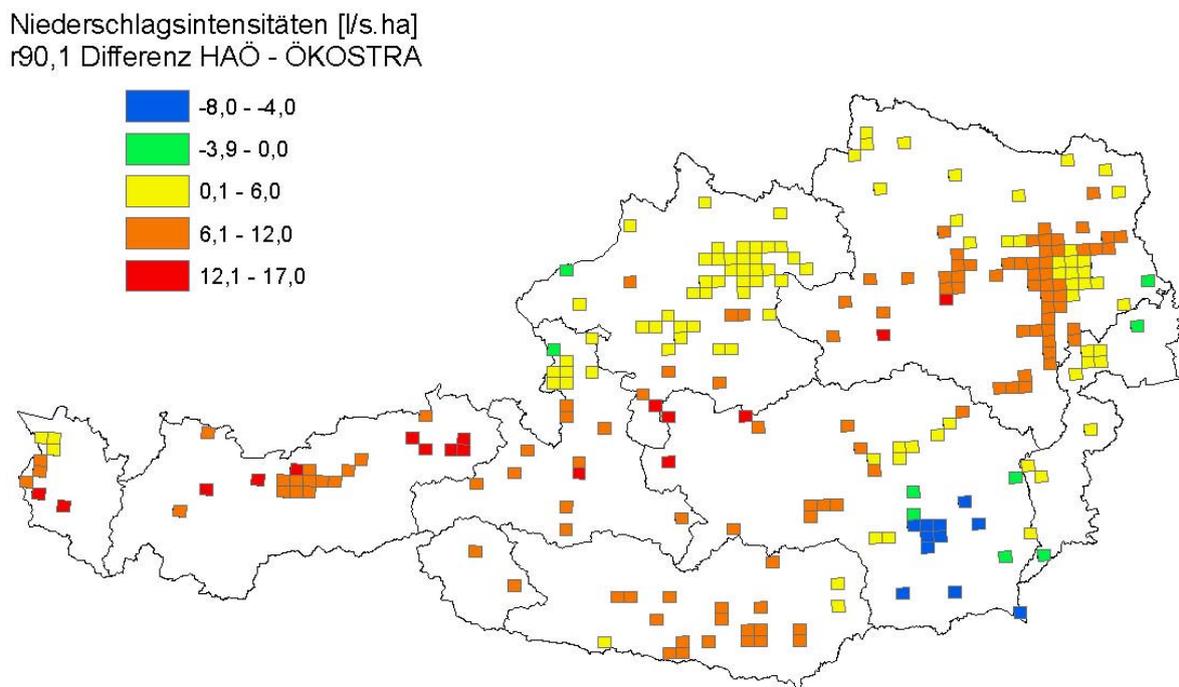


Abbildung 2.9: Unterschied der HAÖ- und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{90,1}$ [l/s.ha]

Niederschlagsintensitäten [l/s.ha]
r90,1 Differenz gewichtet - ÖKOSTRA

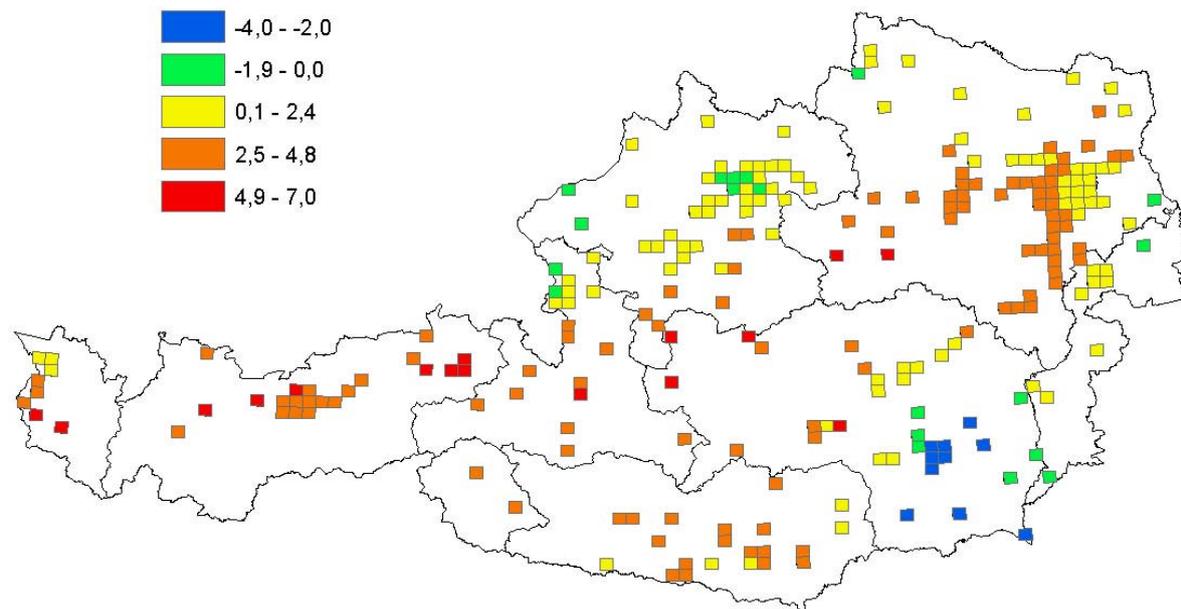


Abbildung 2.10: Unterschied der gewichteten und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{90,1}$ [l/s.ha]

2.3.3. Regenspende $r_{15,10}$

Bei einer Dauerstufe von 15 Minuten und einer Wiederkehrzeit von 10 Jahren ergeben sich wie in Abbildung 2.11, Abbildung 2.12 und Abbildung 2.13 ersichtlich ist, folgende räumliche Verteilungen für die drei unterschiedlichen Werte (nach ÖKOSTRA, der gewichtete Bemessungswert und nach HAÖ) der Regenspende.

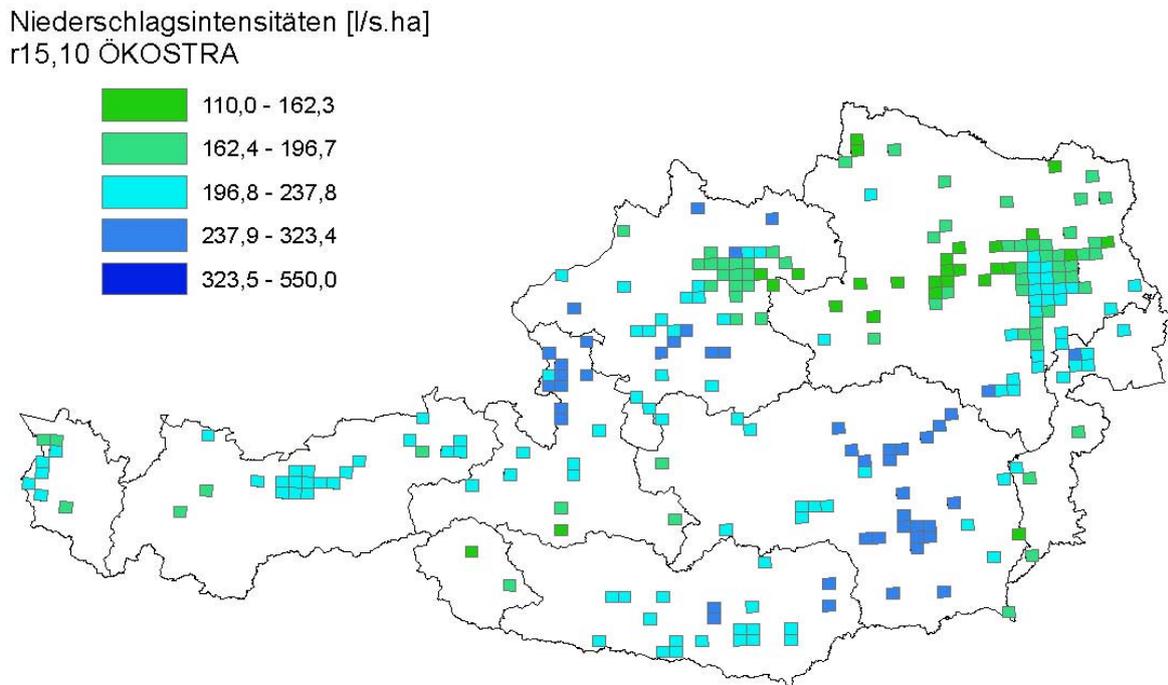


Abbildung 2.11: Niederschlagsintensitäten $r_{15,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA

Der nach Reinhold mit dem Zeitbeiwert errechnete Bemessungswert für den $r_{15,10}$ beträgt für das Flach- und Hügelland 268 [l/s.ha], für die Alpen- und Voralpen 335 [l/s.ha] und für Wien 234 [l/s.ha]. Wenn man das mit den Niederschlagsintensitäten nach ÖKOSTRA vergleicht, sind die ÖKOSTRA-Werte für die Alpen- und Voralpen und für den Wiener Raum deutlich geringer als die nach Reinhold ermittelten. Für das Flach- und Hügelland gibt es regionale Unterschiede. In der Steiermark liegen die ÖKOSTRA-Werte überwiegend im Bereich der 268 [l/s.ha], wohingegen sich z. B. für Oberösterreich durchwegs niedrigere Regenintensitäten ergeben.

Niederschlagsintensitäten [l/s.ha]
r_{15,10} gewichtet

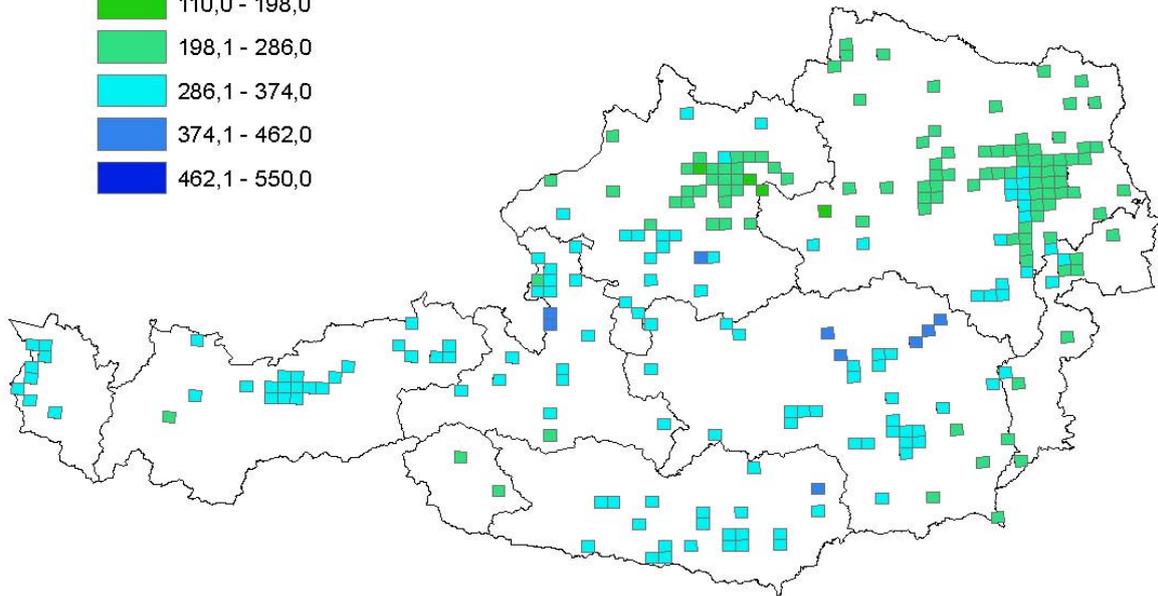


Abbildung 2.12: Niederschlagsintensitäten r_{15,10} [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte

Niederschlagsintensitäten [l/s.ha]
r_{15,10} HAÖ

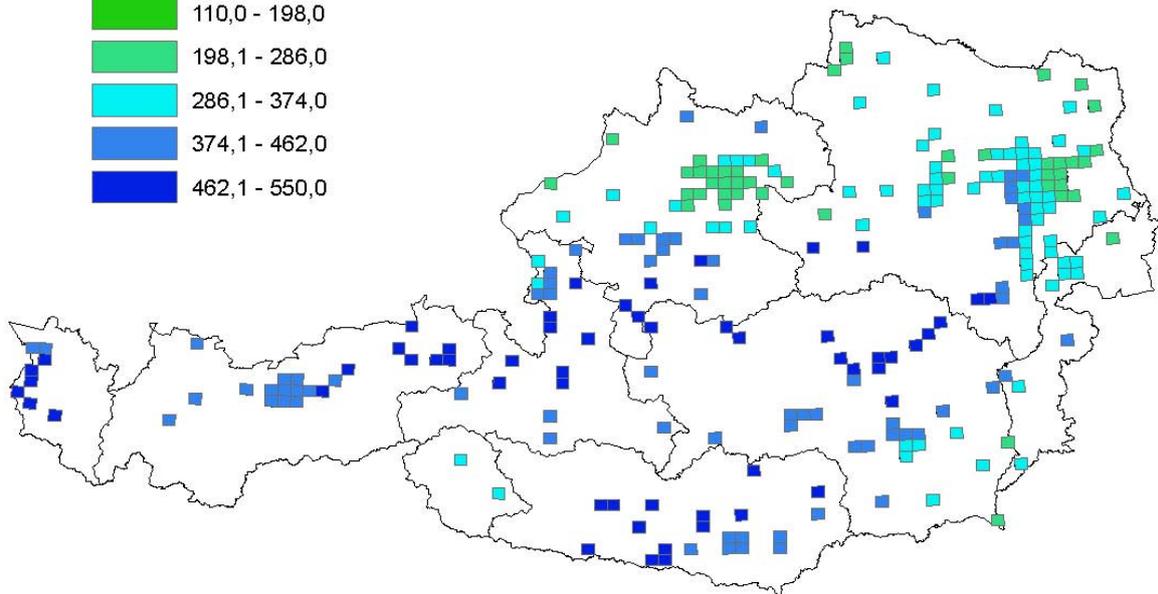
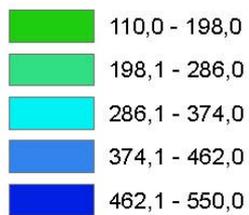


Abbildung 2.13: Niederschlagsintensitäten r_{15,10} [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ

Aus Abbildung 2.13 ist ersichtlich, dass die Niederschlagsintensitäten aus dem Hydrologischen Atlas Österreich vor allem in den Alpen und Voralpen weit höher liegen, als die nach Reinhold ermittelten. Auch für den Rest von Österreich, mit Ausnahme von Teilen von Oberösterreich, sind tendenziell höhere Werte erkennbar.

Im Falle des $r_{15,10}$ sind die gewichteten Werte (siehe Abbildung 2.12) noch am ehesten mit den nach Reinhold ermittelten Niederschlagsintensitäten vergleichbar.

Wenn man nun die Unterschiede der ÖKOSTRA-Werte zu den gewichteten oder den Werten aus dem Hydrologischen Atlas Österreich betrachtet (siehe Abbildung 2.14 und Abbildung 2.15) kann man Folgendes erkennen. Beim $r_{15,10}$ sind die gemessenen und nach ÖKOSTRA ausgewerteten Niederschlagsintensitäten immer geringer als die gewichteten oder die HAÖ-Werte. In den Alpen und Voralpen sind die größten Unterschiede vorhanden (rote und orange Flächen) wohingegen das Flach- und Hügelland und der Wiener Raum nicht so große Differenzen aufweisen (gelbe Flächen).

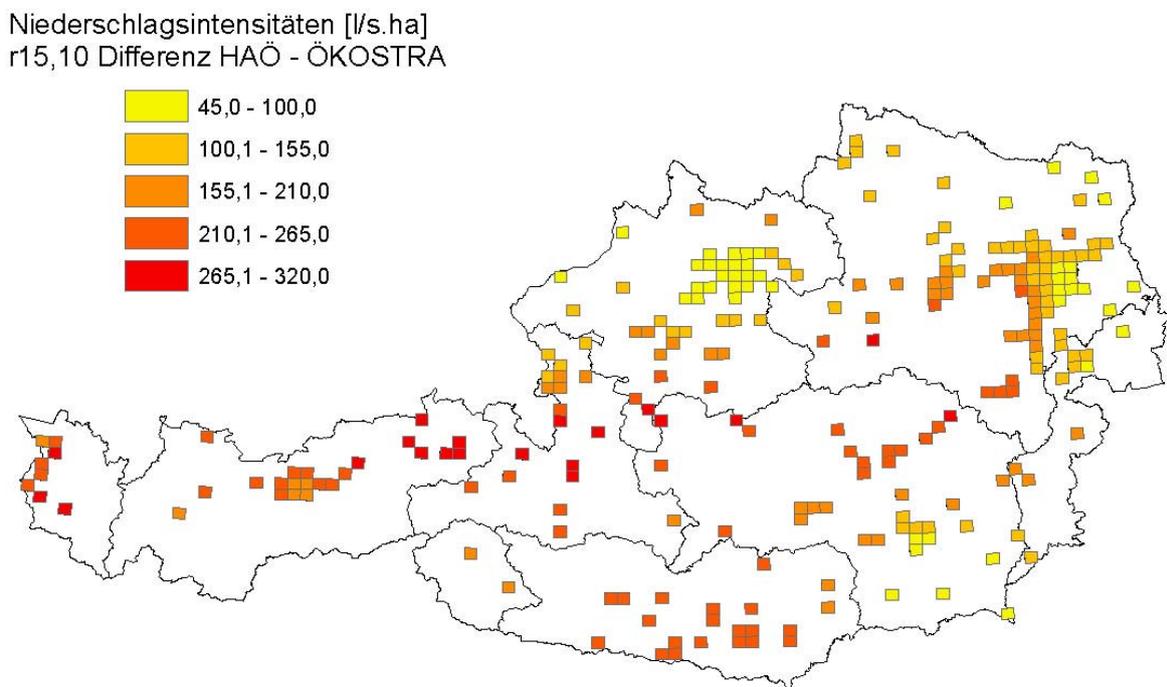


Abbildung 2.14: Unterschied der HAÖ- und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{15,10}$ [l/s.ha]

Niederschlagsintensitäten [l/s.ha]
r_{15,10} Differenz gewichtet - ÖKOSTRA

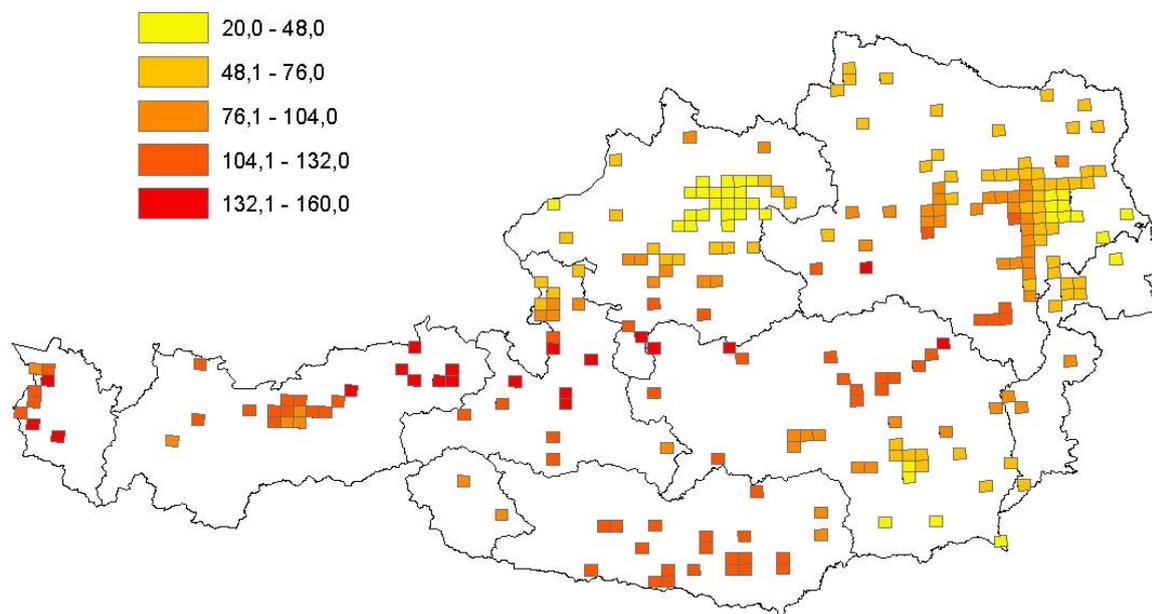


Abbildung 2.15: Unterschied der gewichteten und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten
r_{15,10} [l/s.ha]

2.3.4. Regenspende $r_{90,10}$

Bei einer Dauerstufe von 90 Minuten und einer Wiederkehrzeit von 10 Jahren ergeben sich wie in Abbildung 2.16, Abbildung 2.17 und Abbildung 2.18 ersichtlich ist, folgende räumliche Verteilungen für die drei unterschiedlichen Werte (nach ÖKOSTRA, der gewichtete Bemessungswert und nach HAÖ) der Regenspende.

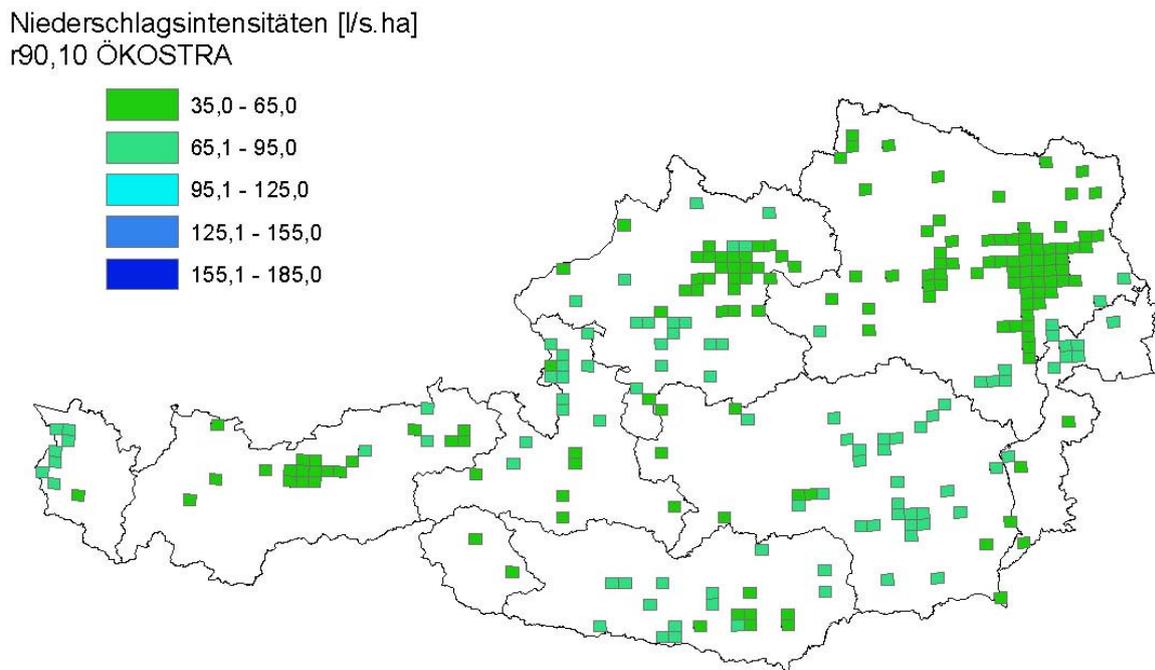


Abbildung 2.16: Niederschlagsintensitäten $r_{90,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA

Der nach Reinhold mit dem Zeitbeiwert errechnete Bemessungswert für den $r_{90,10}$ beträgt für das Flach- und Hügelland 65 [l/s.ha], für die Alpen- und Voralpen 81 [l/s.ha] und für Wien 57 [l/s.ha]. Diese Werte passen ganz gut mit den nach ÖKOSTRA ausgewerteten Niederschlagsintensitäten überein (siehe Abbildung 2.16).

Niederschlagsintensitäten [l/s.ha]
r90,10 gewichtet

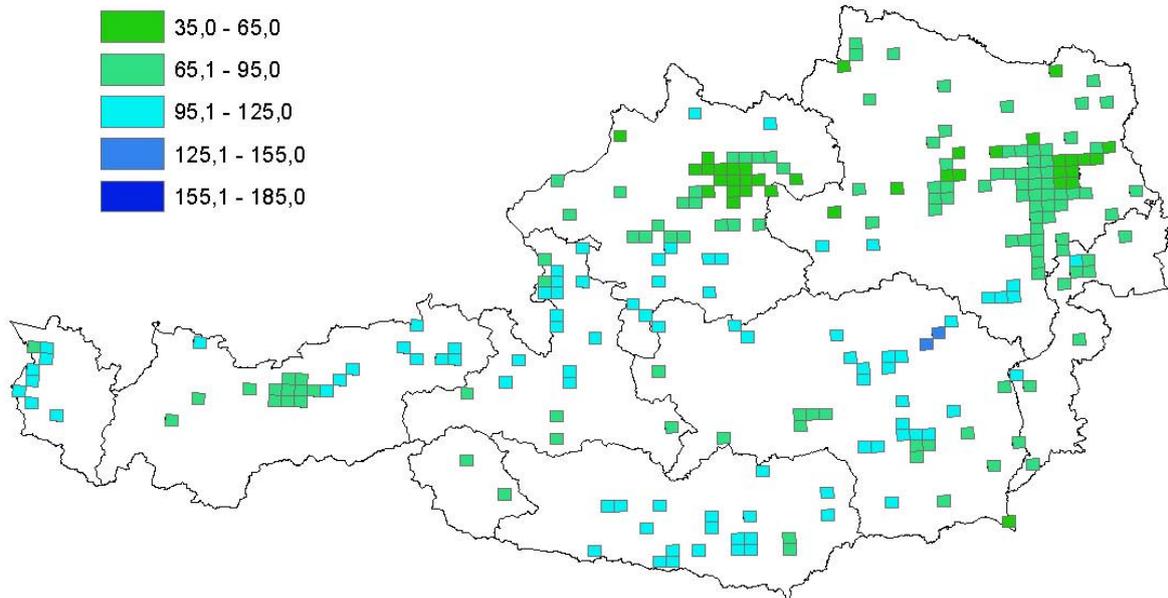


Abbildung 2.17: Niederschlagsintensitäten $r_{90,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte

Niederschlagsintensitäten [l/s.ha]
r90,10 HAÖ

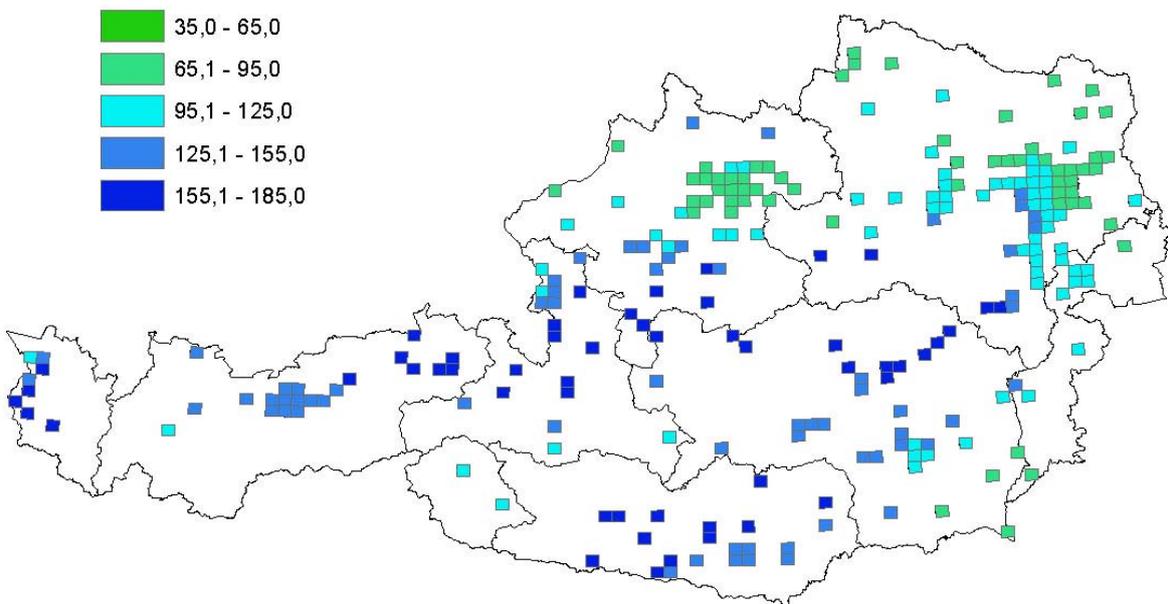


Abbildung 2.18: Niederschlagsintensitäten $r_{90,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ

Aus Abbildung 2.17 und Abbildung 2.18 zeigt sich wiederum, dass vor allem die HAÖ-Werte deutlich höher sind als die nach Reinhold ermittelten. Das beeinflusst natürlich wiederum die gewichteten Werte und ergibt auch dort höhere Werte. Einzig in Teilen von Oberösterreich ist auch hier eine Tendenz zu geringeren Intensitäten erkennbar.

Bei den Unterschieden von den ÖKOSTRA-Werten zu den HAÖ-Werten bzw. den gewichteten Werten (siehe Abbildung 2.19 und Abbildung 2.20) zeigt sich in etwa das gleiche Bild wie beim $r_{15,10}$. Die Niederschlagsintensitäten nach ÖKOSTRA sind immer geringer als die bei den anderen Werte. Große Unterschiede bestehen aber in den Alpen und Voralpen (rote Flächen), geringere Differenzen ergeben sich im Flach- und Hügelland und in Wien (gelbe Flächen).

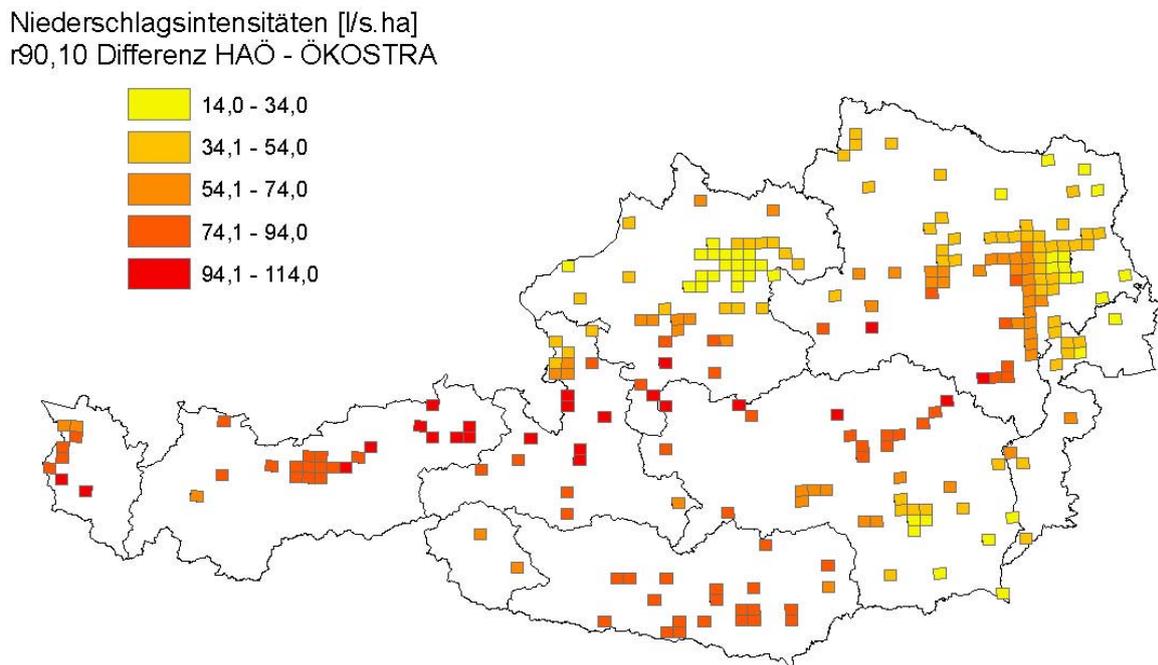


Abbildung 2.19: Unterschied der HAÖ- und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{90,10}$ [l/s.ha]

Niederschlagsintensitäten [l/s.ha]
r_{90,10} Differenz gewichtet - ÖKOSTRA

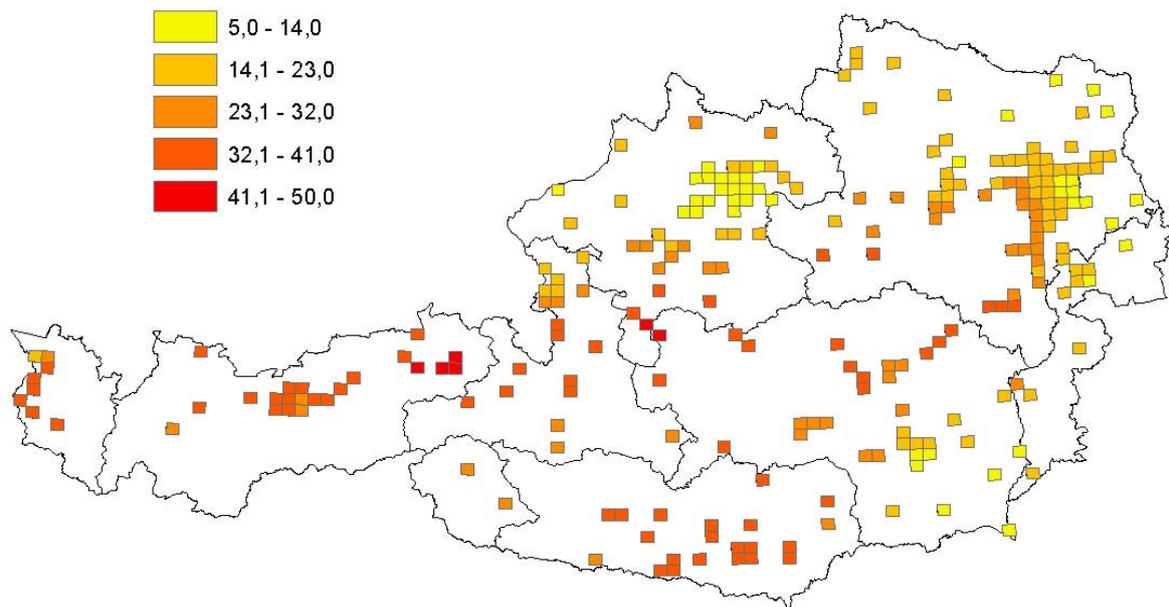


Abbildung 2.20: Unterschied der gewichteten und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten
r_{90,10} [l/s.ha]

2.4. Vergleich der ÖKOSTRA- Regenspenden mit jenen der ZAMG für den „Raum Graz“

Es gibt nun nicht nur die nach ÖKOSTRA ausgewerteten Niederschlagsdaten, sondern man kann zum Beispiel auch bei der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) am Flughafen Graz Thalerhof für den „Raum Graz“ Regenspendenauswertungen anfordern. Diese stammen alle von der Messstelle der Karl- Franzens- Universität Graz, wo seit 1987 der Niederschlag kontinuierlich digital aufgezeichnet wird. Die Regenspendenauswertungen werden jeweils am Ende eines jeden Jahres aktualisiert und damit in ihrer statistischen Aussagekraft jährlich verfeinert.

Nachdem die Regenspendenauswertungen für den „Raum Graz“ gleich aufgebaut sind wie die ÖKOSTRA-Auswertungen, können die Ergebnisse direkt miteinander verglichen werden. Dies wird im Folgenden mit einem der fünf für Graz verfügbaren Gitterpunkte, dem Gitterpunkt 216, Graz- Wetzelsdorf, durchgeführt.

Aus Tabelle 2.1, Tabelle 2.2 und Tabelle 2.3 ist ersichtlich, dass es nicht nur Unterschiede zwischen den ZAMG- und den ÖKOSTRA-Werten gibt, sondern dass sich die Auswertungen auch einfach auf Grund der unterschiedlichen Länge der zur Verfügung stehenden Langzeitregenreihen ändern. So hat sich beispielsweise der ZAMG-Wert für $r_{15,1}$ von 1998 bis 2005 um 3,8 % erhöht. Wenn man dazu den ÖKOSTRA-Wert betrachtet, so liegt dieser um ganze 32,2 [l/s.ha] oder um 17,9 % unter dem ZAMG-Wert 2005.

Für die anderen in Kapitel 2.3 betrachteten Regenspenden $r_{90,1}$, $r_{15,10}$ und $r_{90,10}$ ergibt sich ein ähnliches Bild, nämlich dass die ZAMG-Werte zwar höher sind, sich jedoch nicht so starke Unterschiede ergeben wie beim $r_{15,1}$.

Tabelle 2.1: Starkregentabelle der ZAMG Stmk. für den „Raum Graz“, 07/1987 bis 12/1998 [l/s.ha]

Wiederkehrzeit	0,5 a	1 a	2 a	3 a	4 a	5 a	10 a	20 a	25 a	30 a	40 a	50 a
Regendauer												
5 Min	233,4	290,1	350,1	383,4	406,7	426,8	483,4	543,4	560,1	576,8	600,1	620,1
10 Min	173,4	215,0	258,4	283,4	301,7	315,1	358,4	401,7	415,1	426,8	445,1	458,4
15 Min	138,9	173,4	207,8	227,8	242,3	253,4	286,7	321,2	332,3	341,2	355,6	366,7
20 Min	118,4	146,7	175,0	191,7	203,4	212,5	240,9	269,2	278,4	285,9	297,6	306,7
30 Min	91,7	112,8	134,5	146,7	155,6	166,1	183,9	205,6	212,3	217,8	226,7	233,9
45 Min	69,6	85,6	101,1	110,4	117,1	121,9	137,8	153,4	158,6	162,6	169,3	174,1
60 Min	57,0	69,5	82,0	89,2	94,5	98,4	110,9	123,4	127,5	130,6	135,9	139,8
90 Min	42,2	51,3	60,2	65,4	69,1	71,9	80,8	89,6	92,6	94,8	98,5	101,5
120 Min	34,0	41,0	47,9	52,1	54,9	57,2	64,2	71,1	73,3	75,2	78,1	80,3
3 Std	24,9	29,8	34,7	37,5	39,5	41,1	46,0	50,9	52,5	53,8	55,8	57,4
4 Std	19,9	23,7	27,5	29,7	31,3	32,5	36,3	40,1	41,3	42,4	43,9	45,1
6 Std	14,5	17,1	19,8	21,3	22,5	23,3	26,0	28,6	29,5	30,2	31,3	32,1
9 Std	10,6	12,4	14,3	15,4	16,1	16,8	18,6	20,5	21,1	21,6	22,4	23,0
12 Std	8,5	9,9	11,4	12,2	12,8	13,3	14,8	16,2	16,7	17,1	17,7	18,2
18 Std	6,3	7,3	8,3	8,9	9,4	9,7	10,7	11,7	12,1	12,3	12,8	13,1
24 Std	5,1	5,9	6,7	7,2	7,5	7,8	8,6	9,4	9,7	9,9	10,2	10,5
2 Tg	3,2	3,7	4,1	4,4	4,6	4,7	5,2	5,7	5,8	6,0	6,1	6,3
3 Tg	2,5	2,8	3,2	3,4	3,5	3,6	4,0	4,3	4,4	4,5	4,7	4,8
4 Tg												
5 Tg												
6 Tg												
7 Tg												

Tabelle 2.2: Starkregentabelle der ZAMG Stmk. für den „Raum Graz“, 07/1987 bis 12/1998 [l/s.ha]

Wiederkehrzeit	0,5 a	1 a	2 a	3 a	4 a	5 a	10 a	20 a	25 a	30 a	40 a	50 a
Regendauer												
5 Min	243,4	276,7	313,4	333,4	346,7	356,7	390,1	426,8	436,8	446,8	460,1	470,1
10 Min	181,7	218,4	256,7	278,4	293,4	305,1	343,4	380,1	391,7	401,7	418,4	430,1
15 Min	147,8	180,0	213,4	232,3	245,6	256,7	288,9	321,2	332,3	341,2	354,5	364,5
20 Min	125,9	153,4	181,7	198,4	210,0	218,4	246,7	275,1	283,4	290,9	302,6	311,7
30 Min	97,8	118,9	140,0	152,8	161,7	168,4	189,5	210,6	217,8	223,4	231,7	238,9
45 Min	74,5	89,6	104,8	113,7	120,4	125,2	140,4	155,6	160,8	164,8	171,1	176,0
60 Min	60,3	72,2	84,2	91,1	96,1	100,0	112,0	123,6	127,5	130,9	135,6	139,5
90 Min	44,1	52,4	60,8	65,6	69,1	71,7	80,0	88,4	91,1	93,2	96,7	99,3
120 Min	35,0	41,4	47,9	51,7	54,3	56,4	62,9	69,3	71,4	73,1	75,7	77,8
3 Std	25,0	29,5	34,1	36,8	38,6	40,1	44,6	49,2	50,7	51,9	53,8	55,2
4 Std	19,6	23,2	26,8	28,9	30,4	31,5	35,1	38,8	39,9	40,8	42,4	43,5
6 Std	13,9	16,5	19,2	20,7	21,8	22,6	25,3	27,9	28,8	29,5	30,6	31,4
9 Std	9,8	11,8	13,8	15,0	15,8	16,5	18,5	20,4	21,1	21,6	22,4	23,1
12 Std	7,7	9,4	11,0	12,0	12,7	13,2	14,9	16,5	17,1	17,5	18,2	18,7
18 Std	5,6	6,9	8,1	8,9	9,4	9,8	11,1	12,4	12,8	13,2	13,7	14,1
24 Std	4,4	5,5	6,6	7,2	7,7	8,0	9,1	10,2	10,6	10,9	11,3	11,7
2 Tg	2,6	3,4	4,1	4,5	4,8	5,0	5,7	6,5	6,7	6,9	7,2	7,4
3 Tg	2,0	2,6	3,1	3,4	3,6	3,8	4,3	4,9	5,0	5,2	5,4	5,6
4 Tg	1,7	2,1	2,5	2,8	3,0	3,1	3,5	3,9	4,1	4,2	4,3	4,5
5 Tg	1,5	1,8	2,2	2,4	2,5	2,6	2,9	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7
6 Tg	1,3	1,6	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2
7 Tg	1,2	1,4	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7

Tabelle 2.3: Bemessungsniederschläge für die Siedlungswasserwirtschaft, 216 – Graz- Wetzelsdorf nach ÖKOSTRA [l/s.ha]

DAUER	TYP	0.5T	1T	2T	3T	5T	10T	20T	30T	50T	100T
5 Minuten	HAÖ		243,4	323,4	373,4	430,1	513,4	593,5	640,1	696,8	780,2
	gew. Wert	203,4	270,1	336,7	376,7	426,8	493,4	560,1	600,1	650,1	716,8
	ÖKOSTRA		306,7	353,4	380,1	416,8	466,8	516,8	546,8	583,5	636,8
10 Minuten	HAÖ		163,4	238,4	283,4	340,1	416,8	493,4	538,4	595,1	670,1
	gew. Wert	115,0	175,0	235,0	270,1	315,1	375,1	433,4	468,4	513,4	573,4
	ÖKOSTRA		191,7	231,7	255,1	285,1	326,7	370,1	391,7	425,1	466,8
15 Minuten	HAÖ		127,8	195,6	234,5	282,3	349,0	416,8	455,6	503,4	570,1
	gew. Wert	86,7	137,8	187,8	217,8	255,6	305,6	356,7	385,6	423,4	473,4
	ÖKOSTRA		147,8	181,1	201,2	226,7	261,2	297,8	316,7	342,3	379,0
20 Minuten	HAÖ		106,7	164,2	197,5	239,2	296,7	353,4	386,7	428,4	485,9
	gew. Wert	71,7	115,0	158,4	183,4	215,0	258,4	300,9	325,9	358,4	400,9
	ÖKOSTRA		122,5	152,5	170,0	191,7	221,7	252,6	270,1	291,7	320,9
30 Minuten	HAÖ		82,2	127,2	153,9	186,7	232,3	277,8	303,9	337,3	382,3
	gew. Wert	55,0	88,9	122,8	142,3	167,3	201,2	235,0	255,1	279,5	313,4
	ÖKOSTRA		95,0	118,4	132,8	150,0	174,5	198,4	211,7	230,6	255,1
45 Minuten	HAÖ		62,2	97,1	117,8	143,4	178,2	213,0	233,4	258,9	293,8
	gew. Wert	42,2	68,2	94,1	109,3	128,2	154,1	180,0	195,2	214,5	240,0
	ÖKOSTRA		73,0	91,1	102,2	116,3	135,2	154,1	165,2	180,0	197,8
60 Minuten	HAÖ		51,4	80,0	96,7	117,8	146,4	175,0	191,7	212,8	241,7
	gew. Wert	35,6	56,4	77,0	89,2	104,5	125,0	145,9	157,8	173,1	193,9
	ÖKOSTRA		60,0	74,7	83,4	94,7	109,5	124,2	132,8	144,2	158,9
90 Minuten	HAÖ		38,9	60,2	72,8	88,5	110,0	131,5	144,1	159,8	181,1
	gew. Wert	27,8	42,4	57,0	65,6	76,3	90,9	105,6	114,1	125,0	139,7
	ÖKOSTRA		45,2	54,6	60,8	68,2	78,0	88,4	94,1	101,5	112,1
2 Stunden	HAÖ		31,7	48,9	59,0	71,7	89,0	106,3	116,4	129,2	146,4
	gew. Wert	23,2	34,5	45,8	52,4	60,7	72,1	83,4	90,0	98,4	109,6
	ÖKOSTRA		36,7	43,8	48,1	53,8	61,5	68,8	73,5	78,9	86,8
3 Stunden	HAÖ		23,8	36,7	44,3	53,7	66,6	79,5	87,0	96,5	109,3
	gew. Wert	17,8	25,7	33,6	38,2	44,0	52,0	59,8	64,5	70,3	78,2
	ÖKOSTRA		27,0	31,7	34,6	38,3	43,5	48,7	51,6	55,3	60,4
4 Stunden	HAÖ		19,3	29,7	35,8	43,5	53,8	64,2	70,3	77,9	88,4
	gew. Wert	14,5	20,6	26,7	30,3	34,8	40,9	47,0	50,6	55,1	61,2
	ÖKOSTRA		21,5	25,1	27,3	30,1	34,0	37,9	39,9	42,9	46,8
6 Stunden	HAÖ		15,8	23,5	27,9	33,6	41,2	48,9	53,3	59,0	66,6
	gew. Wert	11,5	15,7	20,0	22,5	25,6	29,8	34,0	36,5	39,6	43,9
	ÖKOSTRA		15,9	18,3	19,7	21,7	24,4	26,9	28,3	30,4	32,9
9 Stunden	HAÖ		12,5	18,1	21,4	25,5	31,1	36,6	39,9	44,0	49,5
	gew. Wert	9,0	11,9	14,8	16,5	18,6	21,5	24,5	26,2	28,3	31,2
	ÖKOSTRA		11,7	13,3	14,3	15,6	17,4	19,1	20,3	21,5	23,4
12 Stunden	HAÖ		10,4	14,9	17,5	20,7	25,2	29,6	32,2	35,5	39,9
	gew. Wert	7,5	9,8	12,2	13,5	15,3	17,6	20,0	21,3	23,1	25,4
	ÖKOSTRA		9,7	11,1	11,9	13,0	14,5	16,1	16,9	18,1	19,6

3. Bemessungsregenspende für die Dimensionierung von Parkplatzentwässerungen

Die Entwässerung von großen undurchlässigen Flächen in den Kanal bildet bei der Ermittlung der Bemessungsregenspende einen Sonderfall.

Dazu wird im ÖWWV-Regelblatt 11 (1982) Folgendes angeführt:

"In Sonderfällen, z. B. Anschluß der Entwässerung großer undurchlässiger Flächen (Werksgelände, Parkplätze usw.) an das Kanalnetz, muß geprüft werden, ob nicht Überlastungen auftreten können, weil die Zuleitungen nach ÖNORM B 2501 [...] mit einer Regenintensität von 300 l/(s·ha) bemessen werden. Es kann daher notwendig sein, als maximale Regenintensität jene des 5-Minuten-Regens in die Berechnung einzuführen (Zeitbeiwert $\phi = 1,71$ für $n = 1$). Besonders gefährdet sind Anfangsstränge mit großem Gefälle." (ÖWWV-Regelblatt 11 (1982), S.18)

In der ÖNORM B2501 (1980) war dazu Folgendes zu finden:

"Die dem maßgebenden Kurzregen (5 min) entsprechende Regenspende beträgt nach Untersuchungen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien im Bundesdurchschnitt $300 \frac{l}{s \cdot ha}$.

Wenn zusätzliche Sicherheiten (z. B. bei Schlagregen) geboten erscheinen, wird empfohlen, den Wert der Regenspende entsprechend zu erhöhen." (ÖNORM B 2501 (1980), S.16)

In der Ausgabe 2002 der ÖNORM 2501 liest sich das folgendermaßen:

"Mindestwert für die Berechnungsregenspende: $r = 0,030 l/(s \cdot m^2) = 300 l/(s \cdot ha)$

Die dem maßgebenden Kurzregen (5 min) entsprechende Regenspende wurde nach Untersuchungen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien im Bundesdurchschnitt festgelegt. Sofern bekannt ist, dass sie maßgebliche Regenspende über 300 l/(s·ha) liegt, ist die Regenspende in Abstimmung mit der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik festzulegen und als Berechnungsbasis heranzuziehen." (ÖNORM B 2501 (2002), S. 19)

Und im Entwurf zum neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) wird dafür nun Folgendes empfohlen:

"Zur Dimensionierung von Parkplatzentwässerungen ist maximal die Regenintensität der Dauerstufe 10 Minuten anzusetzen."

(ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006), Kap. 5.2.1 c), S.5)

Da sich damit hinsichtlich der Empfehlung für die Bemessungsregenspende für Parkplatzentwässerungen seit 1980 einiges verändert hat, war es natürlich interessant herauszufinden, was das nunmehr bedeutet, wenn man von einem konstanten Wert für ganz Österreich auf die regionalisierten Regenspenden der Dauerstufe 10 Minuten übergehen möchte. Des Weiteren kommt bei der Empfehlung des neuen ÖWAV-Regelblattes 11 (Entwurf, 2006) auch noch die Abhängigkeit von der zu wählenden Wiederkehrzeit gemäß der Tabelle 7.1 (siehe Abbildung 3.1) hinzu.

Tabelle 7.1: Empfohlene Häufigkeiten der Bemessungsregen

Nutzungskategorie	Häufigkeit	Wiederkehrzeit
Ländliche Wohngebiete	1,00	1 Jahr
Städtische Wohngebiete	0,50	2 Jahre
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	0,20	5 Jahre
Unterirdische Verkehrsanlagen und Unterführungen mit zentraler Bedeutung	0,10	10 Jahre

Abbildung 3.1: Tabelle 7.1 – Empfohlene Häufigkeiten der Bemessungsregen aus dem ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006)

Nach dieser beträgt die Wiederkehrzeit für ländliche Wohngebiete ein Jahr, für städtische Wohngebiete zwei Jahre, für Stadtzentren, Industrie und Gewerbegebiete fünf Jahre und für unterirdische Verkehrsanlagen und Unterführungen mit zentraler Bedeutung zehn Jahre. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse der zu wählenden Bemessungsregenspende im Folgenden für diese Wiederkehrzeiten für alle 247 Gitterpunkte dargestellt.

3.1. Ländliches Wohngebiet - Wiederkehrzeit 1 Jahr

Das neue ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) schlägt für ländliche Wohngebiete für die Bemessungsregenspende eine Wiederkehrzeit von einem Jahr vor. Damit ergeben sich für die 247 Gitterpunkte folgende drei Varianten (Abbildung 3.2 bis Abbildung 3.4):

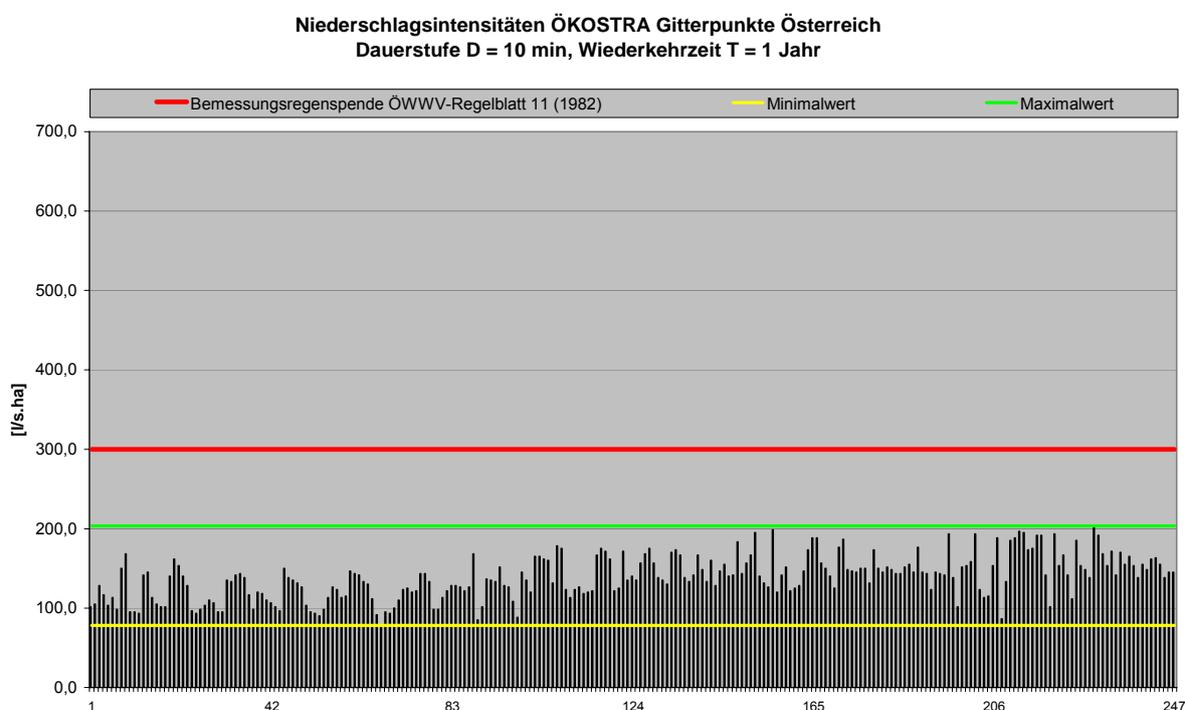


Abbildung 3.2: Niederschlagsintensitäten $r_{10,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA

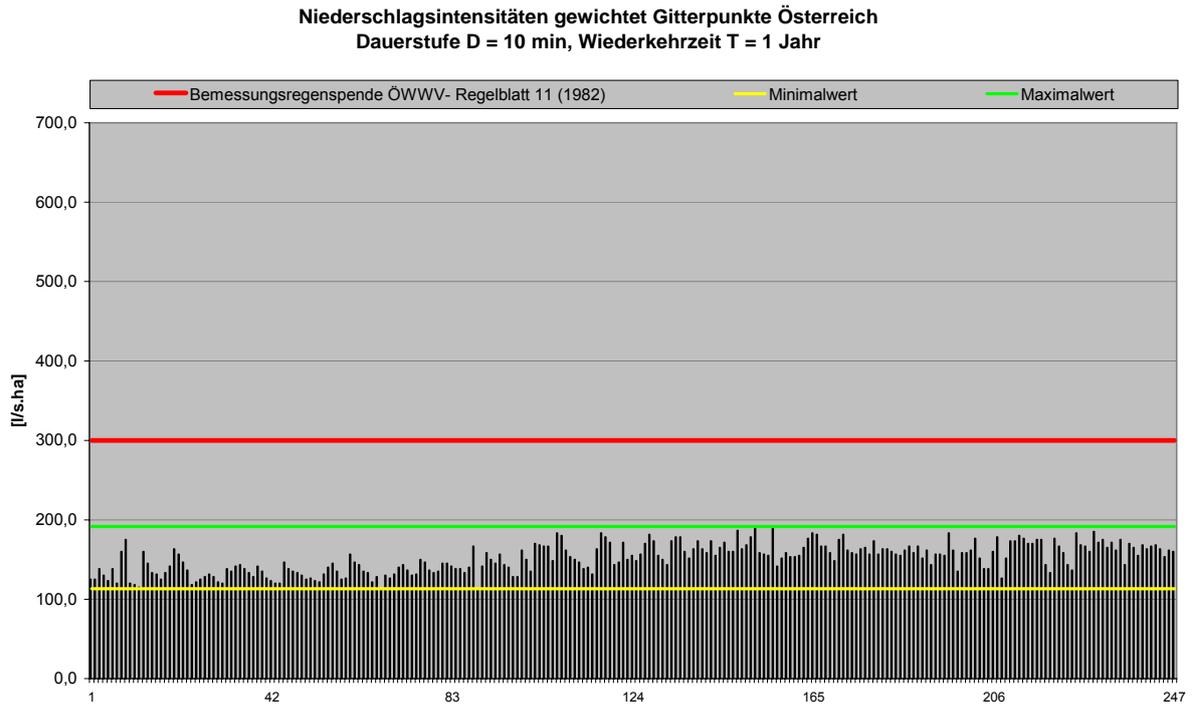


Abbildung 3.3: Niederschlagsintensitäten $r_{10,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte

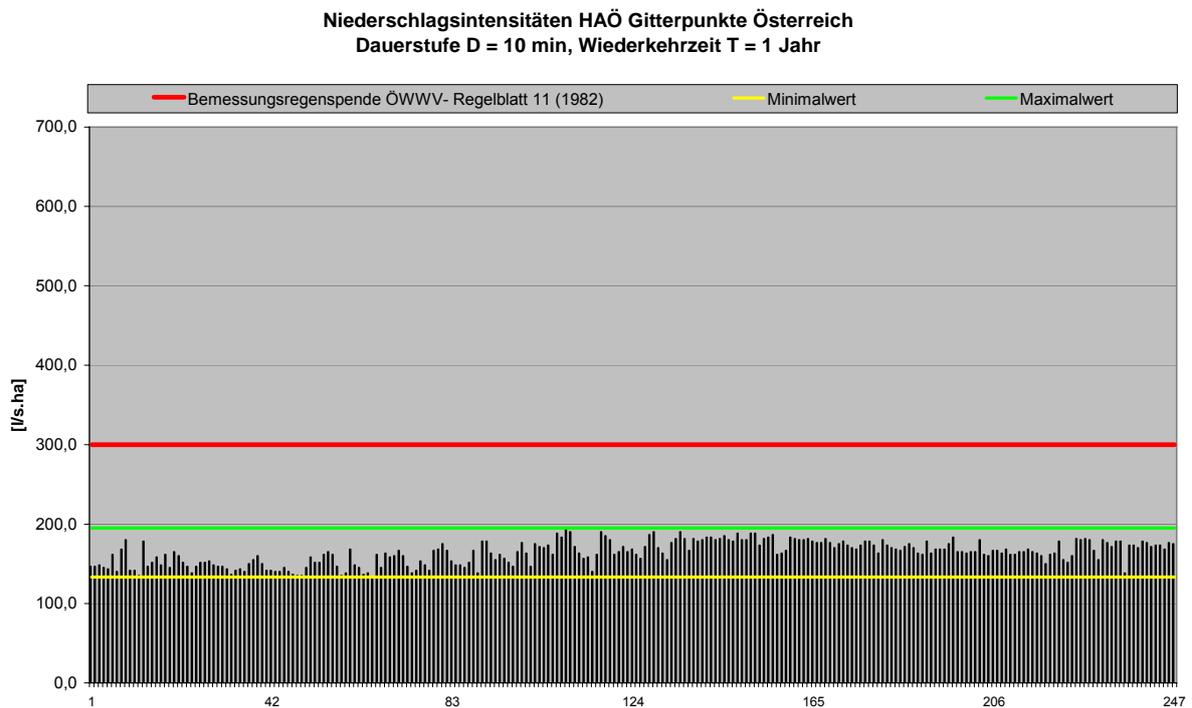


Abbildung 3.4 Niederschlagsintensitäten $r_{10,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ

Die Niederschlagsintensitäten des $r_{10,1}$ liegen nach ÖKOSTRA zwischen 78,3 [l/s.ha] und 203,4 [l/s.ha], die gewichteten Werte zwischen 113,4 [l/s.ha] und 191,7 [l/s.ha] und nach dem Hydrologischen Atlas Österreich zwischen 133,4 [l/s.ha] und 195,0 [l/s.ha].

Die im ÖWWV-Regelblatt 11 (1982) für das ganze Bundesgebiet empfohlene Regenintensität von 300 [l/s.ha] wird in keinem der 247 Gitterpunkte erreicht. Für die Bemessung auf ein einjähriges Niederschlagsereignis kann demnach zukünftig eine geringere Bemessungsregenspende angesetzt werden als bisher.

3.2. Städtisches Wohngebiet - Wiederkehrzeit 2 Jahre

Das neue ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) schlägt für städtische Wohngebiete für die Bemessungsregenspende eine Wiederkehrzeit von zwei Jahren vor. Damit ergeben sich für die 247 Gitterpunkte folgende drei Varianten (Abbildung 3.5 bis Abbildung 3.7):

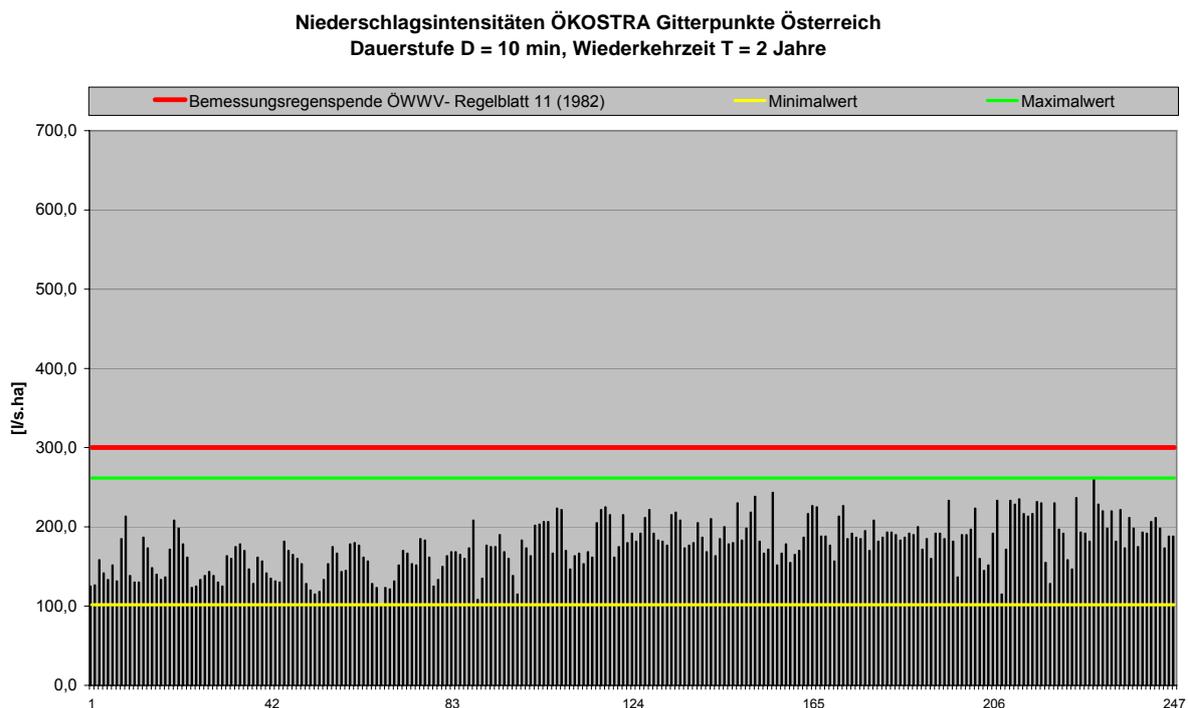


Abbildung 3.5: Niederschlagsintensitäten $r_{10,2}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA

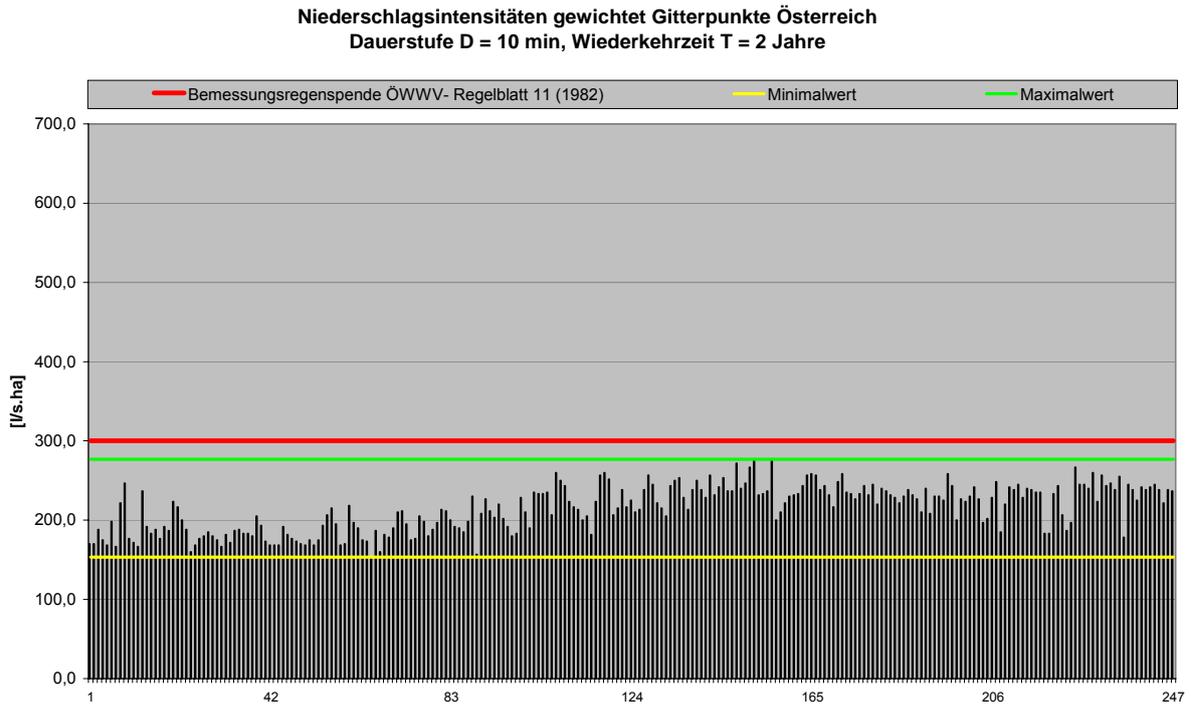


Abbildung 3.6: Niederschlagsintensitäten $r_{10,2}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte

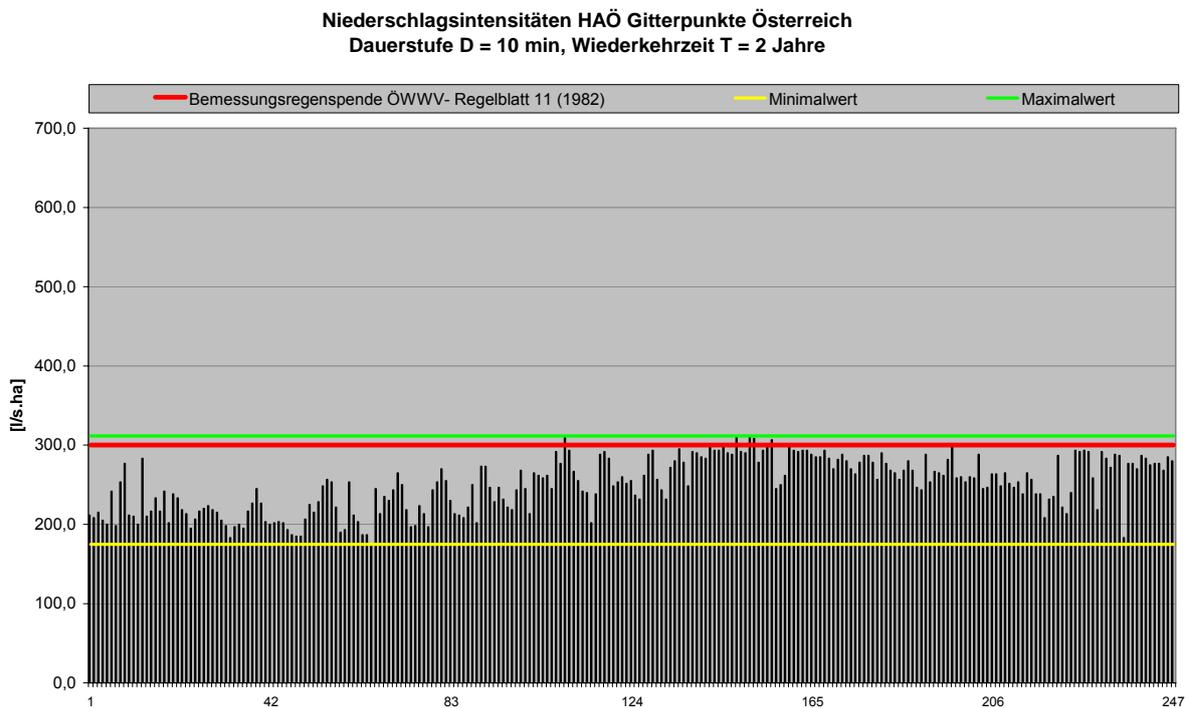


Abbildung 3.7: Niederschlagsintensitäten $r_{10,2}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ

Die Niederschlagsintensitäten des $r_{10,2}$ liegen nach ÖKOSTRA zwischen 101,7 [l/s.ha] und 261,7 [l/s.ha], die gewichteten Werte zwischen 153,4 [l/s.ha] und 276,7 [l/s.ha] und nach dem Hydrologischen Atlas Österreich zwischen 175,0 [l/s.ha] und 311,7 [l/s.ha].

Bei den HAÖ-Werten treten bei einem zweijährlichen Ereignis schon Überschreitungen der im ÖWWV-Regelblatt 11 (1982) angegebenen Regenintensität von 300 [l/s.ha] auf, und zwar bei sieben Punkten, was einem Prozentsatz von 2,8 % entspricht.

3.3. Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete - Wiederkehrzeit 5 Jahre

Das neue ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) schlägt für Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete für die Bemessungsregenspende eine Wiederkehrzeit von fünf Jahren vor. Damit ergeben sich für die 247 Gitterpunkte folgende drei Varianten (Abbildung 3.8 bis Abbildung 3.10):

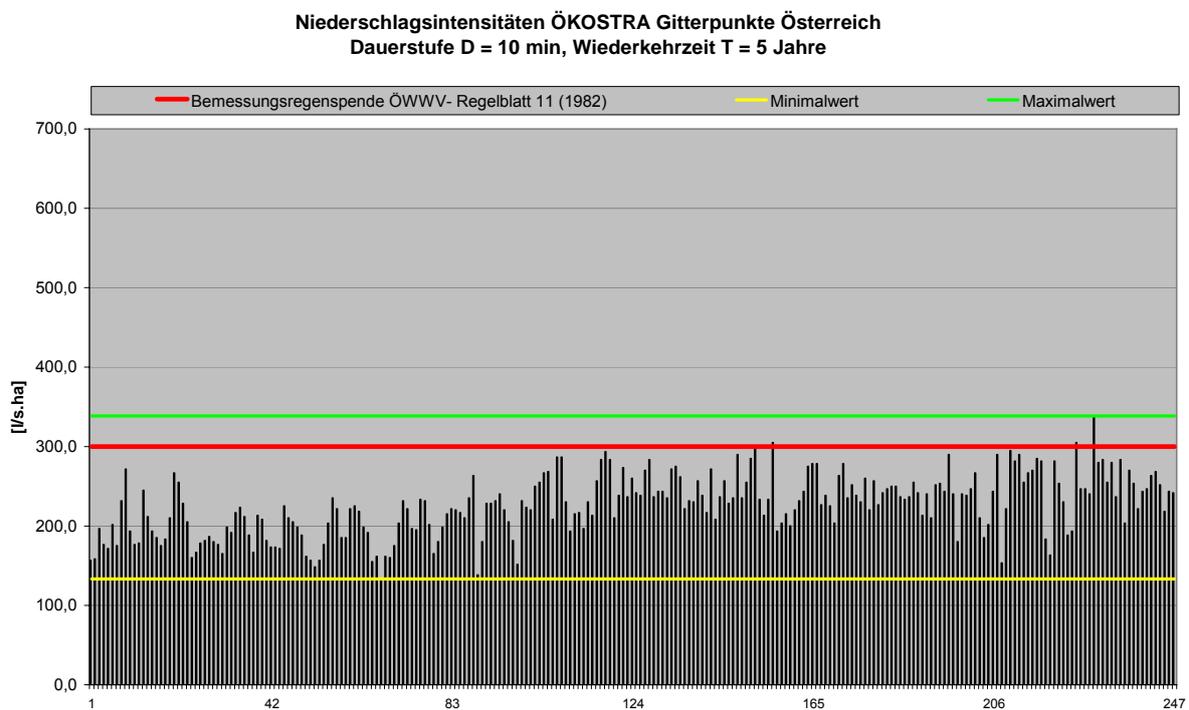


Abbildung 3.8: Niederschlagsintensitäten $r_{10,5}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA

Niederschlagsintensitäten gewichtet Gitterpunkte Österreich
 Dauerstufe D = 10 min, Wiederkehrzeit T = 5 Jahre

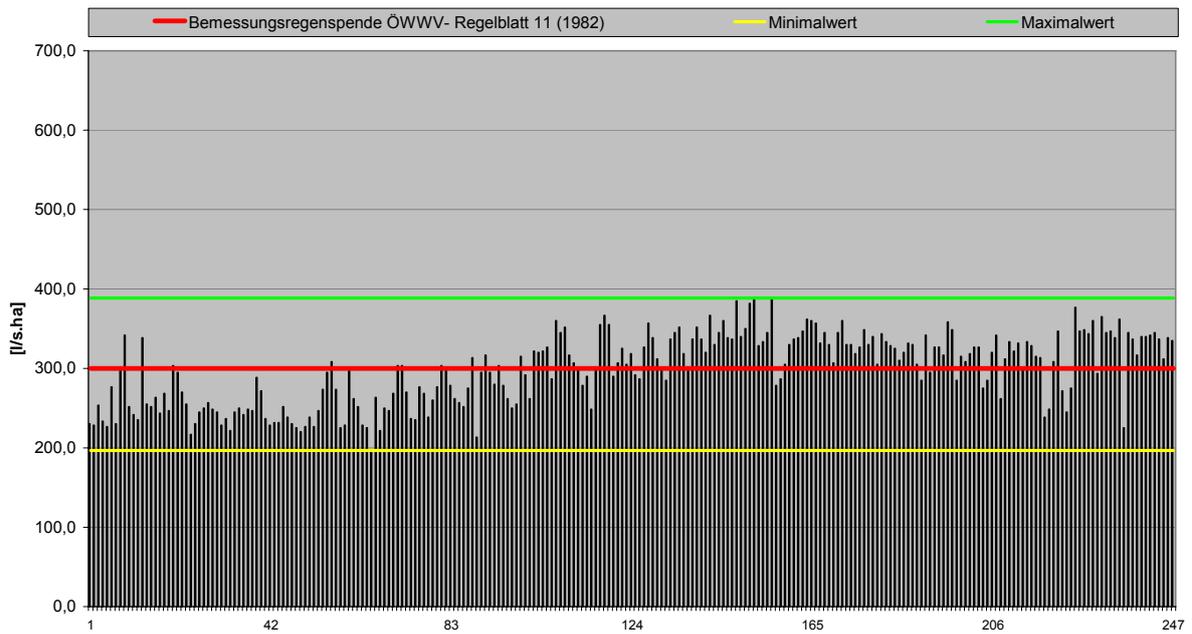


Abbildung 3.9: Niederschlagsintensitäten $r_{10,5}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte

Niederschlagsintensitäten HAÖ Gitterpunkte Österreich
 Dauerstufe D = 10 min, Wiederkehrzeit T = 5 Jahre

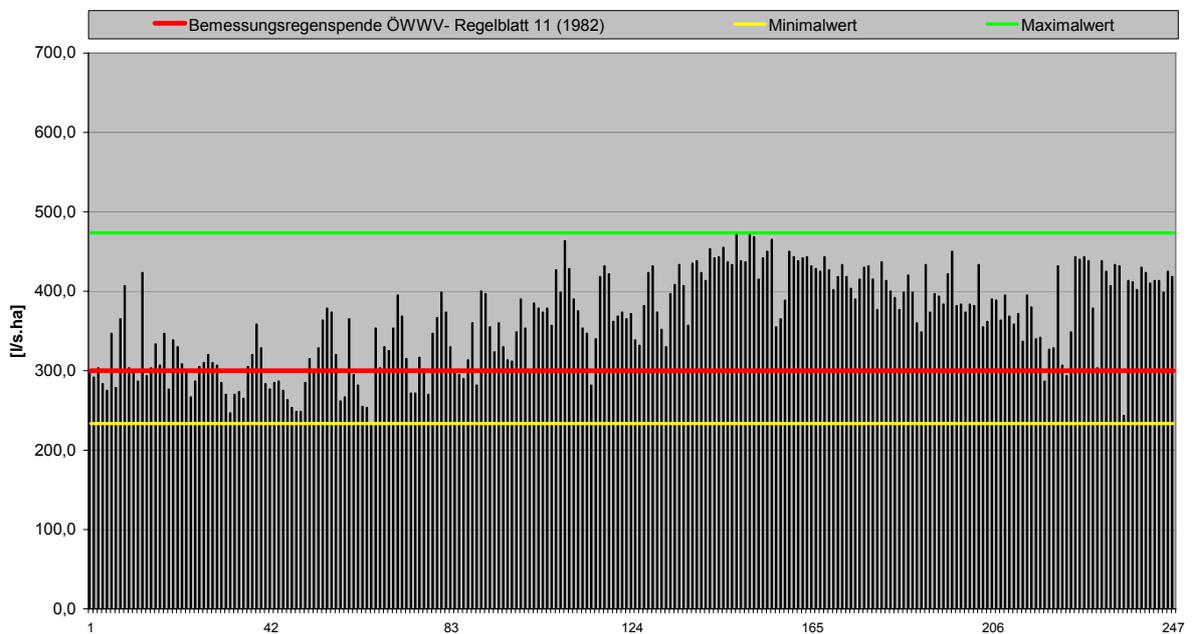


Abbildung 3.10: Niederschlagsintensitäten $r_{10,5}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ

Die Niederschlagsintensitäten des $r_{10,5}$ liegen nach ÖKOSTRA zwischen 133,4 [l/s.ha] und 338,4 [l/s.ha], die gewichteten Werte zwischen 196,7 [l/s.ha] und 388,4 [l/s.ha] und nach dem Hydrologischen Atlas Österreich zwischen 233,4 [l/s.ha] und 473,4 [l/s.ha].

Bei einem fünfjährlichen Ereignis zeigen sich schon deutliche Überschreitungen der im ÖWWV-Regelblatt 11 (1982) angegebenen Regenintensität von 300 [l/s.ha]. Bei den ÖKOSTRA-Werten kommt das lediglich vier Mal vor (1,6 %), bei den gewichteten Werten sind es schon 133 Mal (53,8 %) und bei den HAÖ-Werten gibt es 202 Überschreitungen (81,8 %).

3.4. unterirdische Verkehrsanlagen und Unterführungen mit zentraler Bedeutung - Wiederkehrzeit 10 Jahre

Das neue ÖWAV- Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) schlägt für unterirdische Verkehrsanlagen und Unterführungen mit zentraler Bedeutung für die Bemessungsregenspende eine Wiederkehrzeit von zehn Jahren vor. Damit ergeben sich für die 247 Gitterpunkte folgende drei Varianten (Abbildung 3.11 bis Abbildung 3.13):

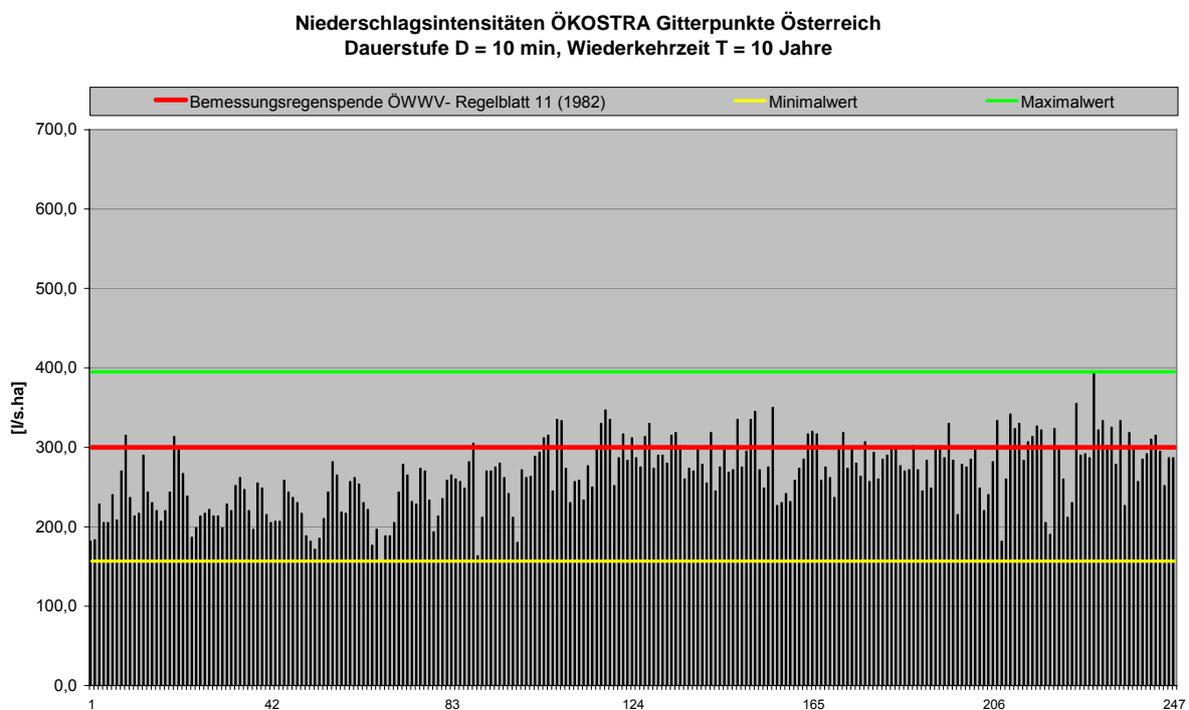


Abbildung 3.11: Niederschlagsintensitäten $r_{10,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA

Niederschlagsintensitäten gewichtet Gitterpunkte Österreich
Dauerstufe D = 10 min, Wiederkehrzeit T = 10 Jahre

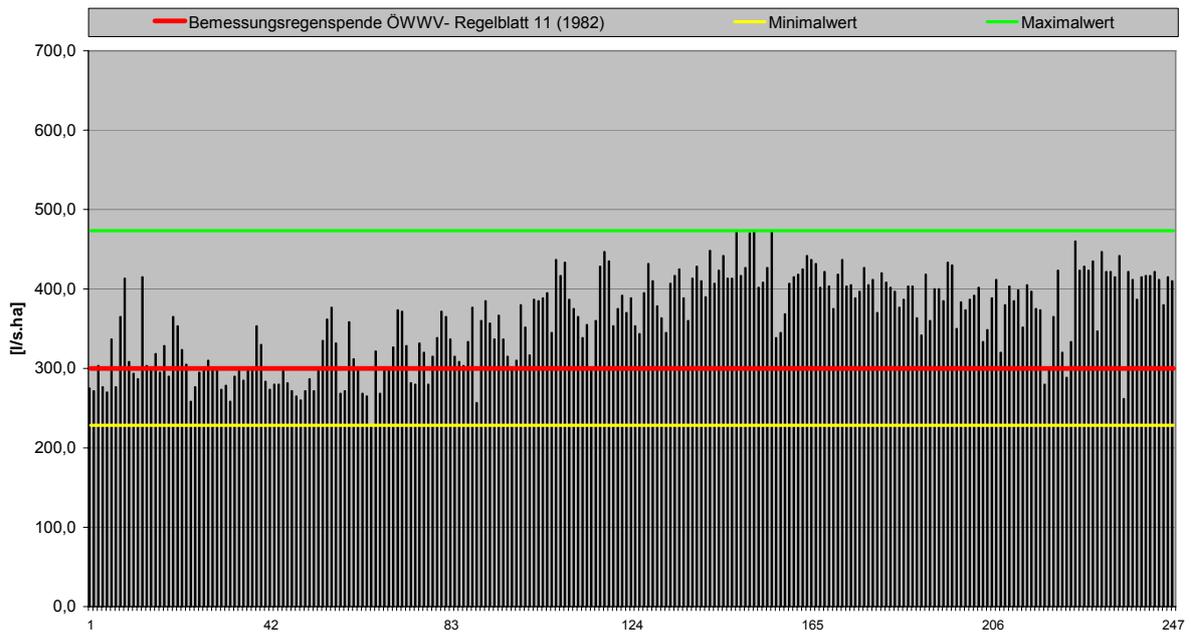


Abbildung 3.12: Niederschlagsintensitäten $r_{10,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte

Niederschlagsintensitäten HAÖ Gitterpunkte Österreich
Dauerstufe D = 10 min, Wiederkehrzeit T = 10 Jahre

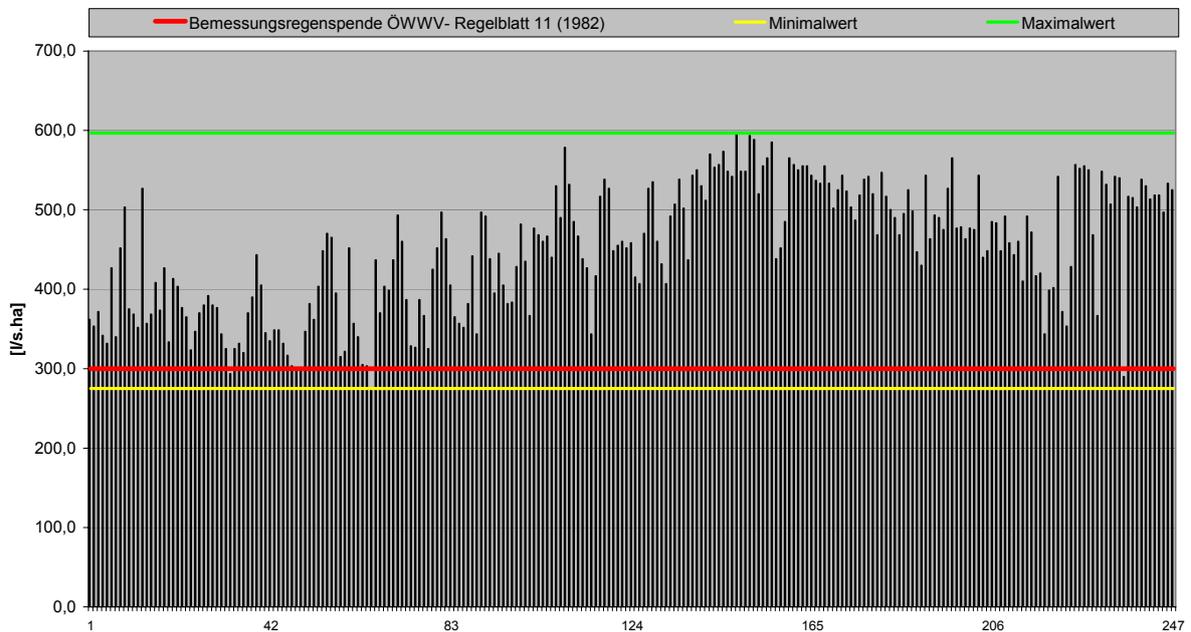


Abbildung 3.13: Niederschlagsintensitäten $r_{10,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ

Die Niederschlagsintensitäten des $r_{10,10}$ liegen nach ÖKOSTRA zwischen 156,7 [l/s.ha] und 395,1 [l/s.ha], die gewichteten Werte zwischen 228,4 [l/s.ha] und 473,4 [l/s.ha] und nach dem Hydrologischen Atlas Österreich zwischen 275,1 [l/s.ha] und 596,8 [l/s.ha].

Für ein zehnjährliches Ereignis gibt es bei den ÖKOSTRA-Werten 52 Überschreitungen (21,1 %) der im ÖWWV-Regelblatt 11 (1982) angegebenen Regenintensität von 300 [l/s.ha]. Bei den gewichteten Werten sind es schon 197 (53,8 %) und bei den HAÖ-Werten sind gar 242 Überschreitungen (98,0 %) zu verzeichnen.

Es zeigt sich damit, dass die Regenintensität von 300 [l/s.ha] in Abhängigkeit von der Wiederkehrzeit in Zukunft teilweise unter- und teilweise überschritten werden wird. Offen bleibt damit aber noch die Frage, welche der drei Regenspendenvarianten des ÖKOSTRA-Projektes (2006) hierbei anzuwenden sind.

4. Fließzeitverfahren

4.1. Beschreibung Fließzeitverfahren

Das Fließzeitverfahren ist eine Methode für die Ermittlung des Bemessungsniederschlags für die hydraulische Dimensionierung von Kanalisationssträngen in Kanalnetzen. Es ist nur bedingt dazu geeignet, bestehende Kanalnetze nachzurechnen oder hydraulische Engpässe zu lokalisieren und ist nicht geeignet, um Kanalnetze mit Rückstau zu berechnen. Nach ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) darf das Fließzeitverfahren nur unter folgenden Randbedingungen angewandt werden:

- keine größeren Speichervolumina in den Kanälen
- rückstaufreier Abfluss, rückstaufreie Vorflut
- kein Abfluss unter Druck laut Fließzeitverfahren
- Abfluss aus Drosseln gering im Vergleich zum oberhalb anfallenden Niederschlagsabfluss
- baumartig verästeltes Kanalnetz mit gleichmäßigen Fließzeiten
- keine Vermaschungen, keine Gegengefälle, keine Fließrichtungsumkehr
- Fehldimensionierungen durch das Fließzeitverfahren infolge zu geringen Gefälles können ausgeschlossen werden
- Größe des gesamten Einzugsgebietes $A_E \leq 200$ ha oder Fließzeit ≤ 15 min

Im Rahmen der Diplomarbeit sollte ein Demonstrationsbeispiel für die Anwendung des Fließzeitverfahrens entwickelt werden. Dabei sollten die Größe des Einzugsgebietes und die Fließzeit in den Kanälen im Grenzbereich liegen, wo man das Fließzeitverfahren gerade noch anwenden darf.

Der Mischwasserabfluss setzt sich aus dem Trockenwetterabfluss und dem Regenwasserabfluss zusammen.

Für den Trockenwetterabfluss Q_T ist die Kenntnis von häuslichem Schmutzwasserabfluss Q_H , betrieblichem Schmutzwasserabfluss Q_G und dem Fremdwasserabfluss Q_F vonnöten. Grundsätzlich sollte man für diese Parameter auf Beobachtungen oder Messungen zurückgreifen. Da aber für das untersuchte Beispiel keine Daten vorhanden sind, wurden die vom ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) empfohlenen Werte angenommen. Für den häuslichen Schmutzwasserabfluss wurde ein spezifischer Spitzen-Schmutzwasserabfluss von $q_H = 4$ [l/s.1000.E] und für den Fremdwasserabfluss eine Fremdwasserspende q_F von 0,05 [l/s ha] angesetzt. Im betrachteten Einzugsgebiet gibt es keine Industriebetriebe und somit auch keinen betrieblichen Schmutzwasserabfluss.

Für die Berechnung des Regenwasserabflusses ist die maßgebende Berechnungregenspense zu ermitteln. Die einzelnen Regenspendsen wurden dabei den Tabellen aus dem ÖKOSTRA-Projekt (2006) entnommen und den Reinhold-Ansätzen des alten ÖWWV-Regelblattes 11 (1982) gegenübergestellt.

Im Anschluss an die Ermittlung der Bemessungregenspendsen nach dem Fließzeitverfahren und der Dimensionierung der einzelnen Haltungen sollte mit Hilfe eines hydrodynamischen

Simulationsprogrammes ein Überstaunachweis des Einzugsgebietes auf Basis von Euler II Modellregen, welche ebenfalls aus den Regenspendenlinien des ÖKOSTRA-Projektes generiert wurden, geführt werden.

4.2. Demonstrationsbeispiel

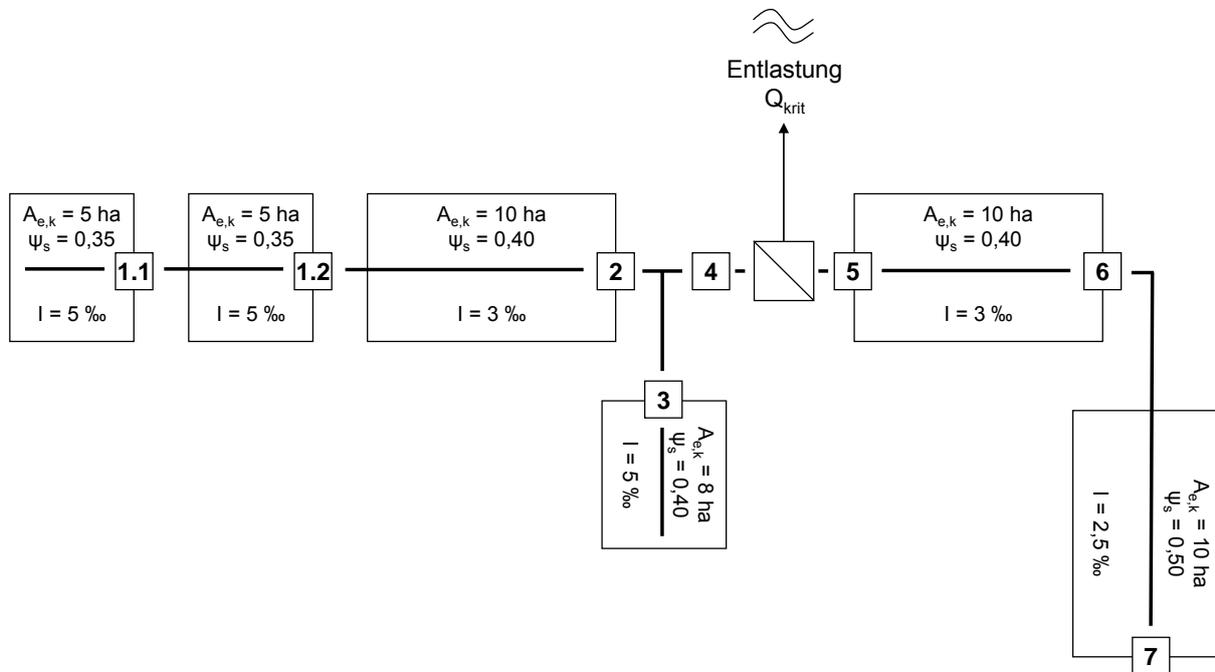


Abbildung 4.1: Haltungen und Einzugsgebiete

Das zu dimensionierende Kanalnetz besteht aus sechs Teileinzugsgebieten, von denen jedes eine etwas andere Charakteristik besitzt. Die Größe der Einzugsgebiete, die Spitzenabflussbeiwerte und die jeweiligen Neigungen können der Abbildung 4.1 entnommen werden. Abgesehen von dem Gefälle, in dem der Kanal verlegt werden soll, ist der Spitzenabflussbeiwert ψ_s ein wichtiger Parameter für die Dimensionierung. Er kann z. B. mit der im ÖWWV-Regelblatt 11 (1982) oder im Arbeitsblatt DWA A 118 (2006) angegebenen Tabellen für den Spitzenabflussbeiwert (siehe Abbildung 4.2 und Abbildung 4.3) in Abhängigkeit von der Geländeneigung und dem Anteil an befestigten Flächen abgeschätzt werden.

Tafel 4: Spitzenabflussbeiwerte Ψ_s in Abhängigkeit von der mittleren Geländeneigung J_g und vom Anteil der befestigten Flächen.

Anteil der befestigten Flächen %	mittlere Geländeneigung J_g			
	< 1%	1 bis 4%	4 bis 10%	> 10%
0	0	0–0,10	0,05–0,15	0,10–0,20
10	0,05–0,10	0,10–0,20	0,15–0,25	0,20–0,30
20	0,10–0,20	0,20–0,30	0,25–0,35	0,30–0,40
40	0,30–0,40	0,40–0,50	0,50	0,55
60	0,55	0,60	0,65	0,65
80	0,75	0,80	0,80	0,80
100	0,90	0,95	0,95	0,95

Abbildung 4.2: Tabelle Spitzenabflussbeiwerte aus dem ÖWWV- Regelblatt 11 (1982)

Tabelle 6: Empfohlene Spitzenabflussbeiwerte für unterschiedliche Regenspenden bei einer Regendauer von 15 min (r_{15}) in Abhängigkeit von der mittleren Geländeneigung J_G und dem Befestigungsgrad (für Fließzeitverfahren)

Befestigungsgrad [%]	Gruppe 1 $J_G < 1\%$				Gruppe 2 $1\% \leq J_G \leq 4\%$				Gruppe 3 $4\% < J_G \leq 10\%$				Gruppe 4 $J_G > 10\%$			
	für r_{15} [l/(s·ha)] von															
	100	130	180	225	100	130	180	225	100	130	180	225	100	130	180	225
0 *)	0,00	0,00	0,10	0,31	0,10	0,15	0,30	(0,46)	0,15	0,20	(0,45)	(0,60)	0,20	0,30	(0,55)	(0,75)
10 *)	0,09	0,09	0,19	0,38	0,18	0,23	0,37	(0,51)	0,23	0,28	0,50	(0,64)	0,28	0,37	(0,59)	(0,77)
20	0,18	0,18	0,27	0,44	0,27	0,31	0,43	0,56	0,31	0,35	0,55	0,67	0,35	0,43	0,63	0,80
30	0,28	0,28	0,36	0,51	0,35	0,39	0,50	0,61	0,39	0,42	0,60	0,71	0,42	0,50	0,68	0,82
40	0,37	0,37	0,44	0,57	0,44	0,47	0,56	0,66	0,47	0,50	0,65	0,75	0,50	0,56	0,72	0,84
50	0,46	0,46	0,53	0,64	0,52	0,55	0,63	0,72	0,55	0,58	0,71	0,79	0,58	0,63	0,76	0,87
60	0,55	0,55	0,61	0,70	0,60	0,63	0,70	0,77	0,62	0,65	0,76	0,82	0,65	0,70	0,80	0,89
70	0,64	0,64	0,70	0,77	0,68	0,71	0,76	0,82	0,70	0,72	0,81	0,86	0,72	0,76	0,84	0,91
80	0,74	0,74	0,78	0,83	0,77	0,79	0,83	0,87	0,78	0,80	0,86	0,90	0,80	0,83	0,87	0,93
90	0,83	0,83	0,87	0,90	0,86	0,87	0,89	0,92	0,86	0,88	0,91	0,93	0,88	0,89	0,93	0,96
100	0,92	0,92	0,95	0,96	0,94	0,95	0,96	0,97	0,94	0,95	0,96	0,97	0,95	0,96	0,97	0,98

*) Befestigungsgrade $\leq 10\%$ bedürfen i. d. R. einer gesonderten Betrachtung

Abbildung 4.3: Tabelle Spitzenabflussbeiwerte aus dem Arbeitsblatt DWA A 118 (2006)

Bei den für das Demonstrationsbeispiel gewählten Spitzenabflussbeiwerten ψ_s würde dies für die Stränge 1.1, 1.2, 2, 3 und 6 einen Anteil an befestigten Flächen von etwa 40 % und für den Strang 7 einen Befestigungsgrad von etwa 55 % bedeuten.

Die einzelnen Haltungen sollen annähernd geländeparallel verlegt werden.

Die Einwohnerdichte für alle Einzugsgebiete beträgt 100 [E/ha]. Es ist ein mittlerer täglicher Schmutzwasseranfall von 200 [l/E.d] zu erwarten.

Im Folgenden werden die einzelnen Berechnungsschritte für die Ermittlung der Bemessungsregenspenden nach Reinhold mit dem Zeitbeiwertverfahren (Kapitel 4.2.1) und nach den Regenspendenlinien aus dem ÖKOSTRA-Projekt (2006) (Kapitel 4.2.2) dargestellt.

4.2.1. Ermittlung der Bemessungsregenspende nach Reinhold mit dem Zeitbeiwertverfahren

(1) Annahme einer Fließgeschwindigkeit v

(2) Berechnung der Fließzeit t_f

$$t_f = \frac{l}{60 \cdot v} \quad [\text{min}] \quad \begin{array}{l} l \text{ [m] ... Länge des Kanalstrangs} \\ v \text{ [m/s] ... mittlere Fließgeschwindigkeit} \end{array}$$

(3) minimale rechnerische Fließzeit $t_{f,\text{min}} = 10$ [min]

(4) Zeitbeiwert $\varphi_{D(T_n)}$

$$\varphi_{D(T_n)} = \frac{38}{D+9} \cdot \left(T_n^{1/4} - 0,369 \right) \quad [-] \quad \begin{array}{l} D \text{ [min] ... Dauerstufe} \\ T_n \text{ [a] ... Wiederkehrzeit} \end{array}$$

(5) Bemessungsregenspende r^*

$$r^* = \varphi_{D(T_n)} \cdot r_{15(1)} \quad [\text{l/s.ha}] \quad \begin{array}{l} \varphi_{D(T_n)} \text{ [-] ... Zeitbeiwert} \\ r_{15(1)} \text{ [l/s.ha] ... Basisregenspende} \end{array}$$

(6) reduzierte (abflusswirksame) Fläche des Einzugsgebietes A_{red}

$$A_{\text{red}} = A_k \cdot \psi_s \quad [\text{ha}_{\text{red}}] \quad \begin{array}{l} A_k \text{ [ha] ... Fläche des Entwässerungsgebietes} \\ \psi_s \text{ [-] ... Spitzenabflussbeiwert} \end{array}$$

(7) Regenwasserabfluss Q_R

$$Q_R = A_{\text{red}} \cdot r^* \quad [\text{l/s}]$$

(8) Trockenwetterabfluss Q_T

$$Q_T = Q_H + Q_G + Q_F \quad [\text{l/s}] \quad \begin{array}{l} Q_H \text{ [l/s] ... häuslicher Schmutzwasserabfluss} \\ Q_G \text{ [l/s] ... betrieblicher Schmutzwasserabfluss} \\ Q_F \text{ [l/s] ... Fremdwasserabfluss} \end{array}$$

$$Q_H = q_H \cdot E \quad \begin{array}{l} q_H \text{ [l/s.E] ... einwohnerspezifischer, häuslicher} \\ \text{Spitzen- Schmutzwasserabfluss} \\ E \text{ [-] ... Einwohnerzahl} \end{array}$$

$$Q_G = q_G \cdot A_{E,k} \quad \begin{array}{l} q_G \text{ [l/s.ha] ... betriebliche} \\ \text{Schmutzwasserabflussspende} \\ A_{E,k} \text{ [ha] ... Fläche des kanalisierten} \\ \text{Einzugsgebietes} \end{array}$$

$$Q_F = q_F \cdot A_{E,k} \quad \begin{array}{l} q_F \text{ [l/s.ha] ... Fremdwasserspende} \\ A_{E,k} \text{ [ha] ... Fläche des kanalisierten} \\ \text{Einzugsgebietes} \end{array}$$

(9) Bemessungsabfluss Q_{Bem}

$$Q_{\text{Bem}} = Q_T + Q_R$$

4.2.2. Ermittlung der Bemessungsregenspende nach ÖKOSTRA- Regenspendenlinien

(1) Annahme einer Fließgeschwindigkeit v

(2) Berechnung der Fließzeit t_f

$$t_f = \frac{l}{60 \cdot v} \quad [\text{min}] \quad l \text{ [m] ... Länge des Kanalstrangs}$$

v [m/s] ... mittlere Fließgeschwindigkeit

(3) minimale rechnerische Fließzeit $t_{f,\text{min}} = 10$ [min]

(4) Bemessungsniederschlag h

$$h_{(D,T_n)} \text{ [mm]} \quad \text{Wert aus entsprechender Tabelle ÖWAV-Arbeitsbehelf}$$

ÖKOSTRA (2006) D [min] ... Dauerstufe
 T_n [a] ... Wiederkehrzeit

(5) Bemessungsregenspende r

$$r = \frac{h_{(D,T_n)}}{t_f} \cdot 166,7 \quad [\text{l/s.ha}] \quad h \text{ [mm] ... Bemessungsniederschlag}$$

t_f [min] ... Fließzeit

(6) reduzierte (abflusswirksame) Fläche des Einzugsgebietes A_{red}

$$A_{\text{red}} = A_k \cdot \psi_s \quad [\text{ha}_{\text{red}}] \quad A_k \text{ [ha] ... Fläche des Entwässerungsgebietes}$$

ψ_s [-] ... Spitzenabflussbeiwert

(7) Regenwasserabfluss Q_R

$$Q_R = A_{\text{red}} \cdot r \quad [\text{l/s}]$$

(8) Trockenwetterabfluss Q_T

$$Q_T = Q_H + Q_G + Q_F \quad [\text{l/s}]$$

Q_H [l/s] ... häuslicher Schmutzwasserabfluss
 Q_G [l/s] ... betrieblicher Schmutzwasserabfluss
 Q_F [l/s] ... Fremdwasserabfluss

$$Q_H = q_H \cdot E$$

q_H [l/s.E] ... einwohnerspezifischer, häuslicher
 Spitzen- Schmutzwasserabfluss
 E [-] ... Einwohnerzahl

$$Q_G = q_G \cdot A_{E,k}$$

q_G [l/s.ha] ... betriebliche
 Schmutzwasserabflussspende
 $A_{E,k}$ [ha] ... Fläche des kanalisierten
 Einzugsgebietes

$$Q_F = q_F \cdot A_{E,k}$$

q_F [l/s.ha] ... Fremdwasserspende
 $A_{E,k}$ [ha] ... Fläche des kanalisierten
 Einzugsgebietes

(9) Bemessungsabfluss Q_{Bem}

$$Q_{\text{Bem}} = Q_T + Q_R$$

4.2.3. Entlastungsbauwerk: Mischwasserüberlauf

Im Demonstrationsbeispiel ist im Knoten 4 auch eine Mischwasserentlastung vorgesehen. Die weitergeleitete Mischwassermenge wurde nach dem ÖWWV-Regelblatt 19 (1987) wie folgt errechnet:

(1) kritische Regenspende

$$r_{\text{krit}} = 15 \quad [\text{l/s.ha}]$$

(2) mögliche Abminderung nach einer der beiden Gleichungen

$$r_{\text{krit,t}} = r_{\text{krit}} \cdot \frac{120}{t_f + 120} \quad [\text{l/s.ha}]$$

$$r_{\text{krit,t}} = r_{\text{krit}} \cdot \frac{45}{t_f + 30} \quad [\text{l/s.ha}]$$

t_f ... längste Fließzeit bis zum Mischwasserüberlauf

$r_{\text{krit,t}}$... auf Grund der Fließzeit abgeminderte kritische Regenspende

(3) kritischer Mischwasserabfluss Q_{krit}

$$Q_{\text{krit}} = r_{\text{krit,t}} \cdot A_U + Q_{t24} + \sum Q_{\text{dr},i} \quad [\text{l/s}]$$

Q_{t24} [l/s] ... durchschnittlicher

Trockenwetterabfluss

$\sum Q_{\text{dr},i}$ [l/s] ... Summe aller unmittelbar

von oberhalb zufließenden

Drosselabflüsse

A_U [ha] ... abflusswirksame befestigte

Fläche

(4) weitergeleiteter Mischwasserabfluss

$$Q = 1,2 \cdot Q_{\text{krit}} \quad [\text{l/s}]$$

4.2.4. Schleppspannungsnachweis

$$\tau_{\text{vorn}} = \rho \cdot g \cdot r_{\text{hy}} \cdot I_R$$

$\rho \cdot g$ [N/m²] ... spezifisches Gewicht

des Abwassers

r_{hy} [m] ... hydraulischer Radius

I_R [-] ... Reibungsgefälle

Um Ablagerungen in Kanälen zu vermeiden, sollte in Abhängigkeit vom hydraulischen Radius und vom Reibungsgefälle eine erforderliche Mindestschubspannung τ_{min} erreicht werden. Diese soll den Wert von 1,0 N/m² in keinem Fall unterschreiten.

Für den Nachweis ist nach dem neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) der mittlere tägliche Schmutzwasserabfluss $Q_{\text{S,d}}$ zu ermitteln und der entsprechende Teilfüllungsgrad zu bestimmen. Ein etwaiger Fremdwasserabfluss ist dabei nicht zu berücksichtigen, da man nicht genau sagen kann, ob es Fremdwasser im Kanal gibt und dieses deshalb nicht zu Reinigungszwecken herangezogen werden darf.

4.2.5. Berechnungsschritte Fließzeitverfahren

- Über die Haltungslängen und einer vorerst geschätzten Fließgeschwindigkeit kann die Fließzeit berechnet werden. Die minimale rechnerische Fließzeit beträgt dabei nach dem neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) 10 Minuten. Enthalten ist darin auch eine Anlaufzeit von 5 Minuten, welche die Fließzeit des Niederschlagswassers bis zum Kanal berücksichtigt (vereinfachtes Oberflächenmodell). Nach der Berechnung des Bemessungsniederschlags und der Dimensionierung des Kanalstranges muss die Fließgeschwindigkeit unter den vorherrschenden Bedingungen überprüft werden und gegebenenfalls die Berechnung neu durchgeführt werden. Alternativ kann dafür nach dem neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) auch die Vollfüllungsgeschwindigkeit des gewählten Rohrdurchmessers für die Berechnung der Fließzeit herangezogen werden.
- Mit der maßgebenden maximalen Fließzeit kann unter der Annahme, dass der größte Regenwasserabfluss dann auftritt, wenn die Regendauer gleich groß ist wie die Fließzeit vom äußersten Rand des Einzugsgebietes bis zum betrachteten Kanalquerschnitt, die Bemessungsregenspende errechnet werden. Die Ermittlung der Bemessungsregenspenden erfolgte dabei alternativ sowohl nach Reinhold als auch auf Basis der ÖKOSTRA-Regenspendenlinien.
 - Nach Reinhold erfolgt die Ermittlung der Bemessungsregenspende über das Zeitbeiwertverfahren. Dabei wird die Basisregenspende $r_{15,1}$, die von örtlichen und klimatischen Verhältnissen abhängt, mit einem Zeitbeiwert φ , der eine Funktion von der Regendauer D und der Wiederkehrzeit T_n ist, multipliziert.
 - In Zukunft soll die Ermittlung der Bemessungsregenspenden über die nach ÖKOSTRA (für 247 Gitterpunkte) ausgewerteten Regenspendenlinien erfolgen. Dazu bedient man sich der zur Verfügung stehenden 247 Tabellen, die den Bemessungsniederschlag in Abhängigkeit von der Dauerstufe D und der Wiederkehrzeit T_n beinhalten.
- Für den maßgebenden Regenwasserabfluss ist daneben auch noch die Kenntnis der abflusswirksamen Flächen notwendig. Dies erfolgt durch Multiplikation der kanalisiert Flächen A_k mit dem Spitzenabflussbeiwert ψ_s , der von der befestigten Fläche und der Geländeneigung abhängig ist.
- Durch Multiplikation der Bemessungsregenspenden mit den abflusswirksamen Flächen der Teileinzugsgebiete kann der maßgebende Regenwasserabfluss für jeden betrachteten Punkt entlang der Haltungen berechnet werden.
- Zum Bemessungsregenwasserabfluss wird noch der Trockenwetterabfluss und unterhalb der Entlastung auch noch ein konstanter weitergeleiteter Mischwasserabfluss gemäß ÖWWV-Regelblatt 19 (1987) hinzuaddiert.

- Anschließend kann der Kanal z. B. mittels Bemessungstabellen hydraulisch dimensioniert und die geschätzte Fließzeit überprüft werden. Je nach Abweichung von der tatsächlichen Fließzeit kann es notwendig sein, die Berechnung iterativ zu verbessern. Nach dem ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) ist es auch zulässig, den Bemessungsabfluss mit der Fließgeschwindigkeit bei Vollenfüllung zu ermitteln, wodurch keine Iteration erforderlich ist.
- Die einzelnen Berechnungsergebnisse für das oben dargestellte Entwässerungsgebiet können im Detail dem Anhang entnommen werden (siehe Anhang ab Seite 62).

4.3. Ergebnisse der Abflussberechnung und Dimensionierung

Für das in Kapitel 4.2 dargestellte Beispiel wurden mittels Fließzeitverfahren die Bemessungsabflüsse auf verschiedene Arten bestimmt. Folgende Varianten wurden untersucht und werden im Nachfolgenden miteinander verglichen:

- Bemessungsregenspenden nach Reinhold ohne und mit Berücksichtigung einer Anlaufzeit von 5 Minuten auf Basis einer Mindestregenspende gemäß dem alten ÖWWV-Regelblatt 11 (1982) für das Flach- und Hügelland von 120 [l/s.ha].
- Bemessungsregenspenden nach ÖKOSTRA für die fünf Grazer Gitterpunkte Graz-Mariatrost (GP 211), Graz-Andritz (GP 212), Graz-Wetzelsdorf (GP 216), Graz-St. Peter (GP 217) und Graz-Seiersberg (GP 220) mit Berücksichtigung einer Anlaufzeit von 5 Minuten. Dabei wurden jedoch nur die h_N (ÖKOSTRA- Stationsinterpolation) gewählt, um im Anschluss beim Überstaunachweis mit dem hydrodynamischen Modell, welches auch nur auf Basis realer Regenserien kalibriert werden kann, dieselbe Vergleichsbasis zu haben.
- Bemessungsregenspenden auf Basis der ZAMG-Steiermark-Auswertung für den „Raum Graz“ mit Berücksichtigung einer Anlaufzeit von 5 Minuten.

Bei der Dimensionierung ist weiters anzumerken, dass bei der Berechnung mit den ÖKOSTRA- und den ZAMG-Abflüssen die 90 %- Regel gemäß dem neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) berücksichtigt wurde. Die 90 %- Regel bedeutet, dass im Fließzeitverfahren der nächst größere Querschnitt zu wählen ist, wenn der Bemessungsabfluss 90 % des Vollenfüllungsabflusses Q_V erreicht.

4.3.1. Vergleich der Abflüsse und Kanaldimensionen für ländliche Wohngebiete ($T_n = 1$ [a])

Gemäß Tabelle 7.1 im neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) (siehe dazu auch Abbildung 3.1) ist bei Anwendung des Fließzeitverfahrens für ländliche Wohngebiete für den Bemessungsregen eine Wiederkehrzeit T_n von einem Jahr anzusetzen.

In Abbildung 4.4 ist der Vergleich der unterschiedlich ermittelten Abflüsse bei einer Wiederkehrzeit von einem Jahr dargestellt.

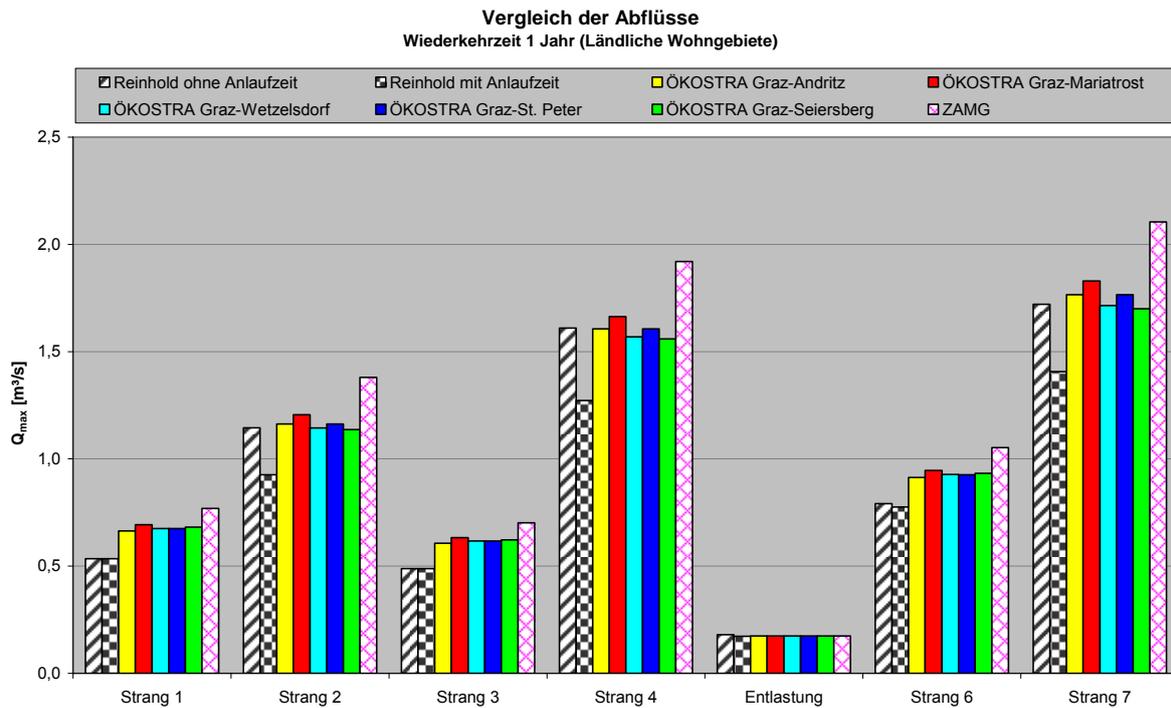


Abbildung 4.4: Bemessungsabflüsse für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für ländliche Wohngebiete ($T_n = 1$ [a])

Daraus wird ersichtlich, dass einerseits die Werte, die nach Reinhold mit Anlaufzeit ermittelt wurden, am geringsten sind und andererseits die Abflüsse mit den Regenspenden nach der ZAMG-Steiermark-Auswertung am größten sind. Die Abflüsse, die mit den fünf ÖKOSTRA-Werten ermittelt wurden, liegen alle in etwa im gleichen Bereich, beim Gitterpunkt Graz-Mariatrost ergeben sich jedoch bei allen Haltungen die größten Werte. Bei der Berechnung nach Reinhold ohne und mit Anlaufzeit ergeben sich ab einer Fließzeit von zehn Minuten (Strang 2, 4 und 7) entscheidende Unterschiede. Je länger die Fließzeiten werden, desto größer wird der Einfluss der ÖKOSTRA-Daten als Eingangsparameter für die Abflussberechnung, vor allem wenn man einen Vergleich mit den Werten nach Reinhold mit Anlaufzeit anstellt.

Was das für die Dimensionierung bedeutet, lässt sich aus Abbildung 4.5 erkennen. Auf Grund der unterschiedlichen Bemessungsabflüsse bzw. wegen der im neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) angeführten 90%- Regel, die besagt, dass der nächst größere Durchmesser zu verwenden ist, wenn der Bemessungsabfluss 90 % des Vollfüllungsabflusses Q_v erreicht, ergeben sich auch unterschiedliche Kanaldimensionen. Tendenziell sind durch die Abflussberechnung mit den ÖKOSTRA- bzw. den ZAMG-Werten bei einer Wieder-

kehrzeit von einem Jahr größere Profile vonnöten als nach der alten Berechnung nach Reinhold.

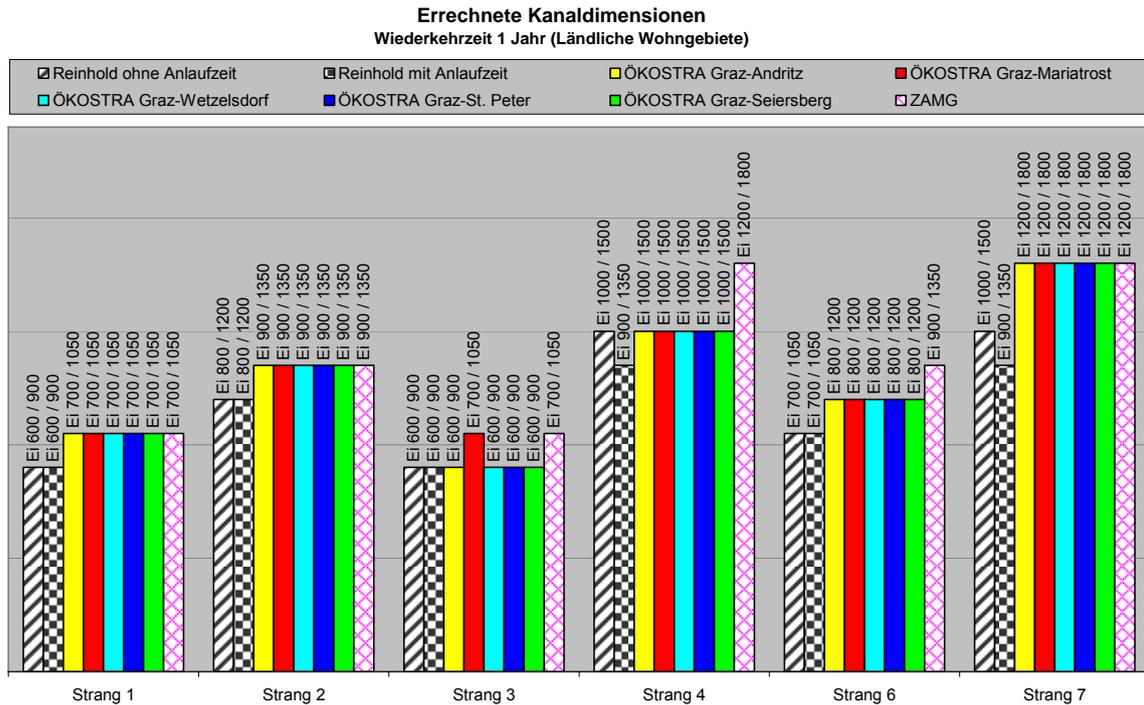


Abbildung 4.5: erforderliche Kanaldimensionen für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für ländliche Wohngebiete (Tn = 1 [a])

Die Abbildung 4.5 zeigt die Ergebnisse für handelsübliche Kanaldimensionen, jedoch ist daraus nicht ersichtlich, wie sich die unterschiedlichen Bemessungsregenspenden wirklich auf die erforderlichen Profilgrößen auswirken. Aus diesem Grund wurden die Auswirkungen auf die erforderlichen Kanaldimensionen auch für theoretisch ermittelbare Eiprofile untersucht. Dies erfolgte auf Basis der Formel nach Prandtl- Colebrook:

$$v_v = \left[-2 \cdot \lg \left(\frac{2,51 \cdot v}{d \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot I_E \cdot d}} + \frac{k_b}{3,71 \cdot d} \right) \right] \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot I_E \cdot d}$$

v_v ... Geschwindigkeit bei Vollfüllung
 v ... kinematische Zähigkeit
 I_E ... Energieliniengefälle
 k_b .. betriebliche Rauigkeit

Diese Formel gilt genau genommen nur für Kreisprofile. Wenn man darin für den Durchmesser d jedoch die allgemein gültige Form mit $4 \cdot r_{hy}$ verwendet, können damit dann theoretisch erforderliche Eiprofile ohne Reserven ermittelt werden. Auf die erforderlichen Flächen wird über die Kontinuitätsgleichung $Q = v \cdot A$ rückgerechnet.

Nach dieser Art der Dimensionierung erhält man theoretische, also nicht handelsübliche Profile. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass sich damit gegenüber den handelsüblichen Querschnitten andere Fließgeschwindigkeiten und damit auch andere Fließzeiten einstellen, die wiederum Auswirkungen auf die Bemessungsregenspenden haben. Somit sind die beiden Dimensionierungsvarianten nicht direkt miteinander vergleichbar. Aber trotzdem kann man

den Zusammenhang mit den zu transportierenden Abflüssen besser erkennen, als in Abbildung 4.5. In Abbildung 4.6 sind die erforderlichen theoretischen Kanaldimensionen dargestellt. Wie man erkennen kann, ergeben die Abflüsse, die mit den ÖKOSTRA- bzw. den ZAMG-Steiermark-Werten errechnet wurden, bei einer Wiederkehrzeit von einem Jahr immer größere Profile, als es mit den nach Reinhold ermittelten der Fall ist.

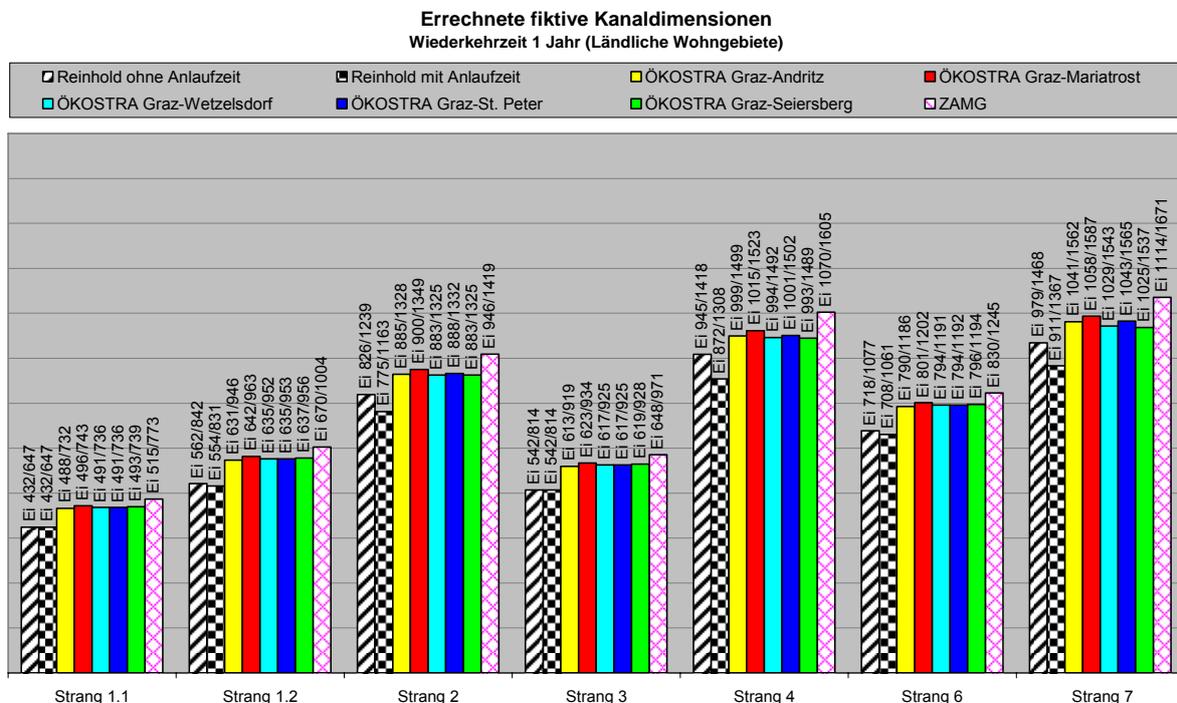


Abbildung 4.6: theoretisch ermittelte, fiktive Ei- Profile für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für ländliche Wohngebiete ($T_n = 1$ [a])

4.3.2. Vergleich der Abflüsse und Kanaldimensionen für städtische Wohngebiete ($T_n = 2$ [a])

Gemäß Tabelle 7.1 im neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) (siehe dazu auch Abbildung 3.1) ist bei Anwendung des Fließzeitverfahrens für städtische Wohngebiete für den Bemessungsregen eine Wiederkehrzeit T_n von zwei Jahren anzusetzen.

Bei einer Wiederkehrzeit von zwei Jahren ergibt sich ein etwas anderes Bild der Bemessungsabflüsse (siehe Abbildung 4.7) als bei einer Wiederkehrzeit von einem Jahr. Besonders auffällig ist, dass ab einer Fließzeit von 10 Minuten die mit den ÖKOSTRA-Werten errechneten Abflüsse unter denen nach Reinhold ohne Anlaufzeit ermittelten liegen. Andererseits erreichen die Abflüsse, die nach Reinhold mit Anlaufzeit errechnet wurden, bei weitem nicht die mit den ÖKOSTRA-Werten ermittelten Größenordnungen. Die Berechnung mit den ZAMG-Steiermark-Werten ergibt wiederum die höchsten Bemessungsabflüsse.

Bei den fünf Grazer Gitterpunkten ergeben sich auch bei einer Wiederkehrzeit von zwei Jahren bei Graz-Mariatrost die höchsten Abflüsse.

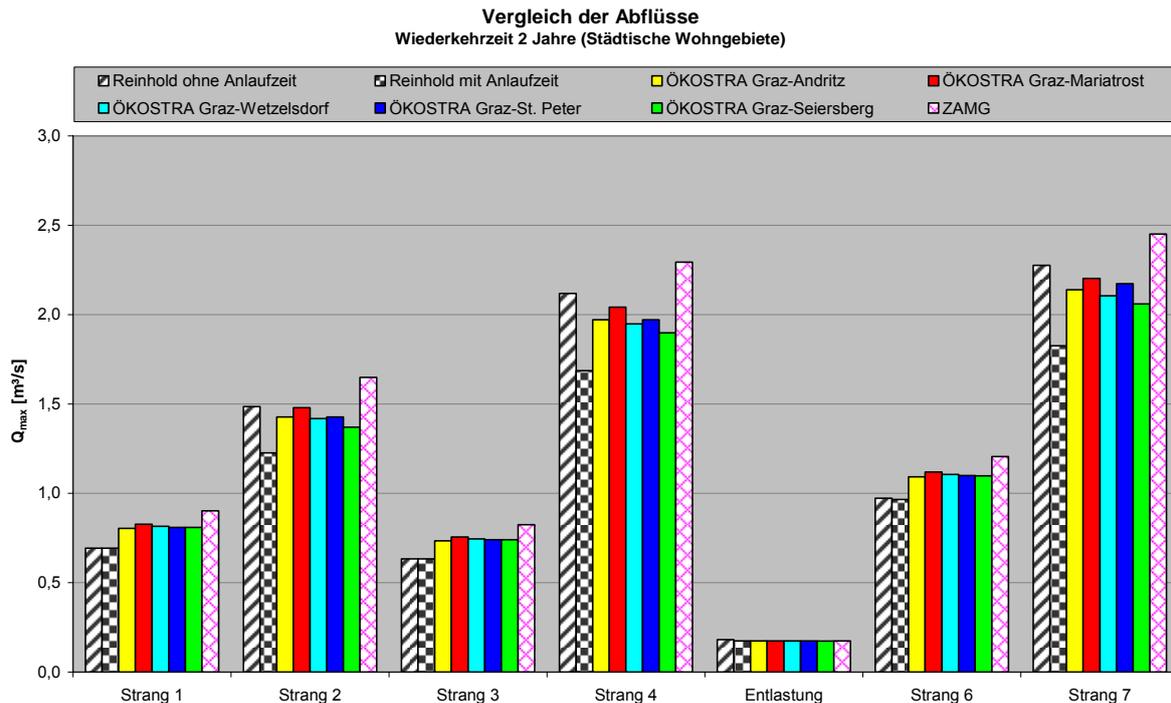


Abbildung 4.7: Bemessungsabflüsse für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für städtische Wohngebiete ($T_n = 2$ [a])

Natürlich wirken sich diese Bemessungsabflüsse auch unterschiedlich auf die erforderlichen handelsüblichen Kanaldimensionen aus. Die Abbildung 4.8 zeigt die benötigten Kanaldimensionen für eine Wiederkehrzeit von zwei Jahren. Bei den kürzeren Fließzeiten ergeben sich mit den nach Reinhold ermittelten Abflüssen kleinere Profile. Bei längeren Fließzeiten sind dieselben Dimensionen vonnöten wie bei der Berechnung mit den ÖKOSTRA-Abflüssen. Wenn bei den nach Reinhold ermittelten Abflüssen die Anlaufzeit berücksichtigt wird, ergeben sich für dieses Beispiel immer kleinere Kanaldimensionen.

Ermittelt man auch dafür wieder fiktive, theoretische Eiprofile (siehe Abbildung 4.9), so zeigt sich dabei der Einfluss der 90 %- Regel recht deutlich. Obwohl bei längerer Fließzeit der Bemessungsabfluss, der nach Reinhold ohne Anlaufzeit ermittelt wurde, höher ist, ergibt sich ein kleineres Profil. Das ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass man den Kanal bisher auf Vollfüllung bemessen durfte, in Zukunft gemäß dem neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) jedoch nur mehr auf 90%- Teilfüllung dimensioniert werden soll. Weiters sind die Unterschiede der Bemessungsabflüsse bei der Dimensionierung der fiktiven Profile nicht mehr so groß, weil der Einfluss der Fließgeschwindigkeiten und damit der Fließzeiten geringer ist, als bei einer Wiederkehrzeit von einem Jahr.

Errechnete Kanaldimensionen
Wiederkehrzeit 2 Jahre (Städtische Wohngebiete)

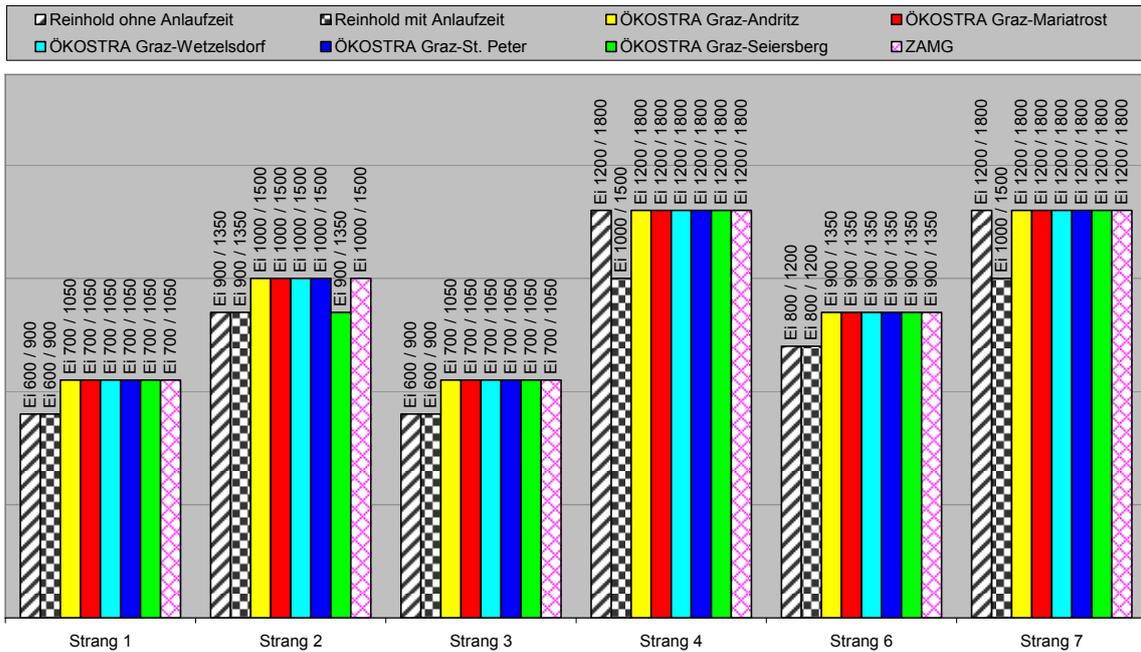


Abbildung 4.8: erforderliche Kanaldimensionen für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für städtische Wohngebiete (Tn = 2 [a])

Errechnete fiktive Kanaldimensionen
Wiederkehrzeit 2 Jahre (Städtische Wohngebiete)

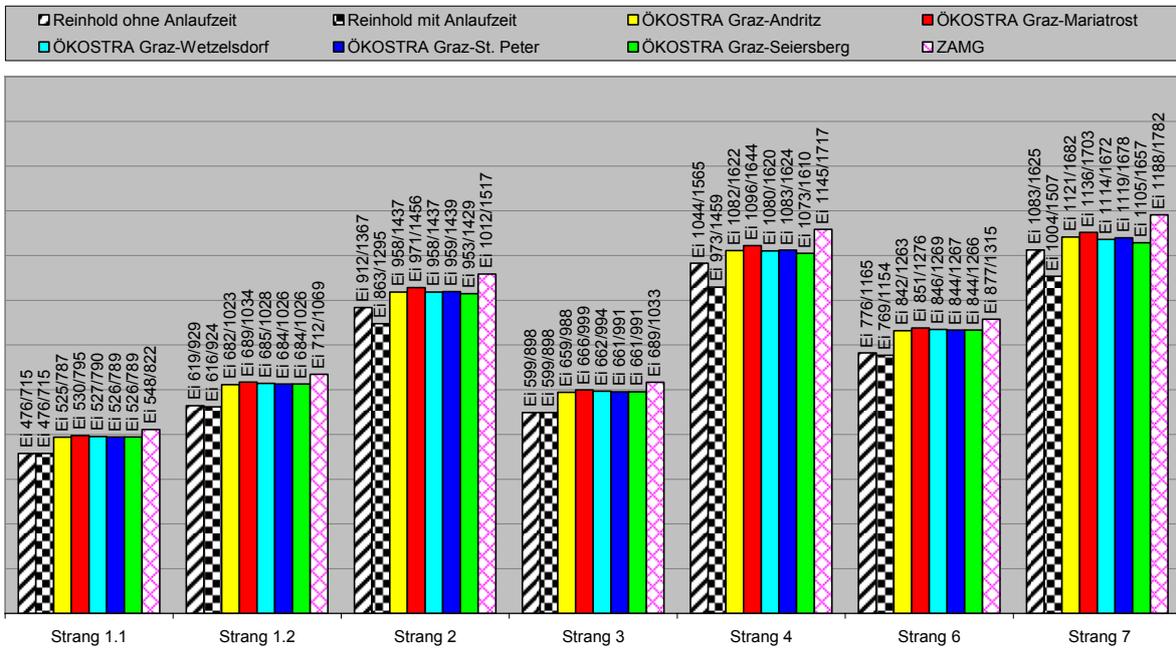


Abbildung 4.9: theoretisch ermittelte, fiktive Ei- Profile für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für städtische Wohngebiete (Tn = 2 [a])

4.3.3. Vergleich der Abflüsse und Kanaldimensionen für Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete ($T_n = 5$ [a])

Gemäß Tabelle 7.1 im neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) (siehe dazu auch Abbildung 3.1) ist bei Anwendung des Fließzeitverfahrens für Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete für den Bemessungsregen eine Wiederkehrzeit T_n von fünf Jahren anzusetzen.

Bei einer Wiederkehrzeit von fünf Jahren ergeben sich hinsichtlich der Abflussberechnung schon deutlichere Unterschiede (siehe Abbildung 4.10).

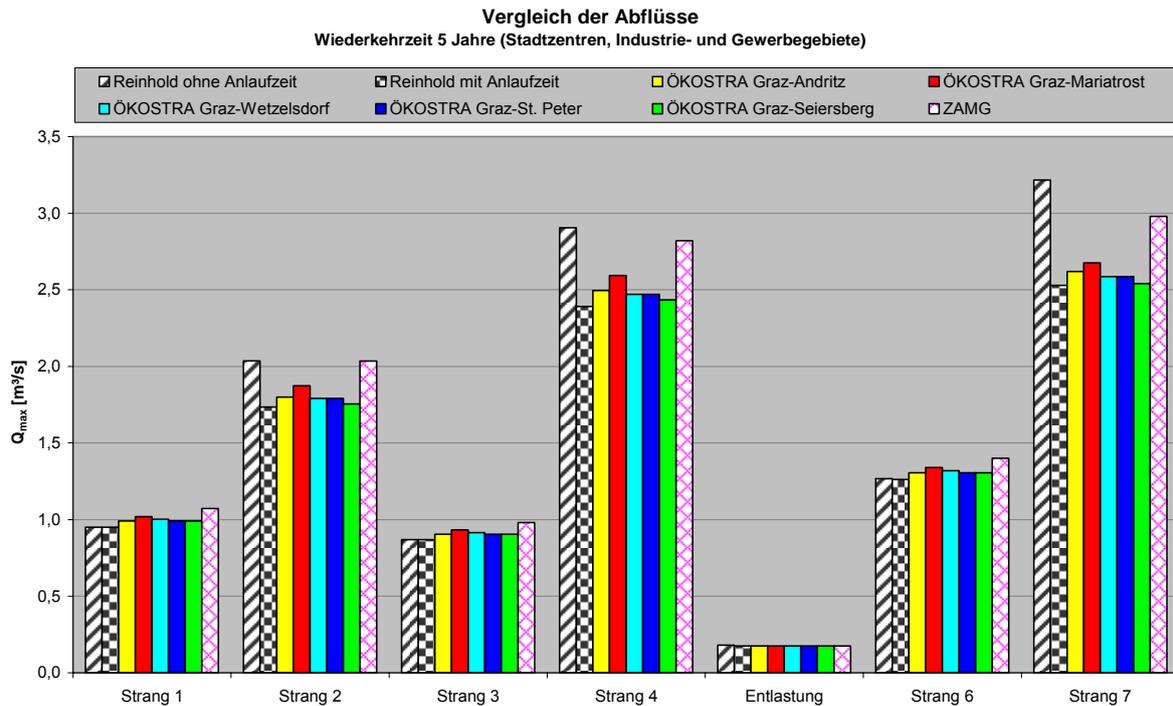


Abbildung 4.10: Bemessungsabflüsse für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete ($T_n = 5$ [a])

Die Ergebnisse sind den vorangegangenen insofern ähnlich, als dass die mit den ZAMG-Steiermark-Werten ermittelten Abflüsse wieder größer sind als die ÖKOSTRA-Abflüsse. Der Gitterpunkt Graz-Mariatrost weist auch bei einer Wiederkehrzeit von fünf Jahren innerhalb der fünf Grazer Punkte die höchsten Werte auf. Interessant ist allerdings, dass die nach Reinhold ohne Anlaufzeit ermittelten Abflüsse nun für die Stränge 2, 4 und 7 die jeweils größten Abflussmengen ergeben.

Auf die Dimensionierung wirkt sich das allerdings nicht dramatisch aus. Aufgrund des höheren Abflusses ergeben sich dadurch nämlich keine größeren Profile, weil nach dem alten ÖWV-Regelblatt 11 (1982) ja auf Vollfüllung und nicht auf 90 % des Vollfüllungsabflusses bemessen wurde. Die größten Kanaldimensionen ergeben sich auch hier wieder mit den ZAMG-Steiermark-Abflüssen. Beim Gitterpunkt Graz-Mariatrost ist der Sprung zum größeren Profil im Strang 2 nur ganz knapp erfolgt, was man auch aus Abbildung 4.10 erkennen kann, wo der Abfluss für den Gitterpunkt Graz-Mariatrost nicht viel größer ist als bei den anderen ÖKOSTRA-Punkten.

Bei der Dimensionierung über die Formel nach Prandtl-Colebrook zeigen sich keine großen Dimensionssprünge mehr (siehe Abbildung 4.12). Das liegt aber auch daran, dass bei so

großen Profilen bei kleiner Steigerung der Höhe automatisch mehr Querschnittsfläche gewonnen wird als bei kleineren Profilen. Das Verhältnis Breite zu Höhe des Ei Profils bleibt nämlich immer gleich.

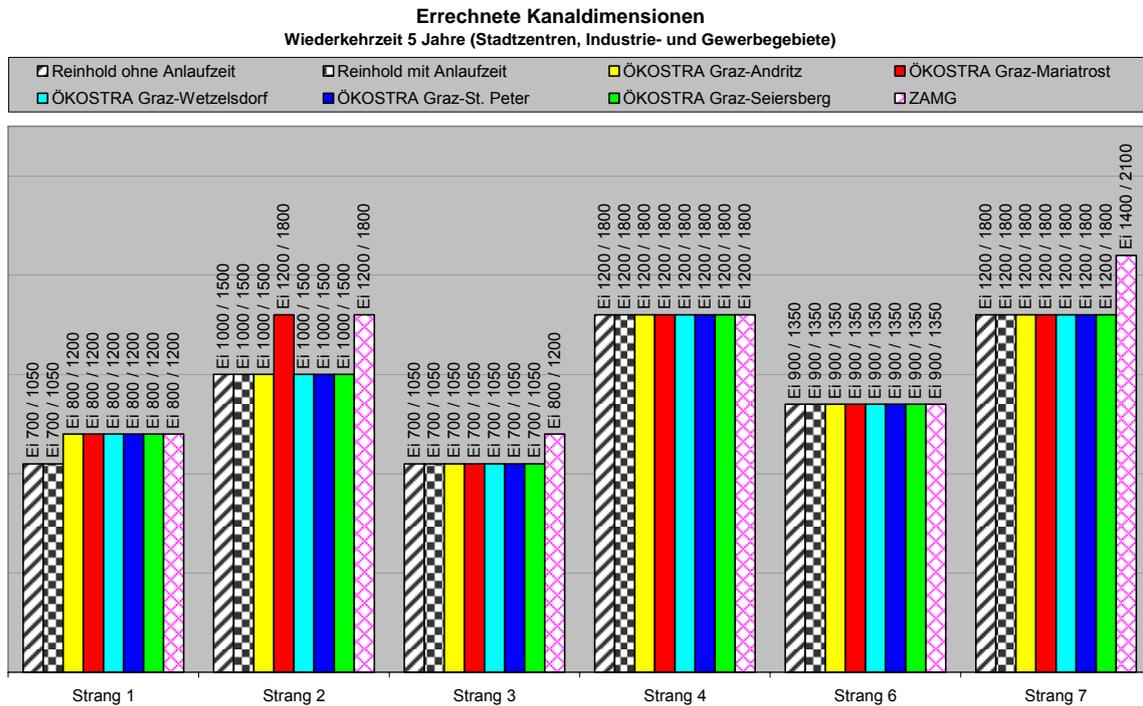


Abbildung 4.11: erforderliche Kanaldimensionen für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete (Tn = 5 [a])

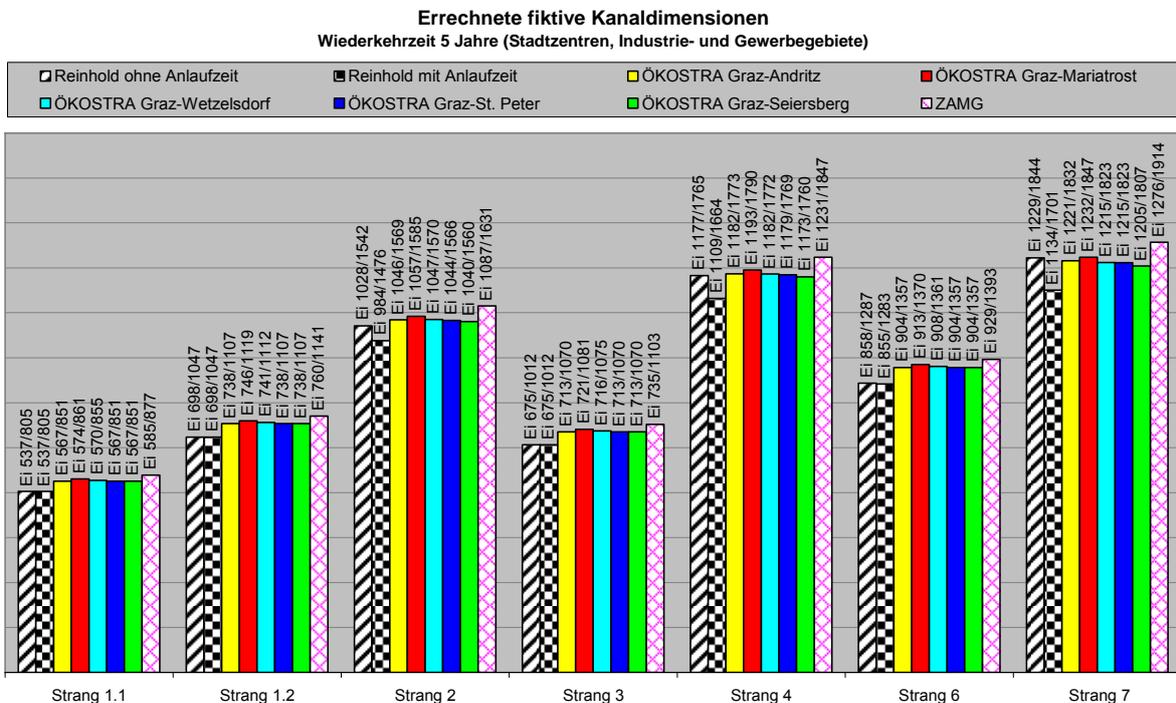


Abbildung 4.12: theoretisch ermittelte, fiktive Ei- Profile für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete (Tn = 5 [a])

4.3.4. Schleppspannungsnachweis

Der Schleppspannungsnachweis für das in Kapitel 4.2 beschriebene Demonstrationsbeispiel wurde in den Endpunkten der Stränge 1, 4 und 7 durchgeführt. Das neue ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) empfiehlt für Teilfüllungsgrade $h_T/d < 0,10$, bei welchen die Bedingungen einer gleichmäßigen Konzentration der Feststoffe bei stationärem Abfluss sehr oft nicht mehr gegeben sind, eine Mindestschleppspannung beim Abfluss $Q_{s,d}$ von $1 \text{ [N/m}^2\text{]}$. Gelingt dieser Nachweis nicht, sind betriebliche Vorkehrungen zu treffen.

Für oben genanntes Beispiel tritt nun genau dieser Fall ein, dass die Teilfüllungsgrade $h_T/d < 0,10$ sind, und eine Mindestschleppspannung von $1 \text{ [N/m}^2\text{]}$ nachzuweisen ist.

Für die Berechnung der Schleppspannungen muss man sich den hydraulischen Radius bei den jeweiligen Teilfüllungen bestimmen. Das kann zum Beispiel über Teilfüllungstabellen wie sie im neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) zu finden sind, erfolgen.

Die Durchführung der Schleppspannungsberechnung hat ergeben, dass im Demonstrationsbeispiel die Mindestschleppspannung von $1 \text{ [N/m}^2\text{]}$ grundsätzlich immer erreicht wird. Einzige Ausnahme dabei stellte der Strang 7 bei Verwendung der ZAMG-Steiermark-Regenspenden auf Basis einer Wiederkehrzeit von fünf Jahren dar, bei welchem der Wert für die Schleppspannung unter $1 \text{ [N/m}^2\text{]}$ lag. Die genauen Werte können den Tabellen im Anhang entnommen werden.

5. Leistungsnachweis auf Basis hydrodynamischer Modellsimulation

Nach der Dimensionierung eines Kanalnetzes ist nach dem neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) prinzipiell auch der Nachweis einer erforderlichen Überstausicherheit zu führen. Im neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) gibt es dafür in Abhängigkeit von der Nutzungskategorie empfohlene Überstauhäufigkeiten (siehe Abbildung 5.1).

Tabelle 7.2: Empfohlene Überstauhäufigkeiten

Nutzungskategorie	Häufigkeit	Wiederkehrzeit
Ländliche Wohngebiete	0,50	2 Jahre
Städtische Wohngebiete	0,33	3 Jahre
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	0,20	5 Jahre
Unterirdische Verkehrsanlagen und Unterführungen	0,10	10 Jahre

Abbildung 5.1: Tabelle 7.2 – Empfohlene Überstauhäufigkeiten aus dem ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006)

Für den Nachweis mit einem Einzelmodellregen sollten diese Häufigkeiten bzw. Wiederkehrzeiten angesetzt werden. Arbeitet man mit Langzeitserien, dann müssen die Überstauungen statistisch ausgewertet werden und können anschließend mit den Anforderungen der einzelnen Nutzungskategorien verglichen werden.

Sollte eine Überschreitung der empfohlenen Überstauhäufigkeit vorliegen, so ist nachzuweisen, dass es dabei zu keiner Gefahr von Schäden (Überflutungen) in den betrachteten Punkten kommt. Die Nachweisführung muss dafür mit entsprechenden hydrodynamischen Modellberechnungen durchgeführt werden. Um eine hydrodynamische Simulation überhaupt durchführen zu können, braucht man eine entsprechende Software und ein Modell des zu untersuchenden Kanalnetzes.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde mit der DHI-Software MIKE URBAN ein Modell des Demonstrationsbeispiels erstellt und mit verschiedenen Block- bzw. Modellregen der Nachweis der erforderlichen Überstausicherheit geführt. Die verwendeten Block- bzw. Modellregen wurden dabei aus den auf den Messungen beruhenden ÖKOSTRA-Regenspenden generiert, da die stets erforderliche Modellkalibration auch nur auf Basis realer Niederschlags- und Abflussmessungen erfolgen kann.

5.1. MIKE URBAN (Version 2005)

Der erste Schritt einer hydrodynamischen Simulation ist der Aufbau eines dem Kanalnetz entsprechenden Modells. Dafür müssen primär Knoten und Haltungen definiert werden und sollten etwaige Sonderbauwerke vorhanden sein, sind diese gesondert zu betrachten und ebenfalls modelltechnisch abzubilden.

Abbildung 5.2 und Abbildung 5.3 zeigen beispielhaft die Eingabefenster für die Haltungen und Knoten in MIKE URBAN (Version 2005).

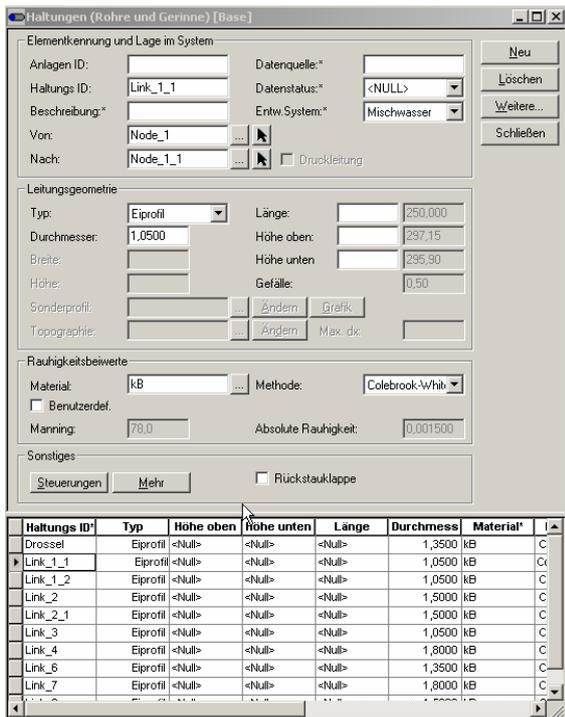


Abbildung 5.2: Eingabefenster Haltungen

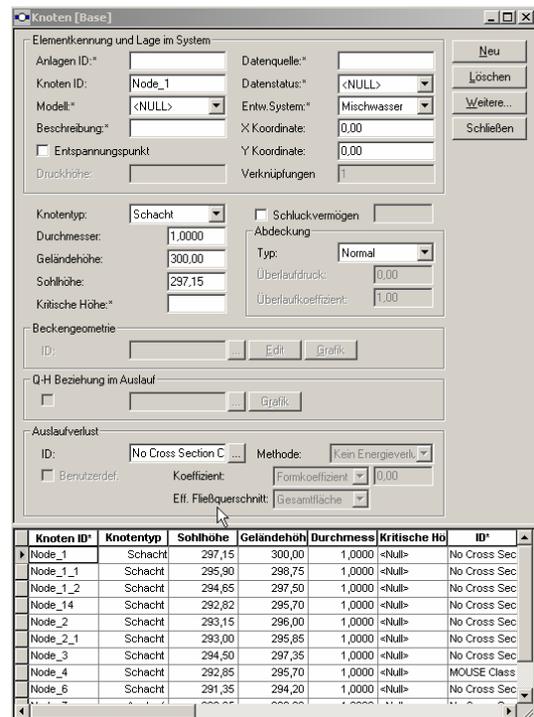


Abbildung 5.3: Eingabefenster Knoten

Bei den einzelnen Haltungen wurden die Rauigkeiten nach Colebrook- White mit einer betrieblichen Rauigkeit für normale Abwasserkanäle von 1,5 [mm] gewählt. Der Durchfluss durch die Schächte wurde mit Ausnahme der Drosselstrecke nach der Mischwasserentlastung als energieverlustfrei angenommen.

Des Weiteren sind die Einzugsgebiete mit ihren Eigenschaften zu definieren und anschließend mit den jeweiligen Knoten zu verknüpfen.

Abbildung 5.4 zeigt das Eingabefenster für die Einzugsgebiete.

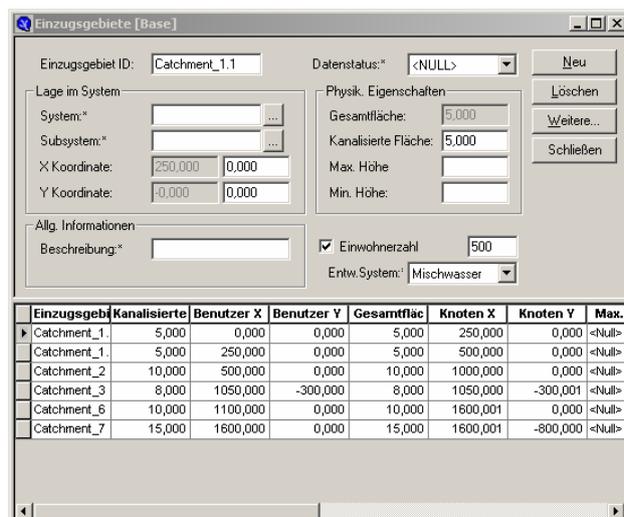


Abbildung 5.4: Eingabefenster Einzugsgebiete

Wenn das Modell so weit aufgebaut ist, erfolgt als nächster Schritt die Definition der Randbedingungen für die Simulation. Dafür ist es zunächst notwendig, Gebietslasten, die einen Beitrag für den Oberflächenabfluss liefern, einzugeben. Für dieses Beispiel sind dafür zwei

unterschiedliche Typen zur Anwendung gekommen: Einerseits der Niederschlag, der z. B. ein Euler II Modellregen sein kann und andererseits eine Abflussspende für den Schmutzwasseranteil.

Abbildung 5.5 zeigt das Eingabefenster für die Gebietslasten. In Abbildung 5.6 ist ein aus den ÖKOSTRA-Regenspendenlinien generierter Euler II Modellregen dargestellt.



Abbildung 5.5: Eingabefenster Gebietslast

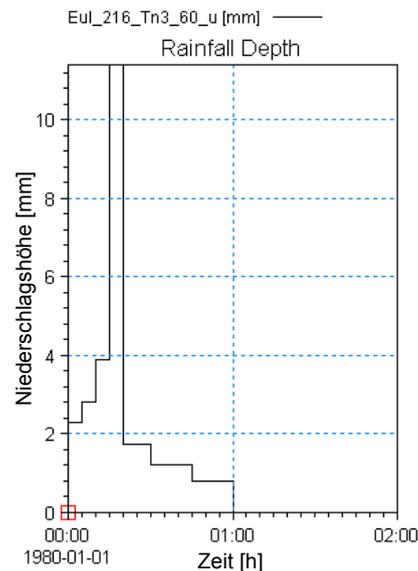


Abbildung 5.6: Euler II Modellregen

Danach erfolgt die Auswahl eines Oberflächenmodells, über welches der Oberflächenabfluss simuliert wird. Das einfachste und für dieses Beispiel auch gewählte Modell in MIKE URBAN (Version 2005) ist das „*Mouse Model A*“. Es arbeitet mit einem Zeit- Flächen- Diagramm und erfordert ein Minimum an einzugebenden Daten. Man kann dabei zwischen drei vordefinierten Zeit- Flächen- Diagrammen wählen. Weiters gibt es noch die Möglichkeit, die Konzentrationszeit, einen Anfangsverlust und einen Reduktionsfaktor zu variieren.

Abbildung 5.7 zeigt das Eingabefenster für das Oberflächenmodell „*Mouse Model A*“.

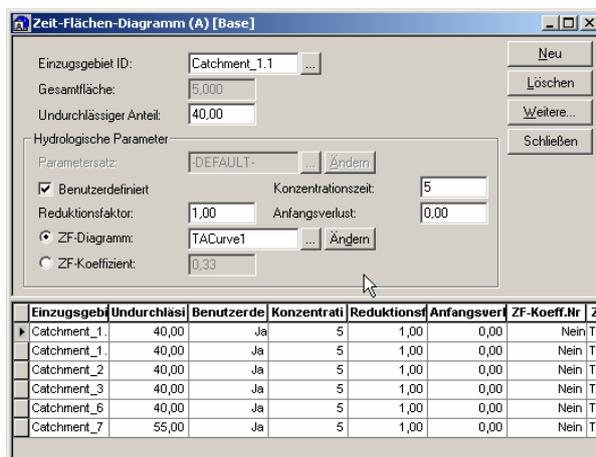


Abbildung 5.7: Eingabefenster Zeit- Flächen- Diagramm

Um abschließend den Abflusstransport berechnen zu können, ist die Definition von Netzlasten notwendig. Basis dafür sind die Ergebnisdateien des Oberflächenabflusses bzw. für das Schmutzwasser die entsprechende Gebietslast.

Nach der Wahl des Simulationstyps, der Simulationsdauer und der gewünschten Ergebnistabellen können die Simulationen gestartet werden (siehe Abbildung 5.8).

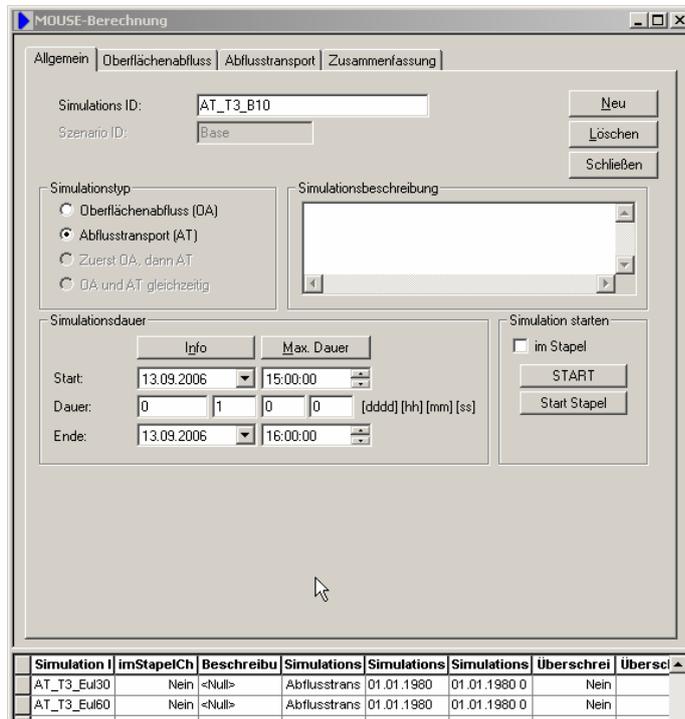


Abbildung 5.8: Eingabefenster MOUSE- Berechnung

5.2. Ergebnisse der Nachweisführung der erforderlichen Überstauchicherheit

Im neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) wird bei Verwendung von Modellregen eine Dauer des Modellregens von etwa der doppelten Fließzeit im Kanal empfohlen, wobei eine Mindestdauer von 1 Stunde nicht unterschritten werden sollte. Von Blockregenserien wird eher abgeraten, da diese die tatsächliche Belastung tendenziell unterschätzen sollen.

Die Nachweisführung für das Demonstrationsbeispiel erfolgte mit unterschiedlichen Block- bzw. Modellregen. Um die Ergebnisse der einzelnen Simulationsdurchgänge miteinander vergleichen zu können, sind in der Tabelle 5.1 und der Tabelle 5.2 die jeweiligen Kanalauslastungen auf Basis der sich ergebenden Wasserstände in jedem Knoten des Demonstrationsbeispiels für ein städtisches Wohngebiet ($T_n = 3$ [a]) gegenübergestellt.

Für die Blockregenserie (Tabelle 5.1) zeigt sich, dass ab einer Dauer von 12 Minuten die Auslastung in den einzelnen Knoten schon wieder geringer wird, da die Niederschlagsintensitäten im Vergleich zur Dauer unverhältnismäßig stark abnehmen. Bei den Einzelmodellregen nach Euler Typ II (Tabelle 5.2) ist die Auslastung bei einer Dauer von 30 Minuten bereits höher als bei den Blockregen, bei einer Dauer von 60 Minuten steigt sie nochmals etwas an. Dabei bedeutet ein Anstieg der Werte über 100 % jeweils einen Einstau im Kanal.

Tabelle 5.1: Kanalauslastung des Demonstrationsbeispiels bei unterschiedlich langen Blockregen für städtische Wohngebiete

Knoten	ÖKOSTRA-Blockregen 5 min	ÖKOSTRA-Blockregen 6 min	ÖKOSTRA-Blockregen 7 min	ÖKOSTRA-Blockregen 8 min	ÖKOSTRA-Blockregen 9 min	ÖKOSTRA-Blockregen 10 min	ÖKOSTRA-Blockregen 11 min	ÖKOSTRA-Blockregen 12 min
	Auslastung	Auslastung	Auslastung	Auslastung	Auslastung	Auslastung	Auslastung	Auslastung
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Node_1	67	65	62	59	57	56	53	52
Node_1_1	115	118	114	109	102	97	90	86
Node_1_2	118	121	120	120	119	118	115	112
Node_2	75	76	77	77	77	76	75	74
Node_2_1	73	74	75	75	75	75	74	73
Node_4	58	58	58	59	59	59	58	57
Node_3	94	91	86	81	77	74	71	70
Node_14	64	64	68	67	71	70	69	68
Node_9	35	35	35	35	35	35	35	35
Node_6	97	99	101	102	104	105	105	104
Node_7	39	40	41	42	42	42	42	42

Tabelle 5.2: Kanalauslastung des Demonstrationsbeispiels bei unterschiedlichen Euler II Modellregen für städtische Wohngebiete

Knoten	ÖKOSTRA-Euler 30 min	ÖKOSTRA-Euler 60 min	gewichtet Euler 60 min	HAÖ- Euler 60 min
	Auslastung	Auslastung	Auslastung	Auslastung
	[%]	[%]	[%]	[%]
Node_1	69	69	73	84
Node_1_1	150	152	162	173
Node_1_2	138	140	145	152
Node_2	83	84	86	88
Node_2_1	81	82	83	85
Node_4	64	64	66	67
Node_3	101	103	108	113
Node_14	76	79	85	91
Node_9	38	39	39	40
Node_6	118	127	135	145
Node_7	45	47	48	49

Für städtische Wohngebiete ergab sich beim Demonstrationsbeispiel zwar öfters ein Einstau des Kanals, ein Überstau trat allerdings an keinem Knoten auf.

Auch für Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete kam es an keinem Knoten zu einem Überstau.

Einzig und alleine beim ländlichen Wohngebiet ergab sich im Schacht 3 ein Überstau über das Gelände. Ob dadurch aber Schäden entstehen würden, d. h. ob es dadurch zu einer Überflutung kommt, müsste im Einzelfall an Ort und Stelle überprüft werden.

Die einzelnen Tabellen mit den maximalen sich ergebenden Wasserstandshöhen auf Basis der ÖKOSTRA- Euler II Modellregen der Dauer 60 Minuten sowie einige hydraulische Längenschnitte mit den Simulationsergebnissen können dem Anhang entnommen werden.

6. Schlussfolgerung und Ausblick

Auf Grund der doch großen regionalen Unterschiede der nach ÖKOSTRA ausgewerteten Regendaten und einer offensichtlichen Abhängigkeit von der Wiederkehrzeit ist es sehr schwierig eine generelle Aussage über die Auswirkungen von unterschiedlichen Bemessungsregenspenden auf die Kanaldimensionierung zu treffen. Bei einer Wiederkehrzeit von einem Jahr sind die ÖKOSTRA-Werte in Teilen von Österreich („Raum Graz“ und Teile von Oberösterreich) höher als die gewichteten Werte bzw. die Werte aus dem hydrologischen Atlas, bei einer Wiederkehrzeit von zehn Jahren sind die ÖKOSTRA-Werte durchgehend in ganz Österreich am geringsten.

Die im Endbericht zum Forschungsprojekt „Bemessungsniederschläge in der Siedlungswasserwirtschaft“ gemachte Aussage, dass der Quotient aus den Werten ÖKOSTRA / HAÖ für alle Gitterpunkte stets kleiner sei als 1,0 konnte nach einer systematischen Auswertung aller 247 Gitterpunkte für die Regenspenden $r_{15,1}$, $r_{90,1}$, $r_{15,10}$ und $r_{90,10}$ nicht bestätigt werden, da die ÖKOSTRA-Werte im „Raum Graz“ und in Teilen von Oberösterreich beim $r_{15,1}$ und beim $r_{90,1}$ größer sind als die HAÖ-Werte.

Offen bleibt damit auch die Frage, welche der in den Bemessungstabellen angegebenen Werte in Zukunft für die Kanaldimensionierung bzw. Überstaunachweisführung herangezogen werden sollen. Im Endbericht des Forschungsprojektes „Bemessungsniederschläge in der Siedlungswasserwirtschaft“, März 2006 werden die gewichteten Werte als $h_{N(\text{optimiert})}$ als Bemessungswerte empfohlen. Diese sind in Abhängigkeit von Dauerstufe und Wiederkehrzeit teilweise höher und teilweise geringer als die mit der Basisregenspende aus dem ÖWWV-Regelblatt 11 (1982) nach Reinhold ermittelten Bemessungsregenspenden. Für den im neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) in Zukunft erforderlichen Überstaunachweis wird man sich verstärkt der Anwendung hydrodynamischer Modelle bedienen. Da diese auf Basis real gemessener Niederschlags- und Abflussereignisse zunächst einmal kalibriert werden müssen, sollten die für die Nachweisführung aus den Regenspendenlinien generierten Modellregen wohl auch auf Basis der gemessenen ÖKOSTRA-Regenspenden ermittelt werden. Daraus lässt sich eigentlich nur noch eine Empfehlung für diese Regenspenden ableiten.

Wie man bei der Berechnung des Demonstrationsbeispiels mittels Fließzeitverfahren und anschließender hydrodynamischer Simulation mit den ÖKOSTRA-Werten sehen kann, ist für den „Raum Graz“ durch die Anwendung der ÖKOSTRA-Daten eine allgemeine Tendenz zu größeren Profilen erkennbar. Diese Tendenz verstärkt sich nur noch weiter, wenn man die von der ZAMG-Steiermark jährlich aktualisierten Regenspendenauswertungen für den „Raum Graz“ anwendet, die noch deutlich über den drei Werten des ÖKOSTRA-Projektes liegen. Aufgrund dieses Ergebnisses lassen sich aber keine Rückschlüsse ziehen, wie sich die Bemessungsregenspenden aus der ÖKOSTRA-Auswertung auf einzelne reale Kanalnetze in Österreich auswirken werden. Genauere Aussagen über etwaige Auswirkungen kann man wahrscheinlich erst dann treffen, wenn unterschiedliche reale Kanalnetze in verschiedenen Regionen Österreichs mit den ÖKOSTRA-Bemessungsniederschlägen nachgerechnet und mit den bisherigen Berechnungsergebnissen verglichen werden.

Auch für die im neuen ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) vorgesehene Änderung bei der Dimensionierung von Parkplatzentwässerungen kann keine generelle Aussage getroffen werden. Dafür sind die regionalen Unterschiede der Regenintensität der Dauerstufe 10 Minuten bei den einzelnen Wiederkehrzeiten für ganz Österreich einfach zu groß. Bisher wurde dafür gemäß ÖNORM B2501 (2002) für das gesamte Bundesgebiet ein Platzregen mit einer Dauerstufe von 5 Minuten und einer Regenspende von 300 [l/s.ha] angenommen. Nach den Empfehlungen des neuen ÖWAV-Regelblattes 11 (Entwurf, 2006) ergibt sich dafür in Zukunft mit den ÖKOSTRA-Werten eine Bandbreite von 78,3 bis 395,1 [l/s.ha] in Abhängigkeit von der Wiederkehrzeit. Dabei sollte vielleicht auch die derzeitige Formulierung „*Zur Dimensionierung von Parkplatzentwässerungen ist maximal die Regenintensität der Dauerstufe 10 Minuten anzusetzen*“ noch einmal überdacht werden, da sie vielleicht allzu große Freiheiten für den tatsächlichen Ansatz bietet.

Nachdem die Regenspendenauswertungen des ÖKOSTRA-Projektes für die 247 Gitterpunkte bislang nur als pdf-Files vorliegen, ist eine direkte Weiterverarbeitung der Werte relativ schwierig. Hier wäre es wünschenswert, die Daten auch in digitaler Form zur Verfügung zu haben. Des Weiteren wird im Endbericht zum Forschungsprojekt „Bemessungsniederschläge in der Siedlungswasserwirtschaft“ ein Extrapolieren von den 247 Gitterflächen auf andere nicht ausgewertete Gitterflächen explizit untersagt, was für den Praktiker zwangsläufig die Frage aufwirft, welche Regenspenden er in diesem Fall zu wählen hat. Eigentlich kann er in diesem Fall gemäß neuem ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) nur auf „eine Ableitung der Regenspenden bei verschiedenen Dauerstufen und verschiedenen Häufigkeiten nach dem Zeitbeiwert nach Reinhold (bzw. auch gegebenenfalls Hörler/Rhein) zurückgreifen“. Eine andere Möglichkeit wäre einfach die nächst gelegene Gitterfläche zu wählen, was aber wiederum gemäß ÖKOSTRA-Endbericht nicht erlaubt ist.

Auch lassen sich beliebige Koordinatenpunkte in Österreich im Bezug auf die 247 Gitterflächen derzeit nur sehr schwer zuordnen, da es von den 247 Gitterpunkten bislang nur eine grafische Kartendarstellung gibt. Hierfür wäre ein GIS-unterstütztes Hilfsmittel für die Zuordnung von beliebigen Koordinatenpunkten in Österreich zu den einzelnen Gitterflächen sicherlich wünschenswert. Dadurch könnte erreicht werden, dass man zumindest das zu berechnende Entwässerungsgebiet und die umliegenden Punkte genau lokalisieren kann und damit auch die Entscheidung für einen bestimmten Gitterpunkt erleichtert wird. Eine andere Möglichkeit wäre die Erstellung von Regenspendenkarten, wie es sie beispielsweise für den $r_{15,1}$ für das Land Niederösterreich schon gibt (siehe Abbildung 6.1).

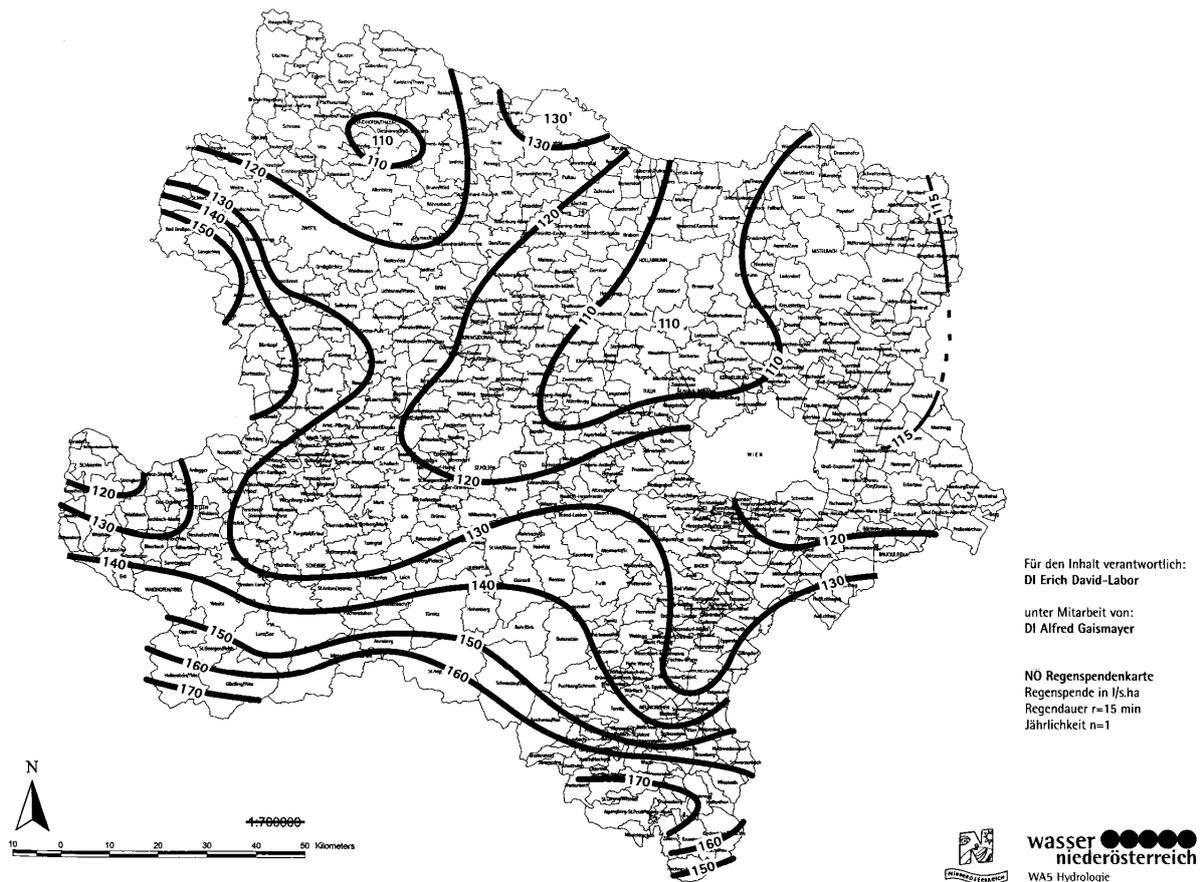


Abbildung 6.1: Regenspendenkarte NÖ für die Regenspende $r_{15,1}$

Abschließend möchte ich aus der Sicht der Kanaldimensionierung zusammenfassen, dass durch das ÖKOSTRA-Projekt erstmals regionalisierte Regenspenden für das gesamte Bundesgebiet zur Verfügung stehen werden, für deren Anwendung es für den Praktiker jedoch noch eindeutigere Anwendungsempfehlungen und GIS- unterstützte Hilfsmittel geben sollte. Die Anwendung der neuen Regenspenden und die Vorgaben des neuen ÖWAV-Regelblattes 11 (Entwurf, 2006) werden im „Raum Graz“ zu einer tendenziellen Vergrößerung der erforderlichen Kanalquerschnitte führen.

Für das neue ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006) sollte vielleicht noch einmal die Empfehlung für die Wahl der Regenspenden für die Dimensionierung von Parkplatzentwässerungen überdacht werden. Dafür sind die Vorgaben der ÖNORM B 2501 (2002) mit den 300 [l/s.ha] für das gesamte Bundesgebiet vielleicht doch der praktikablere Ansatz.

7. Anhang

7.1. Bemessungsabflüsse reale Profile

Wiederkehrzeit 1 Jahr: Ländliche Wohngebiete

Tabelle 7.1: Bemessungsabflüsse Reinhold ohne Anlaufzeit, Wiederkehrzeit 1 Jahr

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,8	1,7	1,8	1,9		1,6	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,6	4,8	2,8	0,9		5,3	7,4
5	Anlaufzeit	[min]							
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	4,6	9,4	2,8	10,3		5,3	12,6
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	10,0	10,0	10,3		10,0	12,6
8	Zeitbeiwert	[-]	1,262	1,262	1,262	1,244		1,262	1,108
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	151	151	151	149		151	133
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,530	1,136	0,485	1,597		0,606	1,529
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,180	0,180	0,180
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsq.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,535	1,145	0,488	1,609	0,180	0,791	1,721

Tabelle 7.2: Bemessungsabflüsse Reinhold mit Anlaufzeit, Wiederkehrzeit 1 Jahr

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,8	1,7	1,8	1,8		1,6	1,7
4	Fließzeit	[min]	4,6	4,9	2,8	0,9		5,3	7,8
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,6	14,5	7,8	15,4		10,3	18,1
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,5	10,0	15,4		10,3	18,1
8	Zeitbeiwert	[-]	1,262	1,019	1,262	0,981		1,244	0,886
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	151	122	151	118		149	106
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,530	0,917	0,485	1,259		0,597	1,222
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsq.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,535	0,926	0,488	1,272	0,174	0,775	1,407

Tabelle 7.3: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 211 Graz-Andritz, Wiederkehrzeit 1 Jahr

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,7	1,7	1,8		1,6	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,9	3,0	0,9		5,3	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,5	14,4	8,0	15,3		10,3	17,6
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,4	10,0	15,3		10,3	17,6
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	11,3	13,3	11,3	13,7		11,4	14,5
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	188	154	188	149		184	137
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m³/s]	0,659	1,154	0,603	1,593		0,735	1,580
15	Konstanter Zufluss	[m³/s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m³/s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m³/s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m³/s]	0,664	1,163	0,606	1,606	0,174	0,913	1,765

Tabelle 7.4: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 212 Graz-Mariatrost, Wiederkehrzeit 1 Jahr

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,7	1,9	1,8		1,6	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,9	2,7	0,9		5,3	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,5	14,4	7,7	15,3		10,3	17,6
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,4	10,0	15,3		10,3	17,6
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	11,8	13,8	11,8	14,2		11,9	15,1
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	197	160	197	154		192	143
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m³/s]	0,688	1,197	0,629	1,651		0,767	1,645
15	Konstanter Zufluss	[m³/s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m³/s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m³/s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m³/s]	0,693	1,206	0,633	1,664	0,174	0,946	1,830

Tabelle 7.5: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 216 Graz-Wetzelsdorf, Wiederkehrzeit 1 Jahr

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,7	1,7	1,8		1,6	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,9	3,0	0,9		5,3	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,5	14,4	8,0	15,3		10,3	17,6
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,4	10,0	15,3		10,3	17,6
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	11,5	13,1	11,5	13,4		11,6	14,0
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	192	151	192	145		187	133
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0			10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m³/s]	0,671	1,135	0,613	1,556		0,749	1,529
15	Konstanter Zufluss	[m³/s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m³/s]	0,005	0,005	0,004	0,000	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m³/s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m³/s]	0,675	1,144	0,617	1,569	0,174	0,927	1,714

Tabelle 7.6: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 217 Graz-St. Peter, Wiederkehrzeit 1 Jahr

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,7	1,7	1,8		1,6	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,9	3,0	0,9		5,3	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,5	14,4	8,0	15,3		10,3	17,6
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,4	10,0	15,3		10,3	17,6
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	11,5	13,3	11,5	13,7		11,6	14,5
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	192	154	192	149		187	137
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m³/s]	0,671	1,154	0,613	1,593		0,748	1,580
15	Konstanter Zufluss	[m³/s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m³/s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m³/s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m³/s]	0,675	1,163	0,617	1,606	0,174	0,926	1,765

Tabelle 7.7: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 220 Graz-Seiersberg, Wiederkehrzeit 1 Jahr

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,7	1,7	1,8		1,6	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,9	3,0	0,9		5,3	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,5	14,4	8,0	15,3		10,3	17,6
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,4	10,0	15,3		10,3	17,6
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	11,6	13,0	11,6	13,3		11,7	13,9
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	193	150	193	145		189	132
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,677	1,128	0,619	1,547		0,754	1,515
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,681	1,137	0,622	1,559	0,174	0,933	1,700

Tabelle 7.8: Bemessungsabflüsse ZAMG Graz-Universität, Wiederkehrzeit 1 Jahr

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,7	1,9	2,0		1,7	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,9	2,7	0,8		4,9	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,5	14,4	7,7	15,2		9,9	17,2
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,4	10,0	15,2		10,0	17,2
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	13,1	15,8	13,1	16,3		13,1	17,2
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	218	183	218	178		218	167
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0			10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,764	1,371	0,699	1,908		0,874	1,920
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,000	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,769	1,380	0,702	1,920	0,174	1,052	2,105

Wiederkehrzeit 2 Jahre: Städtische Wohngebiete

Tabelle 7.9: Bemessungsabflüsse Reinhold ohne Anlaufzeit, Wiederkehrzeit 2 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,9	1,9	2,1		1,7	2,0
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,5	2,7	0,8		4,9	6,8
5	Anlaufzeit	[min]							
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	4,5	9,0	2,7	9,8		4,9	11,6
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	10,0	10,0	10,0		10,0	11,6
8	Zeitbeiwert	[-]	1,640	1,640	1,640	1,640		1,640	1,510
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	197	197	197	197		197	181
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,689	1,476	0,630	2,106		0,787	2,084
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,181	0,181	0,181
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,693	1,485	0,634	2,119	0,181	0,973	2,276

Tabelle 7.10: Bemessungsabflüsse Reinhold mit Anlaufzeit, Wiederkehrzeit 2 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,8	1,9	2,0		1,7	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,6	2,7	0,9		4,9	7,3
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,5	14,1	7,7	14,9		9,9	17,2
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,1	10,0	14,9		10,0	17,2
8	Zeitbeiwert	[-]	1,640	1,352	1,640	1,304		1,640	1,188
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	197	162	197	156		197	143
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,689	1,216	0,630	1,674		0,787	1,640
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,693	1,225	0,634	1,686	0,174	0,966	1,825

Tabelle 7.11: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 211 Graz-Andritz, Wiederkehrzeit 2 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,8	1,9	2,0		1,7	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,6	2,7	0,8		4,9	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,5	14,1	7,7	14,9		9,9	17,2
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,1	10,0	14,9		10,0	17,2
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	13,7	16,0	13,7	16,4		13,7	17,5
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	228	189	228	183		228	170
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,799	1,418	0,731	1,958		0,914	1,953
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,804	1,427	0,734	1,971	0,174	1,092	2,139

Tabelle 7.12: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 212 Graz-Mariatrost, Wiederkehrzeit 2 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,8	1,9	2,0		1,7	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,6	2,7	0,8		4,9	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,5	14,1	7,7	14,9		9,9	17,2
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,1	10,0	14,9		10,0	17,2
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	14,1	16,6	14,1	17,0		14,1	18,1
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	235	196	235	190		235	175
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,823	1,471	0,752	2,030		0,940	2,017
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,827	1,480	0,756	2,042	0,174	1,119	2,202

Tabelle 7.13: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 216 Graz-Wetzelsdorf, Wiederkehrzeit 2 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,8	1,9	2,0		1,7	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,6	2,7	0,8		4,9	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,5	14,1	7,7	14,9		9,9	17,2
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,1	10,0	14,9		10,0	17,2
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	13,9	15,9	13,9	16,2		13,9	17,2
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	232	188	232	181		232	167
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0			10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,811	1,409	0,741	1,934		0,927	1,920
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,000	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,815	1,418	0,745	1,947	0,174	1,106	2,105

Tabelle 7.14: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 217 Graz-St. Peter, Wiederkehrzeit 2 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,8	1,9	2,0		1,8	2,0
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,6	2,7	0,8		4,7	6,8
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,5	14,1	7,7	14,9		9,7	16,5
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,1	10,0	14,9		10,0	16,5
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	13,8	16,0	13,8	16,4		13,8	17,1
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	230	189	230	183		230	173
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,805	1,418	0,736	1,958		0,920	1,988
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,810	1,427	0,740	1,971	0,174	1,099	2,173

Tabelle 7.15: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 220 Graz-Seiersberg, Wiederkehrzeit 2 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,7	1,9	2,0		1,7	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,9	2,7	0,8		4,9	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,5	14,4	7,7	15,2		9,9	17,2
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,4	10,0	15,2		10,0	17,2
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	13,8	15,7	13,8	16,1		13,8	16,8
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	230	182	230	176		230	163
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,805	1,362	0,736	1,884		0,920	1,875
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,810	1,371	0,740	1,897	0,174	1,099	2,060

Tabelle 7.16: Bemessungsabflüsse ZAMG Graz-Universität, Wiederkehrzeit 2 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	1,9	1,8	1,9	2,0		1,7	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,5	4,6	2,7	0,8		4,9	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,5	14,1	7,7	14,9		9,9	17,2
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	14,1	10,0	14,9		10,0	17,2
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	15,4	18,5	15,4	19,1		15,4	20,3
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	257	219	257	213		257	197
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0			10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,899	1,639	0,821	2,280		1,027	2,266
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,174	0,174	0,174
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,000	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,903	1,648	0,825	2,293	0,174	1,206	2,451

Wiederkehrzeit 5 Jahre: Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete

Tabelle 7.17: Bemessungsabflüsse Reinhold ohne Anlaufzeit, Wiederkehrzeit 5 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	2,1	2,0	2,0	2,2		1,8	2,2
4	Fließzeit	[min]	4,1	4,2	2,5	0,8		4,6	6,0
5	Anlaufzeit	[min]							
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	4,1	8,3	2,5	9,0		4,6	10,5
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	10,0	10,0	10,0		10,0	10,5
8	Zeitbeiwert	[-]	2,253	2,253	2,253	2,253		2,253	2,191
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	270	270	270	270		270	263
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,946	2,027	0,865	2,892		1,081	3,024
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,181	0,181	0,181
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,951	2,036	0,869	2,905	0,181	1,267	3,216

Tabelle 7.18: Bemessungsabflüsse Reinhold mit Anlaufzeit, Wiederkehrzeit 5 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	2,1	2,0	2,0	2,1		1,8	2,0
4	Fließzeit	[min]	4,1	4,3	2,5	0,8		4,6	6,7
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,1	13,3	7,5	14,1		9,6	16,2
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	13,3	10,0	14,1		10,0	16,2
8	Zeitbeiwert	[-]	2,253	1,918	2,253	1,853		2,253	1,697
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	270	230	270	222		270	204
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,946	1,726	0,865	2,379		1,081	2,342
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,175	0,175	0,175
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,951	1,735	0,869	2,392	0,175	1,261	2,529

Tabelle 7.19: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 211 Graz-Andritz, Wiederkehrzeit 5 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	2,0	1,8	1,9	2,0		1,7	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,1	4,6	2,7	0,8		4,9	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,1	13,8	7,7	14,6		9,9	17,2
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	13,8	10,0	14,6		10,0	17,2
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	16,9	19,7	16,9	20,3		16,9	21,8
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	282	239	282	232		282	212
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,986	1,791	0,902	2,483		1,127	2,433
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,175	0,175	0,175
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,991	1,800	0,905	2,495	0,175	1,306	2,619

Tabelle 7.20: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 212 Graz-Mariatrost, Wiederkehrzeit 5 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	2,0	2,0	1,9	2,0		1,7	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,1	4,1	2,7	0,8		4,9	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,1	13,3	7,7	14,1		9,9	17,2
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	13,3	10,0	14,1		10,0	17,2
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	17,4	19,8	17,4	20,4		17,4	22,3
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	290	249	290	241		290	216
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0			10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	1,015	1,865	0,928	2,581		1,160	2,489
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,175	0,175	0,175
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,000	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	1,020	1,874	0,932	2,593	0,175	1,340	2,675

Tabelle 7.21: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 216 Graz-Wetzelsdorf, Wiederkehrzeit 5 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	2,0	1,8	1,9	2,0		1,7	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,1	4,6	2,7	0,8		4,9	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,1	13,8	7,7	14,6		9,9	17,2
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	13,8	10,0	14,6		10,0	17,2
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	17,1	19,6	17,1	20,1		17,1	21,5
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	285	238	285	230		285	209
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0			10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,998	1,782	0,912	2,458		1,140	2,399
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,175	0,175	0,175
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,000	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsg.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	1,002	1,791	0,916	2,471	0,175	1,319	2,585

Tabelle 7.22: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 217 Graz-St. Peter, Wiederkehrzeit 5 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	2,0	1,8	1,9	2,0		1,7	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,1	4,6	2,7	0,8		4,9	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,1	13,8	7,7	14,6		9,9	17,2
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	13,8	10,0	14,6		10,0	17,2
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	16,9	19,6	16,9	20,1		16,9	21,5
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	282	238	282	230		282	209
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m ³ /s]	0,986	1,782	0,902	2,458		1,127	2,399
15	Konstanter Zufluss	[m ³ /s]					0,175	0,175	0,175
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m ³ /s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsg.	[m ³ /s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m ³ /s]	0,991	1,791	0,905	2,471	0,175	1,306	2,585

Tabelle 7.23: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 220 Graz-Seiersberg, Wiederkehrzeit 5 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	2,0	1,8	1,9	2,0		1,7	1,8
4	Fließzeit	[min]	4,1	4,6	2,7	0,8		4,9	7,2
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,1	13,8	7,7	14,6		9,9	17,2
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	13,8	10,0	14,6		10,0	17,2
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	16,9	19,2	16,9	19,8		16,9	21,1
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	282	233	282	226		282	205
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0	28,0		10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m³/s]	0,986	1,745	0,902	2,422		1,127	2,355
15	Konstanter Zufluss	[m³/s]					0,175	0,175	0,175
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m³/s]	0,005	0,005	0,004	0,013	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m³/s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m³/s]	0,991	1,754	0,905	2,434	0,175	1,306	2,541

Tabelle 7.24: Bemessungsabflüsse ZAMG Graz-Universität, Wiederkehrzeit 5 Jahre

1	Teileinzugsgebiet	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
2	Länge der Kanalhaltung	[m]	500	500	300	100		500	800
3	Fließgeschwindigkeit	[m/s]	2,0	2,0	2,0	2,0		1,7	2,0
4	Fließzeit	[min]	4,1	4,1	2,5	0,8		4,9	6,6
5	Anlaufzeit	[min]	5,0		5,0			5,0	
6	Anlaufzeit + Fließzeit	[min]	9,1	13,3	7,5	14,1		9,9	16,5
7	rechnerische Fließzeit	[min]	10,0	13,3	10,0	14,1		10,0	16,5
8	Bemessungsniederschlag	[mm]	18,3	21,5	18,3	22,2		18,3	24,0
9	Bemessungsregenspende	[l/s.ha]	305	270	305	262		305	243
10	Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha]	10,0	10,0	8,0			10,0	15,0
11	Abflussbeiwert	[-]	0,35	0,40	0,40			0,40	0,50
12	reduzierte Fläche des Teileinzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	4,0	3,2			4,0	7,5
13	reduzierte Fläche des ganzen Einzugsgebietes	[ha _{red}]	3,5	7,5	3,2	10,7		4,0	11,5
14	Regenwassermenge Q _r	[m³/s]	1,068	2,025	0,976	2,808		1,220	2,792
15	Konstanter Zufluss	[m³/s]					0,175	0,175	0,175
16	Trockenwetterabfluss des Teileinzugsgebietes	[m³/s]	0,005	0,005	0,004	0,000	0,000	0,005	0,007
17	Trockenwetterabfluss des ganzen Einzugsgeb.	[m³/s]	0,005	0,009	0,004	0,013	0,000	0,005	0,011
18	Totaler Abfluss	[m³/s]	1,072	2,034	0,980	2,821	0,175	1,400	2,979

7.2. Schleppspannungen

Tabelle 7.25: Schleppspannungen Wiederkehrzeit 1 Jahr

Strang			1	4	7
Reinhold ohne Anlaufzeit	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	696	2066	1885
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0057	0,0054	0,0053
	b	[m]	0,6000	1,0000	1,0000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,37	1,37	1,14
Reinhold mit Anlaufzeit	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	696	1576	1429
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0057	0,0071	0,0070
	b	[m]	0,6000	0,9000	0,9000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,37	1,45	1,21
ÖKOSTRA 211 Graz-Andritz	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	2066	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0054	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,0000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,37	1,11
ÖKOSTRA 212 Graz-Mariatrost	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	2066	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0054	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,0000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,37	1,11
ÖKOSTRA 216 Graz-Wetzelsdorf	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	2066	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0054	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,0000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,37	1,11
ÖKOSTRA 217 Graz-St. Peter	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	2066	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0054	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,0000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,37	1,11
ÖKOSTRA 220 Graz-Seiersberg	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	2066	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0054	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,0000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,37	1,11
ZAMG Graz-Universität	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,33	1,11

Tabelle 7.26: Schleppspannungen Wiederkehrzeit 2 Jahre

Strang			1	4	7
Reinhold ohne Anlaufzeit	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	696	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0057	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,6000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0040	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,09	1,33	1,11
Reinhold mit Anlaufzeit	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	696	2066	1885
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0057	0,0054	0,0053
	b	[m]	0,6000	1,0000	1,0000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,37	1,37	1,14
ÖKOSTRA 211 Graz-Andritz	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,33	1,11
ÖKOSTRA 212 Graz-Mariatrost	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,33	1,11
ÖKOSTRA 216 Graz-Wetzelsdorf	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,33	1,11
ÖKOSTRA 217 Graz-St. Peter	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,33	1,11
ÖKOSTRA 220 Graz-Seiersberg	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,33	1,11
ZAMG Graz-Universität	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,33	1,11

Tabelle 7.27: Schleppspannungen Wiederkehrzeit 5 Jahre

Strang			1	4	7
Reinhold ohne Anlaufzeit	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,33	1,11
Reinhold mit Anlaufzeit	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1045	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0038	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,7000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,29	1,33	1,11
ÖKOSTRA 211 Graz-Andritz	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1485	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0027	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,8000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,13	1,33	1,11
ÖKOSTRA 212 Graz-Mariatrost	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1485	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0027	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,8000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,13	1,33	1,11
ÖKOSTRA 216 Graz-Wetzelsdorf	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1485	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0027	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,8000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,13	1,33	1,11
ÖKOSTRA 217 Graz-St. Peter	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1485	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0027	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,8000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,13	1,33	1,11
ÖKOSTRA 220 Graz-Seiersberg	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1485	3335	3043
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0027	0,0034	0,0033
	b	[m]	0,8000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,13	1,33	1,11
ZAMG Graz-Universität	Q_{\min}	[l/s]	4	11,2	10
	Q_{voll}	[l/s]	1485	3335	4560
	$c_Q = Q_{\min}/Q_{\text{voll}}$	[-]	0,0027	0,0034	0,0022
	b	[m]	0,8000	1,2000	1,2000
	l	[-]	0,0050	0,0030	0,0025
	τ_{vorh}	[N/m ²]	1,13	1,33	0,85

7.3. Ergebnistabellen und Längenschnitte der hydrodynamischen Simulation

Note:

G : Max level exceeds ground level

Tabelle 7.28: Wasserstände – ÖKOSTRA- Eulerregen 60 min, ländliche Wohngebiete

	Minimum	Maximum	Ground Level	Ground Level - Maximum	Time - Minimum	Time - Maximum	Note
	[m]	[m]	[m]	[m]			
Node_1	297,15	297,83	300	-2,17	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:20	
Node_1_1	295,9	297,51	298,75	-1,24	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:21	
Node_1_2	294,65	296,55	297,5	-0,95	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:21	
Node_2	293,15	294,48	296	-1,52	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:22	
Node_2_1	293	294,23	295,85	-1,62	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:22	
Node_4	292,85	293,94	295,7	-1,76	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:22	
Node_3	294,5	297,55	297,35	0,2	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:20	G
Node_14	292,82	293,94	295,7	-1,76	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:22	
Node_9	292,1	292,65	295,7	-3,05	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:22	
Node_6	291,35	292,92	294,2	-1,28	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:21	
Node_7	289,35	290,15	292,2	-2,05	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:25	

Tabelle 7.29: Wasserstände – ÖKOSTRA- Eulerregen 60 min, städtische Wohngebiete

	Minimum	Maximum	Ground Level	Ground Level - Maximum	Time - Minimum	Time - Maximum	Note
	[m]	[m]	[m]	[m]			
Node_1	297,15	297,87	300	-2,13	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:20	
Node_1_1	295,9	297,5	298,75	-1,25	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:21	
Node_1_2	294,65	296,12	297,5	-1,38	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:21	
Node_2	293,15	294,41	296	-1,59	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:23	
Node_2_1	293	294,23	295,85	-1,62	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:23	
Node_4	292,85	294,01	295,7	-1,69	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:23	
Node_3	294,5	295,58	297,35	-1,77	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:20	
Node_14	292,82	293,89	295,7	-1,81	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:21	
Node_9	292,1	292,68	295,7	-3,02	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:23	
Node_6	291,35	293,06	294,2	-1,14	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:21	
Node_7	289,35	290,19	292,2	-2,01	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:25	

Tabelle 7.30: Wasserstände – ÖKOSTRA- Eulerregen 60 min, Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete

	Minimum	Maximum	Ground Level	Ground Level - Maximum	Time - Minimum	Time - Maximum	Note
	[m]	[m]	[m]	[m]			
Node_1	297,15	297,85	300	-2,15	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:20	
Node_1_1	295,9	297,2	298,75	-1,55	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:22	
Node_1_2	294,65	296,38	297,5	-1,12	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:21	
Node_2	293,15	294,47	296	-1,53	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:23	
Node_2_1	293	294,25	295,85	-1,6	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:23	
Node_4	292,85	294	295,7	-1,7	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:22	
Node_3	294,5	296,15	297,35	-1,2	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:20	
Node_14	292,82	294	295,7	-1,7	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:22	
Node_9	292,1	292,67	295,7	-3,03	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:22	
Node_6	291,35	293,3	294,2	-0,9	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:21	
Node_7	289,35	290,23	292,2	-1,97	01.01.1980 00:00	01.01.1980 00:24	

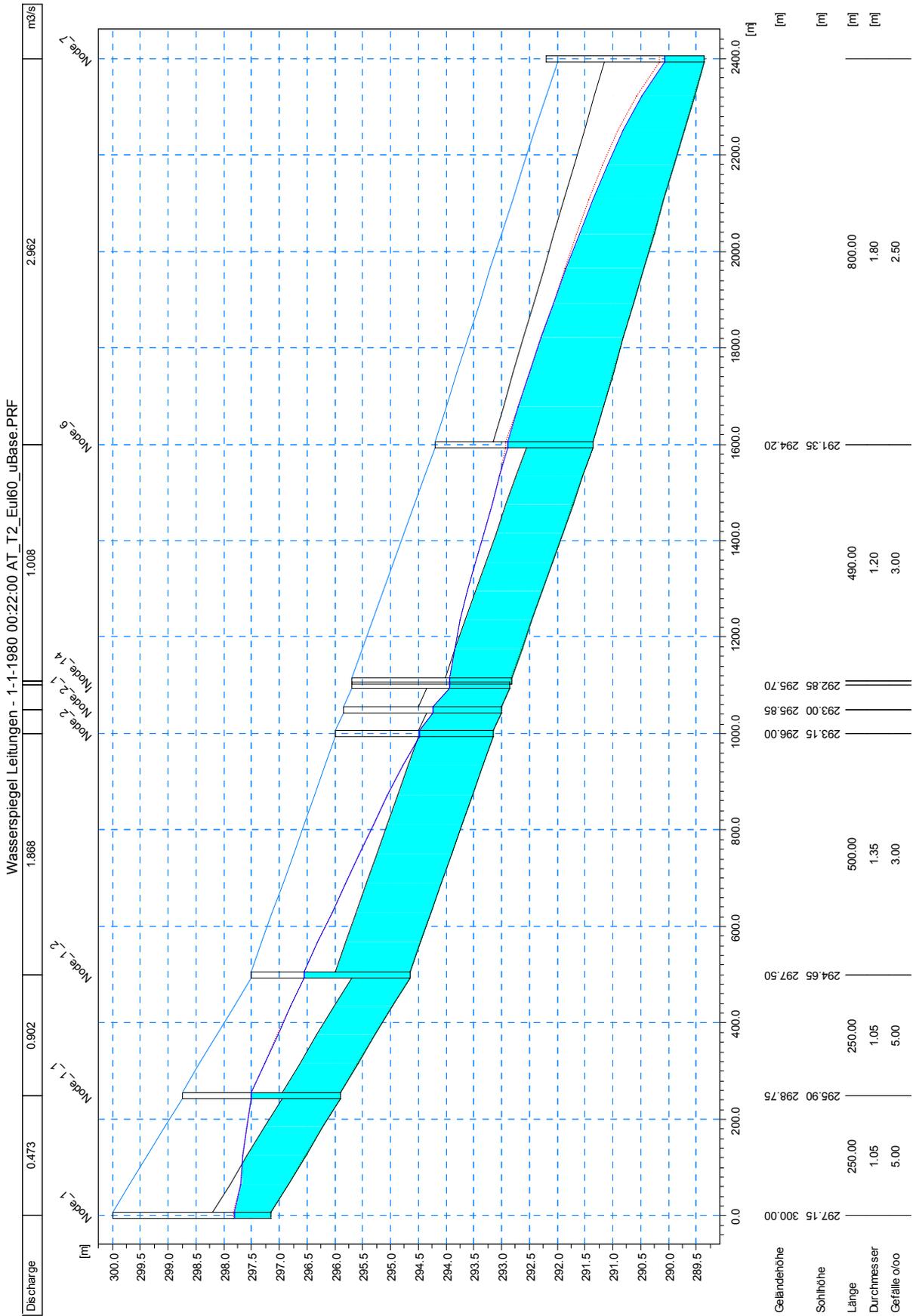


Abbildung 7.1: Längenschnitt Überstaunachweis mit Euler II Modellregen 60 [min], S1 – S7, ländliches Wohngebiet

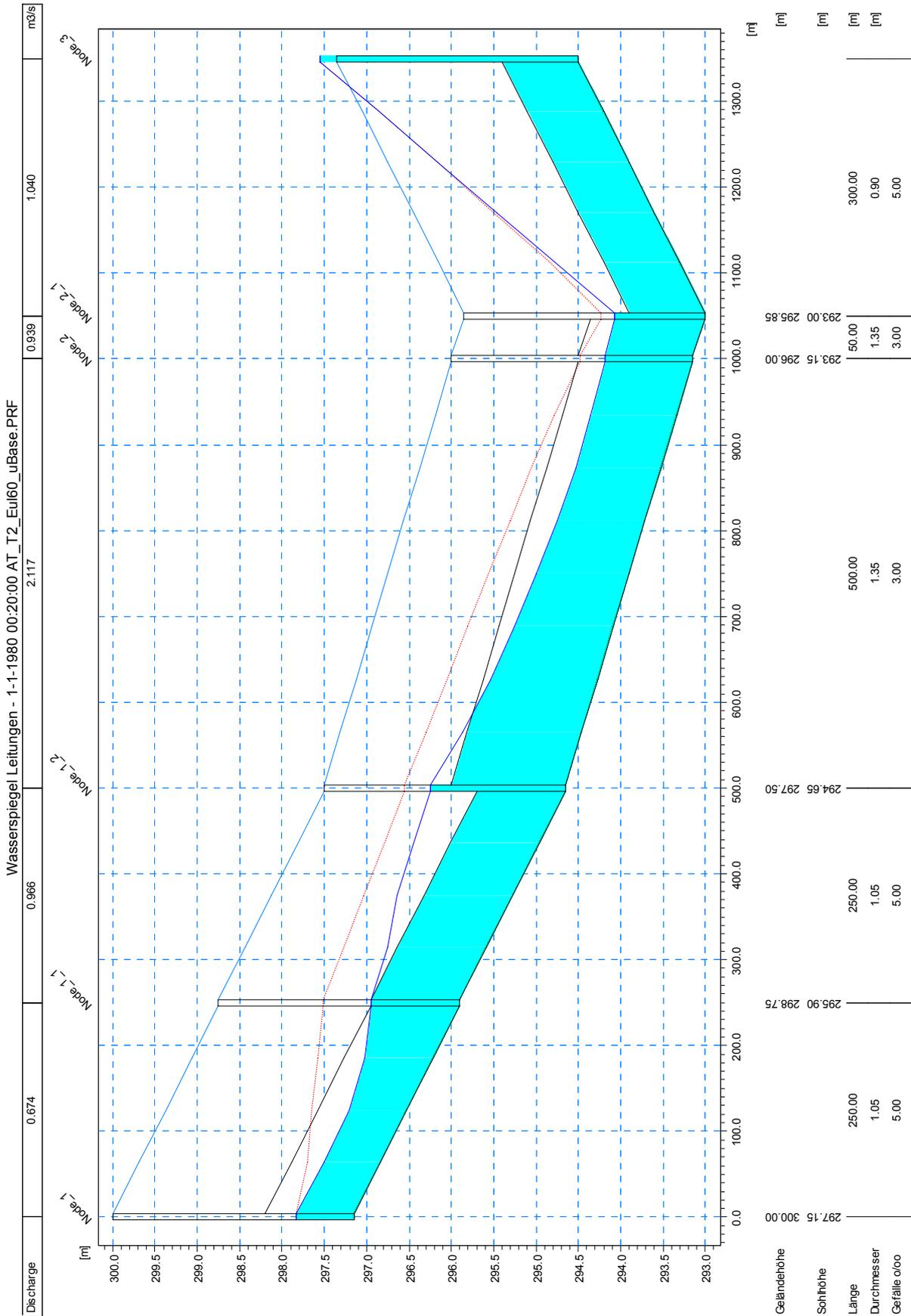


Abbildung 7.2: Längenschnitt Überstaunachweis mit Euler II Modellregen 60 [min], S1 – S3, ländliches Wohngebiet

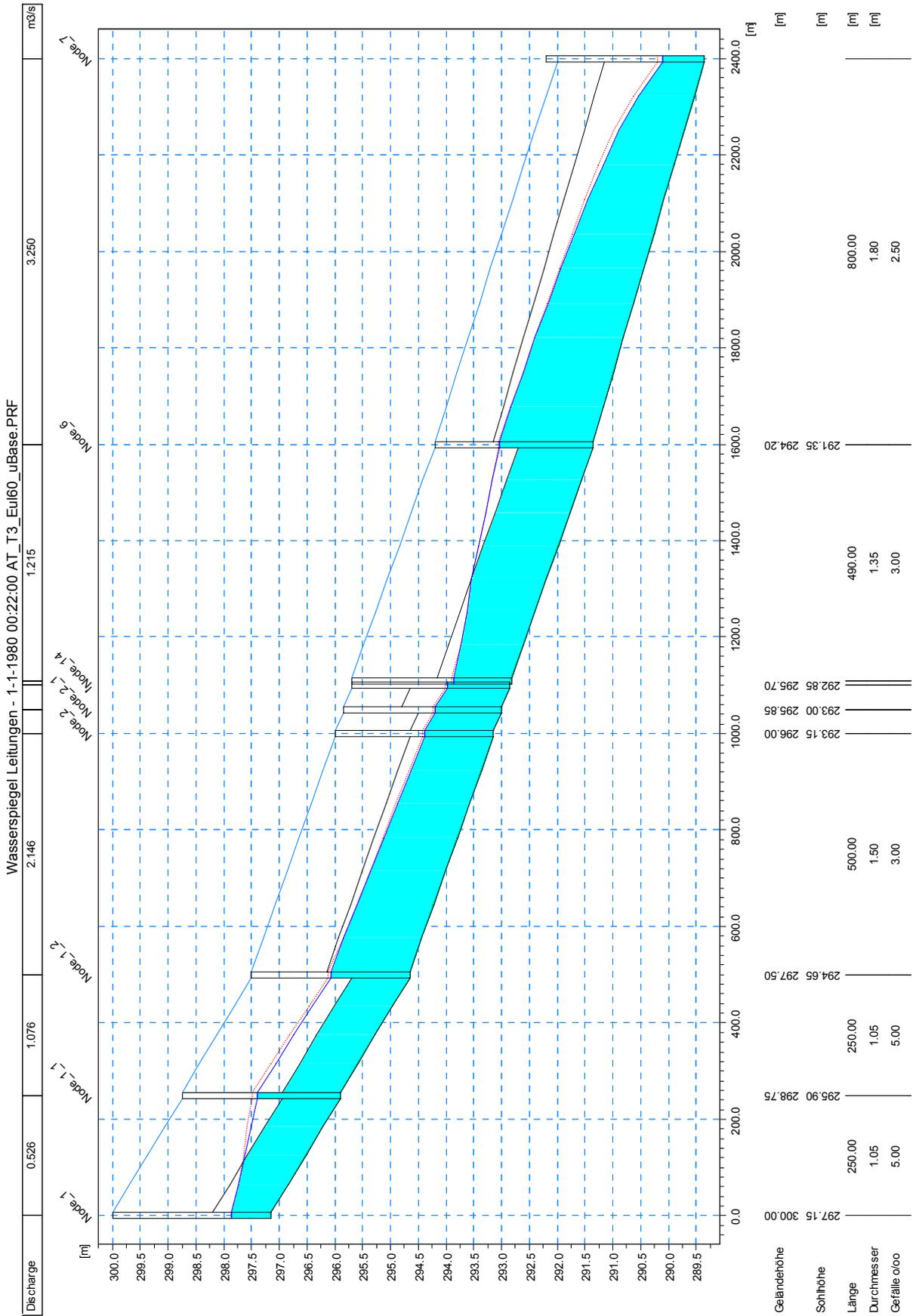


Abbildung 7.3: Längenschnitt Überstaunachweis mit Euler II Modellregen 60 [min], S1 – S7, städtisches Wohngebiet

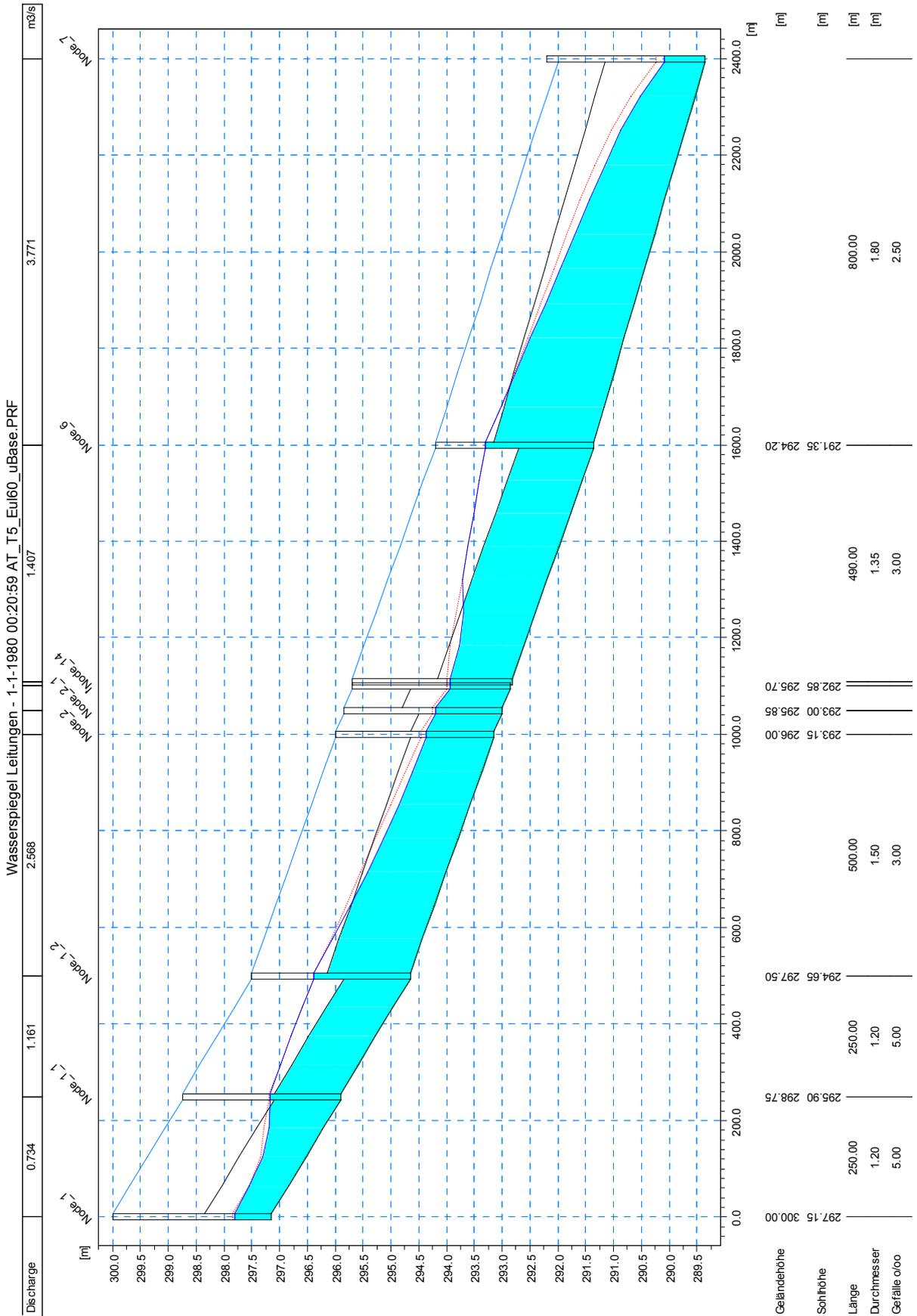


Abbildung 7.4: Längenschnitt Überstaunachweis mit Euler II Modellregen 60 [min], S1 – S7, Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete

Literaturverzeichnis

- Bemessungsniederschläge in der Siedlungswasserwirtschaft – Endbericht, 2006
- DWA, 2006: Arbeitsblatt A 118 – Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen
- GUJER Willi, 2002: Siedlungswasserwirtschaft, 2. Auflage. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- KAINZ Harald; KAUCH Ernst Peter; RENNER Helmut, 2005: Siedlungswasserbau und Abfallwirtschaft, 2. Auflage – Manz Verlag Schulbuch GmbH, Wien
- LAUTRICH Rudolf, 1976: Tabellen und Tafeln zur hydraulischen Berechnung von Druckrohrleitungen, Abwasserkanälen und Rinnen, 2. Auflage – Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin
- ÖNORM B 2501, 1980: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Bestimmungen für Planung und Ausführung
- ÖNORM B 2501, 2002: Entwässerungsanlagen für Gebäude – Ergänzende Richtlinien für die Planung, Ausführung und Prüfung
- ÖWAV, 2003: Regelblatt 19 – Richtlinien für die Bemessung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen, Entwurf
- ÖWAV, 2006: Regelblatt 11 – Richtlinie für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen, Entwurf
- ÖWWV, 1980: Regelblatt 5 – Richtlinien für die hydraulische Berechnung von Abwasserkanälen
- ÖWWV, 1982: Regelblatt 11 – Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung von Schmutz- Regen- und Mischwasserkanälen
- ÖWWV, 1987: Regelblatt 19 – Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Niederschlagsintensitäten $r_{15,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA.	9
Abbildung 2.2: Niederschlagsintensitäten $r_{15,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte	10
Abbildung 2.3: Niederschlagsintensitäten $r_{15,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ	10
Abbildung 2.4: Unterschied der HAÖ- und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{15,1}$ [l/s.ha]	11
Abbildung 2.5 Unterschied der gewichteten und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{15,1}$ [l/s.ha]	12
Abbildung 2.6: Niederschlagsintensitäten $r_{90,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA	13
Abbildung 2.7: Niederschlagsintensitäten $r_{90,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte	14
Abbildung 2.8: Niederschlagsintensitäten $r_{90,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ	14
Abbildung 2.9: Unterschied der HAÖ- und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{90,1}$ [l/s.ha]	15
Abbildung 2.10: Unterschied der gewichteten und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{90,1}$ [l/s.ha]	16
Abbildung 2.11: Niederschlagsintensitäten $r_{15,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA	17
Abbildung 2.12: Niederschlagsintensitäten $r_{15,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte	18
Abbildung 2.13: Niederschlagsintensitäten $r_{15,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ	18
Abbildung 2.14: Unterschied der HAÖ- und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{15,10}$ [l/s.ha]	19
Abbildung 2.15: Unterschied der gewichteten und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{15,10}$ [l/s.ha]	20
Abbildung 2.16: Niederschlagsintensitäten $r_{90,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA	21
Abbildung 2.17: Niederschlagsintensitäten $r_{90,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte	22
Abbildung 2.18: Niederschlagsintensitäten $r_{90,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ	22
Abbildung 2.19: Unterschied der HAÖ- und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{90,10}$ [l/s.ha]	23
Abbildung 2.20: Unterschied der gewichteten und der ÖKOSTRA-Niederschlagsintensitäten $r_{90,10}$ [l/s.ha]	24
Abbildung 3.1: Tabelle 7.1 – Empfohlene Häufigkeiten der Bemessungsregen aus dem ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006)	29
Abbildung 3.2: Niederschlagsintensitäten $r_{10,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA	29
Abbildung 3.3: Niederschlagsintensitäten $r_{10,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte	30
Abbildung 3.4 Niederschlagsintensitäten $r_{10,1}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ	30

Abbildung 3.5: Niederschlagsintensitäten $r_{10,2}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA	31
Abbildung 3.6: Niederschlagsintensitäten $r_{10,2}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte	32
Abbildung 3.7: Niederschlagsintensitäten $r_{10,2}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ	32
Abbildung 3.8: Niederschlagsintensitäten $r_{10,5}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA	33
Abbildung 3.9: Niederschlagsintensitäten $r_{10,5}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte	34
Abbildung 3.10: Niederschlagsintensitäten $r_{10,5}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ	34
Abbildung 3.11: Niederschlagsintensitäten $r_{10,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach ÖKOSTRA	35
Abbildung 3.12: Niederschlagsintensitäten $r_{10,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte, gewichtete Werte	36
Abbildung 3.13: Niederschlagsintensitäten $r_{10,10}$ [l/s.ha] der 247 Gitterpunkte nach HAÖ	36
Abbildung 4.1: Haltungen und Einzugsgebiete	39
Abbildung 4.2: Tabelle Spitzenabflussbeiwerte aus dem ÖWWV- Regelblatt 11 (1982)	40
Abbildung 4.3: Tabelle Spitzenabflussbeiwerte aus dem Arbeitsblatt DWA A 118 (2006)	40
Abbildung 4.4: Bemessungsabflüsse für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für ländliche Wohngebiete ($T_n = 1$ [a])	46
Abbildung 4.5: erforderliche Kanaldimensionen für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für ländliche Wohngebiete ($T_n = 1$ [a])	47
Abbildung 4.6: theoretisch ermittelte, fiktive Ei- Profile für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für ländliche Wohngebiete ($T_n = 1$ [a])	48
Abbildung 4.7: Bemessungsabflüsse für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für städtische Wohngebiete ($T_n = 2$ [a])	49
Abbildung 4.8: erforderliche Kanaldimensionen für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für städtische Wohngebiete ($T_n = 2$ [a])	50
Abbildung 4.9: theoretisch ermittelte, fiktive Ei- Profile für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für städtische Wohngebiete ($T_n = 2$ [a])	50
Abbildung 4.10: Bemessungsabflüsse für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete ($T_n = 5$ [a])	51
Abbildung 4.11: erforderliche Kanaldimensionen für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete ($T_n = 5$ [a])	52
Abbildung 4.12: theoretisch ermittelte, fiktive Ei- Profile für die einzelnen Stränge des Demonstrationsbeispiels für Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete ($T_n = 5$ [a])	52
Abbildung 5.1: Tabelle 7.2 – Empfohlene Überstauhäufigkeiten aus dem ÖWAV-Regelblatt 11 (Entwurf, 2006)	54
Abbildung 5.2: Eingabefenster Haltungen	55
Abbildung 5.3: Eingabefenster Knoten	55
Abbildung 5.4: Eingabefenster Einzugsgebiete	55
Abbildung 5.5: Eingabefenster Gebietslast	56
Abbildung 5.6: Euler II Modellregen	56
Abbildung 5.7: Eingabefenster Zeit- Flächen- Diagramm	56
Abbildung 5.8: Eingabefenster MOUSE- Berechnung	57
Abbildung 6.1: Regenspendenkarte NÖ für die Regenspende $r_{15,1}$	61
Abbildung 7.1: Längenschnitt Überstaunachweis mit Euler II Modellregen 60 [min], S1 – S7, ländliches Wohngebiet	79

Abbildung 7.2: Längenschnitt Überstaunachweis mit Euler II Modellregen 60 [min], S1 – S3, ländliches Wohngebiet	80
Abbildung 7.3: Längenschnitt Überstaunachweis mit Euler II Modellregen 60 [min], S1 – S7, städtisches Wohngebiet	81
Abbildung 7.4: Längenschnitt Überstaunachweis mit Euler II Modellregen 60 [min], S1 – S7, Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	82

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Starkregentabelle der ZAMG Stmk. für den „Raum Graz“, 07/1987 bis 12/1998 [l/s.ha].....	26
Tabelle 2.2: Starkregentabelle der ZAMG Stmk. für den „Raum Graz“, 07/1987 bis 12/1998 [l/s.ha].....	26
Tabelle 2.3: Bemessungsniederschläge für die Siedlungswasserwirtschaft, 216 – Graz- Wetzelsdorf nach ÖKOSTRA [l/s.ha].....	27
Tabelle 5.1: Kanalauslastung des Demonstrationsbeispiels bei unterschiedlich langen Blockregen für städtische Wohngebiete	58
Tabelle 5.2: Kanalauslastung des Demonstrationsbeispiels bei unterschiedlichen Euler II Modellregen für städtische Wohngebiete	58
Tabelle 7.1: Bemessungsabflüsse Reinhold ohne Anlaufzeit, Wiederkehrzeit 1 Jahr	62
Tabelle 7.2: Bemessungsabflüsse Reinhold mit Anlaufzeit, Wiederkehrzeit 1 Jahr.....	62
Tabelle 7.3: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 211 Graz-Andritz, Wiederkehrzeit 1 Jahr.....	63
Tabelle 7.4: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 212 Graz-Mariatrost, Wiederkehrzeit 1 Jahr.....	63
Tabelle 7.5: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 216 Graz-Wetzelsdorf, Wiederkehrzeit 1 Jahr	64
Tabelle 7.6: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 217 Graz-St. Peter, Wiederkehrzeit 1 Jahr...	64
Tabelle 7.7: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 220 Graz-Seiersberg, Wiederkehrzeit 1 Jahr.....	65
Tabelle 7.8: Bemessungsabflüsse ZAMG Graz-Universität, Wiederkehrzeit 1 Jahr	65
Tabelle 7.9: Bemessungsabflüsse Reinhold ohne Anlaufzeit, Wiederkehrzeit 2 Jahre	66
Tabelle 7.10: Bemessungsabflüsse Reinhold mit Anlaufzeit, Wiederkehrzeit 2 Jahre.....	66
Tabelle 7.11: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 211 Graz-Andritz, Wiederkehrzeit 2 Jahre..	67
Tabelle 7.12: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 212 Graz-Mariatrost, Wiederkehrzeit 2 Jahre	67
Tabelle 7.13: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 216 Graz-Wetzelsdorf, Wiederkehrzeit 2 Jahre.....	68
Tabelle 7.14: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 217 Graz-St. Peter, Wiederkehrzeit 2 Jahre	68
Tabelle 7.15: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 220 Graz-Seiersberg, Wiederkehrzeit 2 Jahre	69
Tabelle 7.16: Bemessungsabflüsse ZAMG Graz-Universität, Wiederkehrzeit 2 Jahre	69
Tabelle 7.17: Bemessungsabflüsse Reinhold ohne Anlaufzeit, Wiederkehrzeit 5 Jahre	70
Tabelle 7.18: Bemessungsabflüsse Reinhold mit Anlaufzeit, Wiederkehrzeit 5 Jahre.....	70
Tabelle 7.19: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 211 Graz-Andritz, Wiederkehrzeit 5 Jahre..	71
Tabelle 7.20: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 212 Graz-Mariatrost, Wiederkehrzeit 5 Jahre	71
Tabelle 7.21: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 216 Graz-Wetzelsdorf, Wiederkehrzeit 5 Jahre.....	72
Tabelle 7.22: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 217 Graz-St. Peter, Wiederkehrzeit 5 Jahre	72
Tabelle 7.23: Bemessungsabflüsse ÖKOSTRA 220 Graz-Seiersberg, Wiederkehrzeit 5 Jahre	73
Tabelle 7.24: Bemessungsabflüsse ZAMG Graz-Universität, Wiederkehrzeit 5 Jahre	73
Tabelle 7.25: Schleppspannungen Wiederkehrzeit 1 Jahr.....	74

Tabelle 7.26: Schleppspannungen Wiederkehrzeit 2 Jahre.....	75
Tabelle 7.27: Schleppspannungen Wiederkehrzeit 5 Jahre.....	76
Tabelle 7.28: Wasserstände – ÖKOSTRA- Eulerregen 60 min, ländliche Wohngebiete	77
Tabelle 7.29: Wasserstände – ÖKOSTRA- Eulerregen 60 min, städtische Wohngebiete	77
Tabelle 7.30: Wasserstände – ÖKOSTRA- Eulerregen 60 min, Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	78