

Die Grundwasserreserven bei Niederwasserverhältnissen in den steirischen Weinbaugebieten als Grundlage für Ressourcen schonende Weinkulturbewässerung

Diplomarbeit

zur Erlangung der
Mag^a.rer.nat
am Institut für Geografie und Raumforschung
der Karl-Franzens-Universität Graz

Vorgelegt von

Brandy Grüner

bei

Univ. Doz. Dr. Johann Fank
Institut für Hydrogeologie und Geothermie
Joanneum Research

Graz, November 2003

An dieser Stelle erkläre ich, die vorliegende Arbeit allein und ohne fremde Hilfe und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur verfasst zu haben.

Brandy Grüner

Danksagung

Mein größter Dank gebührt Herrn Dr. Fank, der durch seine hydrogeographischen Vorlesungen mein Interesse für die Hydrologie verstärkt hat und mir diese praxisorientierte und äußerst interessante Abschlussarbeit ermöglichte. Sein Interesse am Fortschritt meiner Arbeit und die Besprechung der Ergebnisse waren mir stets eine große Hilfe.

Mein weiterer Dank gilt Herrn Dr. Suetter, Leiter der Fachabteilung 19a – Wasserwirtschaftliche Planung und Hydrografie, Referat 1 - Hydrografie (Amt der Steiermärkischen Landesregierung), dem dieses Thema ein Anliegen war und der eine Finanzierung erwirkte. Zudem möchte ich den Mitarbeitern der Hydrografie danken, die immer für meine Fragen offen waren und mir mit Rat und Tat zur Seite standen. Ihre Mithilfe bei den Abflussmessungen erleichterte mir die praktische Arbeit ungemein.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei Valeska Seifert, Priska Steger, Stefan Eichberger und Gerhard Fließ, die immer da waren, wenn es Fragen zur Erstellung dieser Arbeit und zu diversen Computerproblemen gab.

Ganz besonderer Dank gilt meinem Vater, der mir das Studium ermöglichte, indem er mich immer in jeder Hinsicht unterstützt hat.

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung einer Abflusspendenkarte für die Weinbaugebiete der Steiermark (nach Abflussmessungen bei Niederwasserverhältnissen), um Aussagen über die vorhandenen Grundwasserreserven treffen zu können.

Zuerst erfolgt ein Überblick über die Grundlagen der Einzugsgebietshydrologie und danach die Beschreibung und Gliederung des Untersuchungsgebietes. Zu zwei verschiedenen Zeitpunkten wurden bei Mittelwasser bzw. Niederwasser an 88 Messstellen mittels hydrometrischem Messflügel und mittels Integrationsverfahren Abflussmessungen durchgeführt. Es wurden die zugehörigen Einzugsgebiete ermittelt und für die eigen erhobenen Daten die Oberflächenpegel des hydrographischen Dienstes des Landes Steiermark als Referenzpegel herangezogen.

Im nächsten Schritt wurden die Abflusspenden der Einzugsgebiete berechnet und in einer Übersichtskarte dargestellt. Des weiteren erfolgte die Ermittlung einer Abflusspenden-Seehöhen Beziehung und die Veranschaulichung der Ergebnisse in einer Abflusspendenkarte. Die Analysen ergaben eine Abhängigkeit der Abflusspenden von der Seehöhe in mehreren Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes, wobei das Einzugsgebiet des Gamlitzbaches dies am klarsten zeigt.

Inhaltsverzeichnis

1	<i>Einleitung und Zielsetzung</i>	9
2	<i>Grundlagen der Einzugsgebietshydrologie</i>	10
	2.1 Das Einzugsgebiet	10
	2.1.1 Parameter.....	10
	2.1.2 Wasserbilanz	11
	2.2 Der Abfluss	12
	2.2.1 Der Abflussprozess	12
	2.2.2 Die Abflussbildung	13
	2.2.3 Die Abflusskonzentration.....	13
	2.3 Der Einfluss geographischer Verhältnisse und des Menschen auf den Abflussvorgang	14
	2.3.1 Einfluss der geomorphologischen Verhältnisse	14
	2.3.2 Geologie	16
	2.3.3 Bodenarten	16
	2.3.4 Vegetation	17
	2.3.5 Klimaelemente	18
	2.3.6 Anthropogener Einfluss.....	18
	2.4 Das Grundwasser	18
	2.4.1 Arten des Grundwassers.....	18
	2.4.2 Verschiedene Aquifertypen.....	19
	2.4.3 Grundwasserneubildung und –anreicherung.....	20
	2.4.4 Speicherung von Grundwasser.....	20
3	<i>Das Untersuchungsgebiet</i>	21
	3.1 Lage und Abgrenzung	21
	3.2 Physiogeographische Kurzcharakteristik	23
	3.3 Einzugsgebietsgliederung	32
	3.3.1 Das Einzugsgebiet des Gamlitzbaches.....	35
	3.3.2 Die Einzugsgebiete des Pöbnitzbaches und des Wellingbaches	37
4	<i>Datengewinnung</i>	40
	4.1 Bezugspegel	40
	4.2 Abflussmessung	41
	4.2.1 Gefäßmessung	42
	4.2.2 Flügelmessung.....	43
	4.2.3 Tracerverdünnungsmethode	46
5	<i>Dokumentation der Ergebnisse</i>	49
	5.1 Pegeldaten	49
	5.1.1 Hydrographische Kennwerte.....	49
	5.1.2 Einbindung der Ergebnisse in das Langzeitgeschehen	49
	5.2 Abflussmessungen	50
	5.2.1 Abflussspenden-Höhenbeziehung und Abflussspendenkarten	50
	5.2.2 Abflussspenden der Teileinzugsgebiete	56
6	<i>Mögliche Ursachen für die unterschiedlichen Abflussmengen</i>	58

6.1 Klima	58
6.1.1 Niederschlag	58
6.1.2 Verdunstung	60
6.2 Boden	61
6.3 Tiefdrainagen	62
7 Schlussfolgerungen	64
Literaturverzeichnis	66
Anhang I	69
Anhang II	78

Abbildungen

Abbildung 2-1: Querschnitt eines Einzugsgebietes mit unterschiedlichen ober- und unterirdischen Einzugsgebietsgrenzen. (BAUMGARTNER u. LIEBSCHER 1990, S.466).	10
Abbildung 2-2: Das Einzugsgebiet eines Flusses beschreibende Parameter: l_F = Flusslänge, l_T = Tallänge, l_L = Luftlinie, A_{EO} = die Fläche des oberirdischen Einzugsgebietes, l_W = die Länge der oberirdischen Wasserscheide (Umfang), l_B = Einzugsgebietsbreite (BAUMGARTNER u. LIEBSCHER 1990, S.467).	11
Abbildung 2-3: Schematische Darstellung des Abflussprozesses (BAUMGARTNER u. LIEBSCHER 1990, S.476).....	12
Abbildung 2-4: Einfluss der Form des Einzugsgebietes auf die Abflussganglinie (BAUMGARTNER u. LIEBSCHER, 1990, S. 507, verändert)	15
Abbildung 2-5: Schematische Darstellung des Einflusses von Infiltrations- und Wasserhaltevermögen auf Abflussbildung und Wasserhaushalt. (DYCK 1978, zitiert in BAUMGARTNER u. LIEBSCHER 1990, S.511).....	17
Abbildung 3-1: Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes (braun: die Weinbaugebiete der Stmk.)	21
Abbildung 3-2: Blick von Hochgrail nach Nordosten Richtung Steinbach; (A) im Winter; (B) im Sommer	22
Abbildung 3-3: Blick von der Panoramastraße nordöstlich von Hirritschberg Richtung Nordosten	23
Abbildung 3-4: Die Geologie des Steirischen Beckens (FANK, J., H. ZETINIGG, B. GRÜNER, S. STEINBAUER, M. HASENHÜTTL, L. SCHLEICHER 2003).....	28
Abbildung 3-5: Berechnung und Darstellung des Einzugsgebietes des Gamlitzbaches, ausgehend von der Messstelle 24s.	33
Abbildung 3-6: Die Messstellen und die dazugehörigen Einzugsgebiete.....	34
Abbildung 3-7: Untergliederung des Gesamteinzugsgebietes des Gamlitzbaches in zehn Subeinzugsgebiete, mit Bezeichnung (Nummerierung) der Messstellen.....	36
Abbildung 3-8: Die zehn Teileinzugsgebiete des Gesamteinzugsgebietes des Gamlitzbaches mit Namen und Nummerierung.....	37
Abbildung 3-9: Untergliederung des Gesamteinzugsgebietes des Pößnitzbaches in 16 Subeinzugsgebiete, mit Bezeichnung (Nummerierung) der dort vorhandenen Messstellen.	38
Abbildung 3-10: Untergliederung des Gesamteinzugsgebietes des Wellingbaches in drei Subeinzugsgebiete	38

Abbildung 3-11: Die 16 Teileinzugsgebiete des Gesamteinzugsgebietes des Pöbnitzbaches mit Namen und Nummerierung.....	39
Abbildung 3-12: Die drei Teileinzugsgebiete des Gesamteinzugsgebietes des Wellingbaches mit Namen u. Nummerierung.....	39
Abbildung 4-1: Die elf Referenzpegel des Untersuchungsgebietes und deren Einzugsgebiete	40
Abbildung 4-2: Darstellung der Wettersituation zur Zeit der Messtouren; A (links): Satellitenbild von Österreich am 20.12.2002; B(rechts): Satellitenbild von Österreich am 21.06. 2003 (Zentralamt für Meteorologie und Geophysik)	41
Abbildung 4-3: Gefäßmessung mit Kübel an der Messstelle Saubach (s16) am 20.06.2003 ..	43
Abbildung 4-4: (A) Flügelkörper mit Propellerschaukel, (B) Flügelmessung an der Messstelle Ottersbach (e1) am 20.12.2002	44
Abbildung 4-5: Darstellung eines Bachquerschnittes mit Messlotrechten (nach DYCK und PESCHKE 1995, verändert).....	45
Abbildung 4-6: links: Kalibration - dabei wird das Gerät mit Hilfe einer Eichflüssigkeit vorbereitet für die Tracermessung; Mitte: Einbringen der Sonde in das Fließgewässer; rechts: Einbringen der NaCl-Lösung in das Fließgewässer. Dezember 2002, verschiedene Messstellen.	47
Abbildung 4-7: Durchgangskurve der Integrationsmessung vom 20.06.2003 am Pöbnitzbach (s36).....	48
Abbildung 5-1: Regressionsanalyse – wie hängt die Abflusspende von der mittleren Seehöhe ab? Oben (A): Ergebnisse der Messtour I, 17.–22. 12.2002; unten (B): Ergebnisse der Messtour II, 17.-21.6.2003 (Gamlitzbach).....	51
Abbildung 5-2: Abflusspendenkarten - zu beiden Messterminen	52
Abbildung 5-3: Regressionsanalyse – wie hängt die Abflusspende von der mittleren Seehöhe ab? Ergebnisse der Messtour I, 17.–22. 12.2002 (Pöbnitzbach/oben und Fötschachbach)	54
Abbildung 5-4: Regressionsanalyse – wie hängt die Abflusspende von der mittleren Seehöhe ab? Ergebnisse der Messtour I, 17.–22. 12.2002 (Wellingbach)	55
Abbildung 5-5: Überblick über alle Abflusspendenkarten (zum ersten Messtermin); Einzugsgebiete: im nördlichen Teil Wellingbach, weiter südlich Gamlitzbach, gefolgt von Fötschachbach und ganz südlich Pöbnitzbach/oben.	55
Abbildung 5-6: Die Abflusspenden der Teileinzugsgebiete, Dezember 2002	56
Abbildung 5-7: Die Abflusspenden der Teileinzugsgebiete, Juni 2003	57
Abbildung 6-1: Mittlere Jahressummen des Niederschlages 1971 – 1995 (FANK, J., H. ZETINIGG, B. GRÜNER, S. STEINBAUER, M. HASENHÜTTL, L. SCHLEICHER 2003).....	58
Abbildung 6-2:Oben (A): Mittlere Winter-Summen des Niederschlags 1971 – 1995; unten (B): Mittlere Sommer-Summen des Niederschlags 1971 – 1995 (FANK, J., H. ZETINIGG, B. GRÜNER, S. STEINBAUER, M. HASENHÜTTL, L. SCHLEICHER 2003).....	59

Tabellen

Tabelle 1: Die Bezugspegel und ihre Einzugsgebietsfläche	40
Tabelle 2: Gefäßmessungen am 20.06.2003, Becher: Neudorfbach (s18), Kübel: Saubach (s16).....	42
Tabelle 3: Auswertung der Abflussmessung nach der 2-Punkt-Messmethode KREPS vom 17.12.2002 an der Messstelle Weissenbach (s20); Ergebnis = 59,5 l/s	45

Tabelle 4: Hydrographische Kennzahlen des Abflusses	49
Tabelle 5: Wasserdurchlässigkeit und Wasserspeichervermögen der verschiedenen Böden (Nach: BERNHART u. LUTTENBERGER 2003, S. 54).....	61
Tabelle 6: Das unterschiedliche Wasserspeichervermögen der verschiedenen Bodenarten (EISENHUT 1990, zitiert in BERNHART u. LUTTENBERGER 2003, S. 57)	62

1 Einleitung und Zielsetzung

Im Rahmen dieser Arbeit sollen in den Weinbaugebieten der Steiermark bei Niederwasserverhältnissen die Abflüsse an zahlreichen Messstellen gemessen und die zugehörigen Einzugsgebiete ermittelt werden. Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung einer Abflussspendenkarte, um Rückschlüsse auf die vorhandenen Grundwasserreserven ziehen zu können. Außerdem stellt sich die Frage: Gibt es eine Abhängigkeit zwischen der Abflussspende und der Seehöhe im untersuchten Gebiet?

Zuerst werden die Pegeldata der Oberflächenpegel des hydrographischen Dienstes (Referenzpegel) herausgesucht und den Einzugsgebieten zugeordnet, um die eigenen Messergebnisse einordnen zu können. Danach werden die Messstellen nach Kriterien der Höhengliederung und der guten Messbarkeit der Abflüsse im Gelände fixiert. Sind die Messstellen festgelegt, werden die zugehörigen Einzugsgebiete abgegrenzt. Die Abflussmessungen werden danach bei Niederwasserverhältnissen durchgeführt. Daraufhin erfolgt die Berechnung der morphometrischen Kenndaten (Einzugsgebietsfläche, mittlere Seehöhe, Neigung) und die Berechnung der Abflussspenden zum Messzeitpunkt. Die Ergebnisse werden in Form einer Übersichtskarte mittels ArcView dargestellt.

Der nächste Schritt ist die Ermittlung einer Abflussspenden-Seehöhenbeziehung und - falls gegeben - die Erstellung einer Abflussspendenkarte.

Die Fragestellung dieser Arbeit beinhaltet selbstverständlich den Gedanken an die regionale Verteilung von verfügbaren Wasserreserven. Eine wichtige Rolle spielt dabei der Niederwasserabfluss aufgrund dessen Grundwasserneubildungsraten festgestellt werden können (WUNDT 1953). Zur Vermeidung von Raubbau am Grundwasser, eine oftmals irreversible Schädigung des Grundwasserhaushaltes, d.h. eine mehr oder weniger rasche Erschöpfung des Aquifers, darf auf Dauer aus einem Gebiet maximal nur soviel an Grundwasser entnommen werden, wie in diesem Gebiet im langjährigen Mittel neu gebildet wird. Grundlage für eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung bildet demnach die Kenntnis der mittleren Grundwasserneubildungsrate. Durch wasserwirtschaftliche Überlegungen, z.B. Erhaltung eines Mindestabflusses in Vorflutern, kann dann noch die Menge an nutzbarem Grundwasser reduziert werden (RICHTER u. LILLICH 1975, S.153)

2 Grundlagen der Einzugsgebietshydrologie

Die Erläuterungen zu diesem Kapitel sind eng angelehnt an die Literatur von BAUMGARTNER und LIEBSCHER (1990).

2.1 Das Einzugsgebiet

2.1.1 Parameter

Jedem Punkt eines Fließgewässers (wobei das Wasservolumen der beobachteten Stelle durch einen Abflussquerschnitt fließt) kann ein Gebiet zugeordnet werden, das sogenannte *Einzugsgebiet*. Dabei wird unterschieden zwischen dem *oberirdischen Einzugsgebiet*, dessen Größe durch die natürlichen oberirdischen Wasserscheiden bestimmt ist, und dem *unterirdischen Einzugsgebiet*, das, umschlossen von der unterirdischen Wasserscheide, durch die geologischen Verhältnisse geprägt ist (Abbildung 2-1). Dabei kann es sein, dass aufgrund der geologischen Gegebenheiten dem oberirdischen Einzugsgebiet, begrenzt von der Wasserscheide, Wasser von außen zu- oder abgeführt wird.

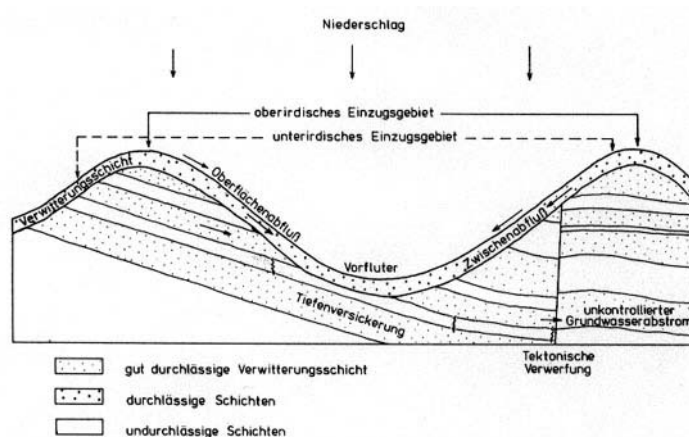


Abbildung 2-1: Querschnitt eines Einzugsgebietes mit unterschiedlichen ober- und unterirdischen Einzugsgebietsgrenzen. (BAUMGARTNER u. LIEBSCHER 1990, S.466).

Das Einzugsgebiet lässt sich durch mehrere Parameter charakterisieren. Dazu gehören die Flusslänge, die Tallänge, die Luftlinie, die Fläche des oberirdischen Einzugsgebietes, die Länge der oberirdischen Wasserscheide (Umfang), die Einzugsgebietslänge und die Einzugsgebietsbreite (Abbildung 2-2).

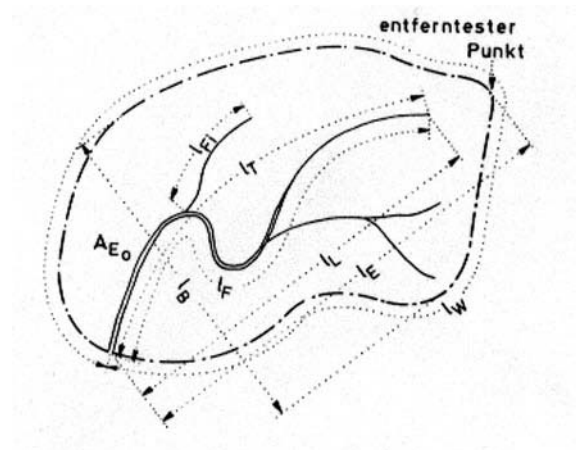


Abbildung 2-2: Das Einzugsgebiet eines Flusses beschreibende Parameter: l_F = Flusslänge, l_T = Tallänge, l_L = Luftlinie, A_{EO} = die Fläche des oberirdischen Einzugsgebietes, l_W = die Länge der oberirdischen Wasserscheide (Umfang), l_B = Einzugsgebietsbreite (BAUMGARTNER u. LIEBSCHER 1990, S.467).

2.1.2 Wasserbilanz

Ein wichtiges Gesetz der Hydrologie beruht auf dem Massenerhaltungssatz, der Kontinuitätsbeziehung. Sie besagt, dass die Summe des einem Raum oder Körper in einem bestimmten Zeitabschnitt zugeführten Wasservolumens gleich dem im gleichen Zeitraum abgeführten Wasservolumen und der Änderung des gespeicherten Wasservolumens ist, unabhängig von der Größe des Raumes oder des Körpers und der Länge des Zeitabschnittes. Die Wasserbilanz ist die Bezeichnung für die zahlenmäßige Verknüpfung der Volumina einzelner Komponenten des Wasserkreislaufes über die Kontinuitätsgleichung. Die entsprechende Wasserbilanzgleichung lautet: $P = E + R + \Delta S$ (P = Niederschlag, E = Verdunstung, R = Abfluss, Δ = Änderungsbetrag, S = Speicherung). Bei der Betrachtung eines Einzugsgebietes können noch die Terme Ableitung (A) und Zuleitung (Z) der Bilanzgleichung hinzugefügt werden: $P = E + R + \Delta S + A - Z$. (FANK 1999)

In dieser Arbeit liegt der Schwerpunkt auf dem Abfluss (d.h. dem direkt genutzten Element des Wasserhaushaltes), da der Abfluss aus den Einzugsgebieten dem potentiellen Wasserdargebot entspricht. Die Größe und das Schwankungsverhalten des Abflusses sind von großer Bedeutung sowohl für die Nutzungsmöglichkeiten als Trinkwasser als auch für von ihm ausgehende Gefahren und entscheidend für die in Einzugs- und Versorgungsgebieten erforderlichen technischen Maßnahmen. (DYCK u. PESCHKE 1995, S.143)

2.2 Der Abfluss

Als Abfluss Q bezeichnet man das Wasservolumen, das pro Zeiteinheit einen definierten oberirdischen Fließquerschnitt durchfließt. Dabei werden die Maßeinheiten m^3/s oder l/s verwendet. Wird der beobachtete Abfluss auf die dazugehörige Einzugsgebietsfläche bezogen, so spricht man von der *Abflusspende* q in $l/(s \cdot km^2)$. Die Abflusspende ist die normierte Charakterisierung der Abflussverhältnisse der Einzugsgebiete.

2.2.1 Der Abflussprozess

Am Abflussprozess sind im wesentlichen drei Vorgänge beteiligt. Dazu zählen die Abflussbildung aus dem Niederschlag, die Abflusskonzentration und der Fließvorgang im offenen Gerinne. Abbildung 2-3 veranschaulicht den Abflussprozess und dessen Zusammenhänge.

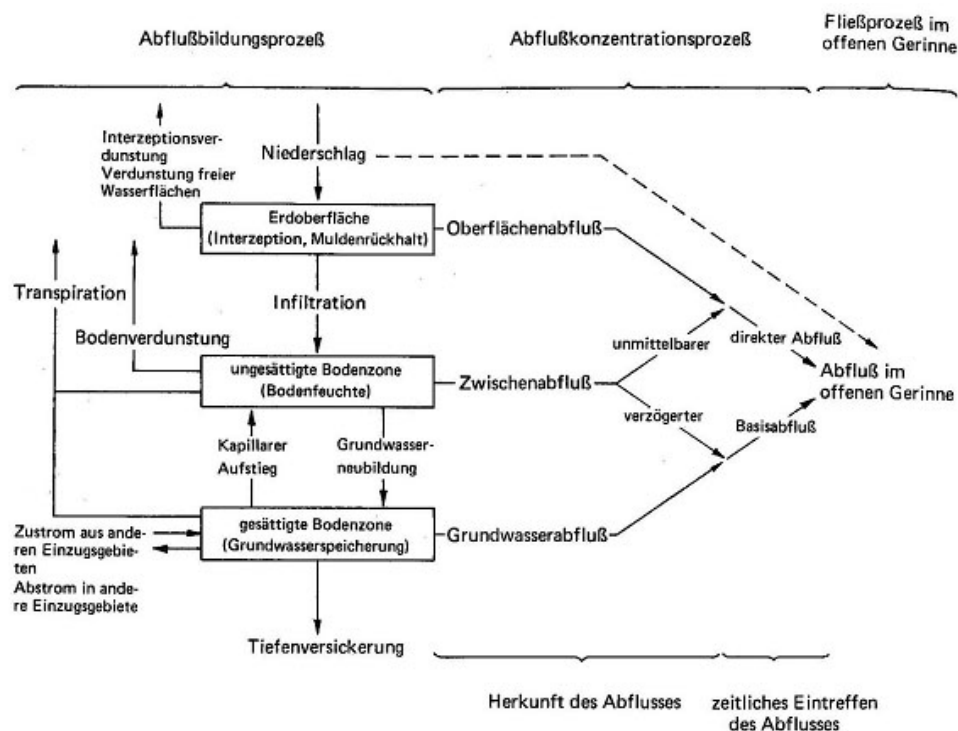


Abbildung 2-3: Schematische Darstellung des Abflussprozesses (BAUMGARTNER u. LIEBSCHER 1990, S.476)

2.2.2 Die Abflussbildung

Als Abflussbildung bezeichnet man jenen Prozess, bei dem der zum Abfluss gelangende Anteil des Niederschlagswassers, der den Erdboden erreicht (effektiver Niederschlag), gebildet wird. Der Teil des Niederschlages, der direkt in das Fließgewässer fällt, ist dabei unbedeutend, da der Anteil der Wasserflächen im Vergleich zu den meisten dazugehörigen Einzugsgebietsflächen minimal ist. Die Prozesse, die bei der Abflussbildung eine wesentliche Rolle spielen (siehe Abbildung 2-3), sind Prozesse der Interzeption, der Verdunstung, der Infiltration, der Schneeschmelze sowie der Oberflächen-, der Bodenfeuchte- und der Grundwasserspeicherung. Durch die Vegetationsdecke und Zwischenspeicherung in der Schneedecke wie auch durch Verdunstung kommt es zu Verlusten an Niederschlagswasser, das die Erdoberfläche erreicht. Der Rest infiltriert in den Boden, wobei die Menge von der Wasseraufnahmefähigkeit, der Durchlässigkeit der Böden sowie von der Vegetationsart abhängt. Wenn die Niederschlagsrate größer ist als die Infiltrationsrate, fließt das überschüssige Wasser oberflächlich ab. Die Auffüllung der Bodenwasservorräte vollzieht sich nur langsam. Erst nach Erreichen der Feldkapazität kommt es zum Zwischenabfluss (Kapitel 2.2.3) und zur Grundwasserneubildung.

2.2.3 Die Abflusskonzentration

Bei dem Prozess der Abflusskonzentration wird der flächenmäßig verteilte Niederschlag durch Fließvorgänge, die entweder an der Erdoberfläche oder im Erdboden stattfinden, zum nächstgelegenen Vorfluter geleitet. Das oberflächlich abfließende Wasser, der *Landoberflächenabfluss*, erreicht dabei den Vorfluter in kürzester Zeit. Bei kleinen Einzugsgebieten wird die Hauptmenge an Wasser dem Vorfluter häufig schon während des Niederschlagsereignisses zugeführt. Der Landoberflächenabfluss klingt nach dem Niederschlagsereignis schnell wieder ab.

Das in den Erdboden infiltrierende Wasser gelangt entweder in das Grundwasser oder an weniger durchlässige Schichten. Dort wird es vorerst gestaut und es bildet sich ein zeitweise gesättigter Bodenwasserbereich. Das Wasser bewegt sich daraufhin - der Schwerkraft folgend - parallel zu der weniger durchlässigen Schicht entlang des größten Gefälles. Es entsteht der *Zwischenabfluss*, wobei dieser wesentlich langsamer eintritt als der Oberflächenabfluss.

Nachdem das Wasser entweder direkt oder teilweise über Zwischenabfluss das Grundwasser erreicht hat, bewegt es sich als *Grundwasserabfluss* - ebenso dem größten Gefälle des gesättigten Bodenwasserbereiches folgend - dem Vorfluter zu. Dort trägt es zur Bildung des Abflusses im Vorfluter bei. Der Grundwasserabfluss ist deutlich langsamer als der Zwischenabfluss und hat von allen Abflusskomponenten die größte Bedeutung, da er in niederschlagsarmen Zeiten die Wasserführung eines Fließgewässers bestimmt.

2.3 Der Einfluss geographischer Verhältnisse und des Menschen auf den Abflussvorgang

In den folgenden Teilkapiteln werden die Faktoren beschrieben, die den Abfluss bestimmen und Einfluss auf dessen Verlauf ausüben.

2.3.1 Einfluss der geomorphologischen Verhältnisse

► *Größe des Einzugsgebietes*

Der mittlere jährliche Abfluss steigt im Normalfall mit der Größe des Einzugsgebietes, während die mittlere jährliche Abflussspende mit zunehmender Fläche des Einzugsgebietes geringer wird. Grund dafür ist der geringer werdende Gebirgsanteil, dessen Abflussspenden, bedingt durch höhere Niederschläge, größer sind. Abflüsse kleinerer Gebiete reagieren meist sofort auf Niederschlagsereignisse, bei größeren Gebieten sprechen die Abflüsse mit zeitlicher Verzögerung an. Beim Abflussvorgang muss der Unterschied zwischen oberirdischem und unterirdischem Einzugsgebiet berücksichtigt werden (siehe Kapitel 2.1.1). Diese Unterschiede wirken sich meist nur bei Bestimmung der Abflussspenden von kleinen Einzugsgebieten aus, während bei größeren Gebieten dieser Fehler immer unbedeutender wird. Der effektive Niederschlag eines Einzugsgebietes verlässt zum Großteil das Gebiet über den Vorfluter, jedoch können größere Wasserverluste an jenen Stellen auftreten, an denen ein Vorfluter aus dem Bereich des Festgesteins in Lockergestein übertritt und somit Wassermassen vom Vorfluter in das Grundwasser abfließen.

► *Form des Einzugsgebietes*

Es gibt viele verschiedene Formen von Einzugsgebieten. Sie können kreisförmig, oval, sehr lang gestreckt oder sehr unregelmäßig ausgeprägt sein. Die Form des Einzugsgebietes hat nur einen sehr geringen Einfluss auf den mittleren Jahresabfluss oder die jahreszeitliche Verteilung des Abflusses. Allerdings wird die Abflussganglinie nach starken Niederschlagsereignissen durch die Form des Einzugsgebietes beeinflusst. Abbildung 2-4 zeigt deren unterschiedliche Ausprägung bei kreisförmiger bzw. lang gestreckter Gebietsform.

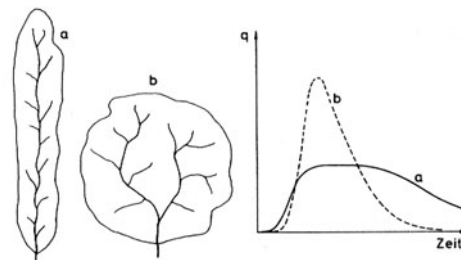


Abbildung 2-4: Einfluss der Form des Einzugsgebietes auf die Abflussganglinie (BAUMGARTNER u. LIEBSCHER, 1990, S. 507, verändert)

Bei der Gebietsform a treffen die Wassermassen der Teileinzugsgebiete fast gleichzeitig am Gebietsauslass ein und überlagern sich, während sie sich bei Gebietsform b nicht überlagern und nacheinander eintreffen.

► *Flussdichte*

Die Flussdichte charakterisiert die Entwässerungsfähigkeit eines Gebietes. Sie wird von den geologischen und pedologischen Verhältnissen sowie vom Niederschlagsangebot beeinflusst. Im Allgemeinen weist eine geringe Flussdichte in humiden Gebieten darauf hin, dass der Grundwasserabfluss bedeutend ist. Die Flussdichte hängt mit dem Bodenspeichervermögen zusammen, d.h. ist sie gering, kann aufgrund der erhöhten Verdunstung durch die größere Wassermenge eine Verminderung des jährlichen Abflusses erwartet werden. Ebenso wirkt hohe Bodenspeicherung dämpfend auf die Abflussganglinie und den Jahresgang des Abflusses.

► *Topographische Höhe*

Der Jahresgang des Abflusses sowie der mittlere jährliche Abfluss werden durch die Höhenlage stark beeinflusst. So tritt in höheren Lagen des Einzugsgebietes mehr Niederschlag und weniger Verdunstung auf, wodurch mehr Wasser zum Abfluss gelangt. Die sich

verändernde Vegetation darf dabei auch nicht unberücksichtigt bleiben (Interzeption, Bodenwasserspeicherung).

► *Gefällsverhältnisse*

Das Gefälle beeinflusst die Fließgeschwindigkeit eines Gewässers. Je steiler das Gefälle desto schneller fließt das Wasser nach einem Niederschlagsereignis in den Vorfluter und trägt dort zur Abflussbildung bei. Diese Geschwindigkeitserhöhung gilt nicht nur für den Oberflächenabfluss, sondern auch für den Zwischenabfluss. Die mittleren Gefällsverhältnisse bestimmen den Anteil des Oberflächenabflusses am Gesamtabfluss.

► *Landschaftsform*

Generell wird bei der Landschaftsform nur eine Unterscheidung zwischen Flachland, Mittelgebirge und Hochgebirge vorgenommen, da es kaum möglich ist, bei den vielfältigen Landschaften allgemein gültige Gesetzmäßigkeiten aufzustellen. Es sei nur kurz erwähnt, dass im Flachland der Grundwasserabfluss dominiert, im Mittelgebirge der Zwischenabfluss und im Hochgebirge der Oberflächenabfluss.

2.3.2 Geologie

Es werden sowohl die Größe, die Morphologie sowie die Form des Einzugsgebietes von der Geologie beeinflusst. Somit gelten auch hier die Abhängigkeiten, wie sie in Kapitel 2.3.1 erläutert werden.

2.3.3 Bodenarten

Die in einem Einzugsgebiet vorhandenen Bodenarten werden durch die vorherrschende Geologie und die klimatischen Verhältnisse bestimmt. Der Ablauf des Abflussvorganges hängt dabei von den physikalischen Eigenschaften wie Infiltrationsvermögen, Durchlässigkeit und Speichervermögen des Bodens ab. Böden, die ein geringes Infiltrationsvermögen aufweisen, tragen aufgrund der geringen Versickerung zu einem stark ausgeprägten Oberflächenabfluss bei, während bei Böden mit hohem Infiltrationsvermögen der Großteil des Niederschlages versickert und sich nach Auffüllung der Bodenvorräte als Zwischen- oder

Grundwasserabfluss zum Vorfluter hin bewegt. Weiters wird der Abflussprozess von der Durchlässigkeit und dem Speichervermögen beeinflusst. Ein geringes Speichervermögen und somit gute Durchlässigkeit der Böden bedingt einen hohen Zwischenabfluss- und Grundwasserabflussanteil. Abbildung 2-5 zeigt den schematischen Zusammenhang zwischen den einzelnen Abflusskomponenten und dem Infiltrations- und Speichervermögen (Wasserhaltevermögen).

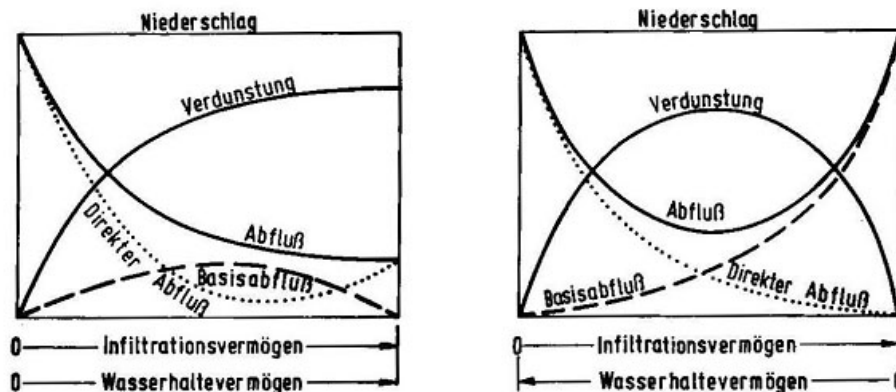


Abbildung 2-5: Schematische Darstellung des Einflusses von Infiltrations- und Wasserhaltevermögen auf Abflussbildung und Wasserhaushalt. (DYCK 1978, zitiert in BAUMGARTNER u. LIEBSCHER 1990, S.511)

2.3.4 Vegetation

Die Vegetationsart beeinflusst den Abflussvorgang in mehrfacher Hinsicht. Vor allem Prozesse der Transpiration und Interzeption, die die Gesamtverdunstung eines Gebietes bestimmen und dadurch auch die Höhe des mittleren Jahresabflusses, sind von der Vegetation abhängig. Das bedeutet, dass zum Beispiel ein bewaldetes Gebiet mit dementsprechend hoher Interzeption und Transpiration einen geringeren mittleren Jahresabfluss aufweist als das gleiche Gebiet mit Wiesenfläche als Vegetationsdecke. Dichte Vegetation wirkt sich somit dämpfend auf den Abfluss aus. Zusätzlich setzt die Vegetationsdecke dem Oberflächenabfluss einen Widerstand entgegen und führt somit zu einer verminderten Fließgeschwindigkeit des Oberflächenabflusses. Der Niederwasserabfluss (Trockenwetterabfluss) wird von der Vegetationsart ebenso beeinflusst, da eine mehr Wasser verbrauchende Vegetationsart (z.B. Wald) einen geringeren Niederwasserabfluss zur Folge hat als Gebiete mit einer weniger Wasser verbrauchenden Pflanzendecke.

2.3.5 Klimatelemente

Zu den bedeutendsten klimatischen Einflussfaktoren des Abflusses gehören die *Verdunstung* und der *Niederschlag*, wobei der Niederschlag der den Abflussvorgang am stärksten beeinflussende Faktor ist. Entscheidend sind dessen Höhe, die jahreszeitliche Verteilung, die Häufigkeit, die Intensität, die Dauer, die flächenhafte und zeitliche Verteilung, die Form und weiteres mehr. Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe beeinflusst den mittleren jährlichen Abfluss am stärksten, wobei Abfluss aber erst ab einer bestimmten Niederschlagshöhe auftritt. Die Niederschlagshäufigkeit ist gemeinsam mit der Niederschlagsintensität und Dauer verantwortlich für das Vorkommen längerer Hochwasser- oder Niederwasserzeitspannen. Der zweite bedeutende Einflussfaktor, die Verdunstung, wird von der Lufttemperatur, von der Luftfeuchtigkeit und von der Windgeschwindigkeit geprägt. Je größer die mittlere Jahresverdunstung ist, desto geringer ist der mittlere jährliche Abfluss. Außerdem wird der Jahresgang des Abflusses dadurch geprägt, dass in den gemäßigten Breiten im Sommer ein großer Teil des auf die Erdoberfläche auftreffenden Niederschlages von den Pflanzenoberflächen (Kapitel 2.3.4) und vom Boden verdunstet, und somit im Mittel die Abflüsse in den Sommermonaten gering und in den Wintermonaten hoch sind.

2.3.6 Anthropogener Einfluss

Zu den anthropogenen Faktoren, die den Abfluss beeinflussen, gehören zum einen Eingriffe, die direkt im oder nahe des Gewässerbettes erfolgen. Dazu zählen der Bau von Stauwerken, Flussbegradigungen, Wasserentnahmen, Wassereinleitungen und Eindeichungen. Andererseits wirken sich die menschlichen Aktivitäten auf den Landflächen bedeutend auf den Abfluss aus, wie Wasserentnahmen aus dem Grundwasser, Düngung, Bewässerung, Abholzungen, Verstädterung und dergleichen.

2.4 Das Grundwasser

2.4.1 Arten des Grundwassers

Zwei Arten des Grundwassers seien hier erwähnt:

Oberflächennahes Grundwasser und tiefes Grundwasser

Die Grundwasserzirkulation nimmt in der Regel mit der Tiefe ab, wodurch zwischen oberflächennahem und tiefem Grundwasser unterschieden wird. Das *oberflächennahe Grundwasser* ist das am meisten genutzte Grundwasser. Es zirkuliert relativ schnell und wird auch rasch wieder erneuert. Für das *tiefe Grundwasser* ist nicht die Tiefenlage entscheidend, sondern die langsame Zirkulation.

Freies und gespanntes Grundwasser

Als *freies Grundwasser* wird jenes oberflächennahe Grundwasser bezeichnet, das über die Klüfte und Poren des Gesteins in direktem Kontakt zur Atmosphäre steht. Der hydrostatische Druck entspricht in diesem Fall dem atmosphärischen Druck. *Gespanntes Grundwasser* hingegen wird durch eine gering bis gar nicht durchlässige Schicht am Aufstieg gehindert, dadurch ist der Wasserdruck an der Oberfläche des Grundwasserkörpers höher als der Druck der Atmosphäre.

2.4.2 Verschiedene Aquifertypen

Unter Aquiferen (Grundwasserleitern) versteht man lockere und feste Gesteinsschichten oder Gesteinskörper, in denen es dem Grundwasser möglich ist zu zirkulieren. Wenn mehrere übereinander liegende *Aquifere* von *Aquicluden* (Grundwassernichtleitern) oder *Aquitarden* (Geringleitern) voneinander getrennt sind, wird von verschiedenen *Grundwasserstockwerken* gesprochen.

Es gibt verschiedene Gruppen von Aquiferen:

Lockergesteinsaquifere: Es sind keine Klüfte oder andere Trennfugen vorhanden. Das Grundwasser wird in Poren gespeichert und zirkuliert auch über Poren (Porengrundwasserleiter)

Festgesteinsaquifere: Sie sind gekennzeichnet durch Klüfte oder Trennfugen (Kluftgrundwasserleiter). Hier wird weiters unterschieden zwischen nichtverkarstungsfähigen und verkarstungsfähigen Gesteinen (Karstgrundwasserleiter). Zu den lösungsfähigen Gesteinen zählen Karbonate, Gips und Anhydrit.

Kluft-Poren-Grundwasserleiter: Trennflächengefüge und Porenanteil vorhanden.

Porengrundwasserleiter speichern viel mehr Wasser und geben es weitaus langsamer an den Vorfluter ab als Kluftgrundwasserleiter. Karstgrundwasserleiter können mehr Wasser aufnehmen als Kluftgrundwasserleiter, aber geben dieses sehr schnell wieder ab.

2.4.3 Grundwasserneubildung und –anreicherung

Als Teil des gesamten Wasserkreislaufs wird zirkulierendes Grundwasser immer wieder erneuert. Es kann nur soviel an Grundwasser in einem bestimmten Einzugsgebiet abfließen oder entnommen werden, wie durch Niederschläge oder andere Wassereinträge neugebildet wird. Die *Grundwasserneubildung* wird durch längere Nass- oder Trockenwetterperioden beeinflusst und ist jahreszeitlich verschieden, das heißt im Winter ist sie stark und im Sommer minimal bis gar nicht vorhanden. Das erschließbare oder gewinnbare Grundwasservolumen, das sogenannte „*nutzbare Grundwasserangebot*“, ist im Normalfall geringer als die Grundwasserneubildung. Als *Grundwasserneubildungsrate* ($G = P - ET$; P = Niederschlag, ET = Evapotranspiration) wird jenes Wasservolumen bezeichnet, das pro Zeiteinheit der gesättigten Zone eines bestimmten Gebietes zugeführt wird. Sie wird entweder auf eine Einheitsfläche bezogen oder als Spendenwert ($l/s \cdot km^2$) angegeben, kann aber auch von der Fläche unabhängig als Neubildungshöhe pro Zeiteinheit (mm/a) angeführt werden. Von *Grundwasseranreicherung* spricht man, wenn dem Grundwasser künstlich Wasser zugeführt wird und sich das Grundwasser nicht nur durch die Versickerung von Niederschlägen neu bildet (zum Beispiel durch Brunnen, Wassergräben, Beregnungsanlagen). Es wird auch die Bildung von Grundwasser durch natürliche Versickerung von Flusswasser als Anreicherung bezeichnet.

2.4.4 Speicherung von Grundwasser

Das Grundwasser kann in Locker- und Festgesteinen durch Hohlräume gespeichert werden. Dabei unterscheidet man zwischen geschlossenen Hohlräumen, aus denen das Grundwasser nicht durch reine Fließvorgänge abgegeben werden kann, und nicht-geschlossenen Hohlräumen, die miteinander in Verbindung stehen und ausreichend groß sind, um Fließvorgänge zu ermöglichen. Letztere Art von Hohlräumen ist letztendlich für die Grundwasserspeicherung, -abgabe und –bewegung ausschlaggebend. So haben Karstaquifere

im Vergleich zu reinen Kluftgrundwasserleitern eine erheblich höhere Grundwasserspeicherung.

3 Das Untersuchungsgebiet

3.1 Lage und Abgrenzung

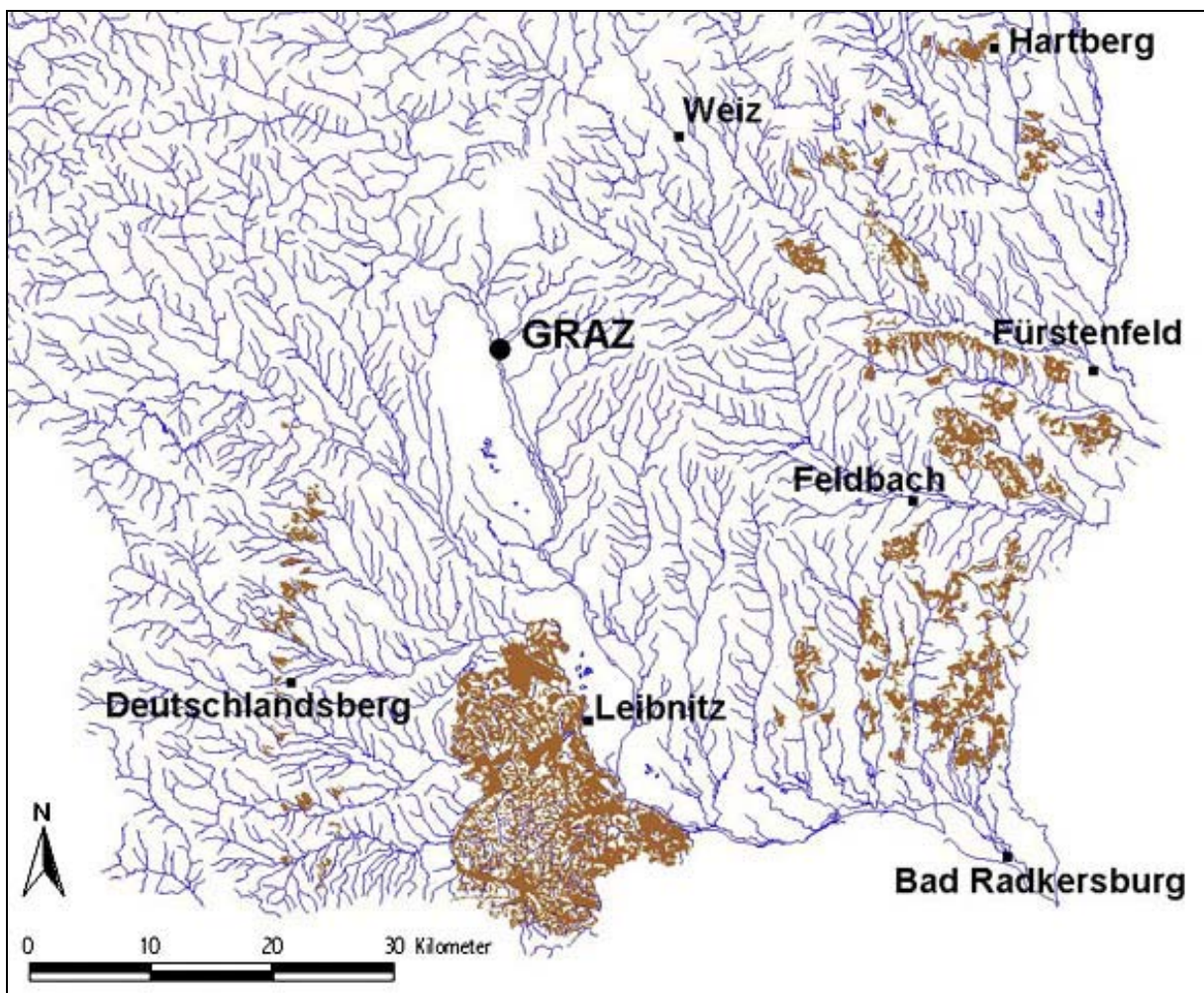


Abbildung 3-1: Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes (braun: die Weinbaugebiete der Stmk.)

Das Untersuchungsgebiet lässt sich in drei Gebiete aufteilen: Die Weinbaugebiete der Weststeiermark, der Südsteiermark und der Oststeiermark. Es handelt sich um ein weit gestrecktes Gebiet, dessen Lage im folgenden Abschnitt näher beschrieben wird.

Die WESTSTEIERMARK:

Hier erstrecken sich die Weinbaugebiete in einem schmalen Streifen von Norden nach Süden, über Ligist, Gundersdorf, Neuberg, Hochgrail, Niedergrail, Marhofberg, Sierling, Gamsgebirg, weiter über das Gebiet nördlich von Bad Gams (bei Vochera und Mitteregg), über Bergegg, Schoberberg, Wildbach, Deutschlandsberg, Oberneuburg, Großgraden, Kleingraden, Etzendorf, Oberkraß, Nähe Wernersdorf und schließlich im Süden bei Aibl und südlich von Eibiswald.



Abbildung 3-2: Blick von Hochgrail nach Nordosten Richtung Steinbach; (A) im Winter; (B) im Sommer

Die SÜDSTEIERMARK:

Hier befindet sich das größte flächendeckende Weinbaugebiet der Steiermark. Daher wurden in diesem Teil des Untersuchungsgebietes auch die meisten Abflussmessungen durchgeführt (55 Messstellen).

Das Weinbaugebiet wird im Nordosten und Norden von der Laßnitz begrenzt, danach erstreckt sich die Grenze des Untersuchungsgebietes Richtung Grötsch, weiter nach Waldsach, im Westen über Höfern, Distelhof, Purkstatt und von dort aus nach Großklein. Das Gebiet wird Richtung Arnfels von Saggaubach und Pößnitzbach begrenzt. Von Arnfels

aus erstreckt sich das Weinbaugebiet bis zur Grenze zu Slowenien im Süden. Die östliche Begrenzung bilden von Spielfeld aus die Mur bis nach Retz, die Sulm bis Leibnitz und schließlich die Laßnitz.



Abbildung 3-3: Blick von der Panoramastraße nordöstlich von Hirritschberg Richtung Nordosten

Die OSTSTEIERMARK:

Die Weinbaugebiete der Oststeiermark sind über ein weit gestrecktes Gebiet verstreut, von Grenznähe im Süden bis zu Hartberg im Norden. Sie befinden sich in West-Ost Erstreckung von Markt-Hartmannsdorf bis Fürstenfeld, südwestlich von Loipersdorf bis Ebersdorf, von Unterschmaier in nordwestlicher Richtung bis Hartensdorf, zwischen Fünffing bei Gleisdorf und Obernitschaberg, zwischen Sebersdorf und St.Magdalena am Lemberg bis Burgberg, nördlich von Hofkirchen bei Hartberg, nordöstlich von Reichendorf, nördlich von Romatschachen und Kaibing, sowie um Nörn und schließlich bei Löffelbach und Schildbach.

3.2 Physiogeographische Kurzcharakteristik

An dieser Stelle erfolgt eine knappe Darstellung der physiogeographischen Eigenschaften des Untersuchungsgebietes.

Klima

Der folgende Abschnitt ist angelehnt an WAKONIGG (1978, S.377-383)

Im Untersuchungsgebiet vorherrschend ist das Klima des Riedellandes, das vereinfachend mit dem „Weinbauklima“ gleichgesetzt wird, da durch die geringe Luftfeuchtigkeit und seltener Nebel- und Taubildung gute Voraussetzungen für den Weinbau gegeben sind. Im Folgenden werden die einzelnen Klimalandchaften genauer beschrieben.

Die Talböden des Vorlandes

Dieser Bereich umfasst alle Talböden des Vorlandes unterhalb von etwa 400m (wie etwa in Waltersdorf, St. Peter am Ottersbach, Eibiswald, Stainz, Leutschach) und kann als sommerwarmes und winterkaltes, schwach kontinentales Klima charakterisiert werden. Die Jännertemperaturen liegen hier zwischen -3° und 4° und die des Juli zwischen 18° und 19° . Das Jahresmittel liegt bei unter 9° .

Das Übergangsklima der "Terrassenstufe"

Die Abgrenzung gegenüber den benachbarten Klimaten erfolgt weitgehend nach thermischen Kriterien, wobei weder die Ungunst der Talböden noch die Gunst der Riedellagen wirklich voll erreicht werden. Die Jännertemperaturen liegen zwischen -2° und -3° , die des Juli zwischen 18° und 19° und das Jahresmittel liegt bei um 9° . Zugehörige Orte sind Weiz, Hartberg, Fürstenfeld, Bad Gleichenberg sowie Ligist, St. Nikolei i.Saus. und Deutschlandsberg.

Das Klima des Riedellandes

Auch hier sind die Abgrenzungskriterien ausschließlich thermischer Natur, wobei unter dem Riedelklima ein sommerwarmes, sehr wintermildes und thermisch stark ausgeglichenes Klima verstanden wird. Es bietet als thermisch am meisten begünstigtes Klima der Steiermark gute Voraussetzungen für den Weinbau, insbesondere bei Hanglage und entsprechender Exposition und ebenso wegen der geringen Luftfeuchtigkeit bei seltener Nebel- und Taubildung. Voraussetzung ist eine relative Höhe von etwa 100m über den benachbarten Talböden, aber auch eine nicht allzu große absolute Höhe im Sinne noch genügend großer Sommerwärme. Vereinfacht gleichgesetzt mit dem „Weinbauklima“ findet dieser Klimatyp seine Untergrenze von Süden nach Norden ansteigend zwischen 330m und 450m. Die Obergrenze sinkt in derselben Richtung von etwa 600m auf fast 500m ab. Dadurch umfasst dieser Bereich in den südlichen Landesteilen ausgedehnte Zonen bis zu den höchsten Riedelkuppen. Das Klima des Riedellandes ist in sich recht uneinheitlich und starken lokalklimatischen Modifikationen unterworfen, aufgrund der unterschiedlichen Exposition bzw. Wirkung des Kleinreliefs (Kerbtäler, Tobel etc.). Bei voller Ausbildung liegen die Jännertemperaturen über -2° , die des Juli über 19° und die Jahrestemperaturen bei 9° .

Geologie

„Die Geologie des Steirischen Beckens:

Einer der wichtigsten Faktoren für die Bodenbildung sind neben den klimatischen Verhältnissen und den Oberflächenformen die Gesteine. Sie können als ausschlaggebend für die Bodenarten gelten. Die steirischen Weinbaugebiete liegen im jungtertiären Steirischen Becken, das als Teil des Pannonischen Beckens gilt, sowie entlang seines Randes, der dem kristallinen Steirischen Randgebirge (Koralm, Reinischkogel, Rosenkogel etc.) angehört. Diesbezüglich wird auf die Schilcher-Weinstraße verwiesen. Auch Gesteine des Grazer Paläozoikums, die die Mittelsteirische oder Sausalschwelle bilden sind Standort des Weinbaues (Sausaler Weinstraße). Dabei handelt es sich im Norden (Grazer Bucht) vorwiegend um karbonatische Gesteine und im Süden (Sausal) um gering metamorphe Schiefergesteine (Phyllite, Grünschiefer etc.). Diese Schwelle trennt das West- vom Oststeirischen Becken. Die Südburgenländische Schwelle bildet die Grenze des Steirischen- zum Pannonischen Becken. Sie ist in der Steiermark nur bei St. Anna am Aigen obertags aufgeschlossen. Alle diese Gesteine (Kristallin, Paläozoikum) bilden auch den tieferen, prätertiären Untergrund (Grundgebirge) des Steirischen Beckens. Das Pannonische- und damit auch das Steirische Becken ist das Ergebnis einer in West-Ostrichtung verlaufenden Dehnung bzw. Zerrung der Erdkruste zwischen Alpen und Karpaten. Diese Dehnung führte zu einer Ausdünnung der Erdkruste, die eine Hochlage des Erdmantels bewirkt. Die günstigen geothermalen Verhältnisse sind darauf zurückzuführen (geothermischer Gradient: weltweiter Durchschnitt 1 °C/33 m, zentrales Fürstenfelder Becken 1 °C/25 m).

Aufgrund der Bewegungsrichtung der Zerrung haben sich vor allem als Abschiebungen interpretierte Nord-Süd verlaufende Störungen gebildet. Über flachen Abschiebungsbahnen kam es zur Kippung von Krustenblöcken, der es zu verdanken ist, dass die Sedimente des Karpats und Badens im westlichen Teil des Beckens an der Erdoberfläche anstehen.

Durch tektonische Prozesse mit ungleich verlaufenden Senkungen und Hebungen kam es zur Bildung von weiteren Teilbecken (z.B.: Gnaser Becken, Fürstenfelder Becken) und Randbuchten (z.B.: Grazer Bucht, Weizer Bucht). Die Auffüllung der Becken mit Sedimenten erstreckte sich über einen Zeitraum von rund 20 bis 25 Millionen Jahren (Miozän und Pliozän). Erst im Pliozän traten Hebungen erosionsauslösend in den Vordergrund. Der miozäne Sedimentationszyklus setzte im **Ottwang** (vor 19.5 – 16.5 Millionen Jahren) vom Festland, also dem Steirischen Randgebirge her, mit groben Schottern ein. Auf diese folgen die aus kristallinem Material bestehenden Eibiswalder Schichten, als fluviatile bis limnische Ablagerungen. Das spätere Steirische Becken war noch weitgehend Festland.

Im **Karpat** (vor 16.5 – 16 Millionen Jahren) bildete sich ein schmales Tiefseebecken, in das von seinen Rändern her grobes Material eingeschüttet wurde. Gleichzeitig begann eine Differenzierung des Beckens und seiner Sedimente (Arnfelder Konglomerat, Steirischer Schlier, mittlere und obere Eibiswalser Schichten).

Zum folgenden **Baden** (vor 16 – 12 Millionen Jahren) wurde der Höchststand der marinen Überflutung erreicht. Gleichzeitig begann sich das Randgebirge zu heben. Vor allem entlang der Mittelsteirischen Schwelle und der Vulkane wurden marine Seichtwassersedimente (30 – 50 m Tiefe) karbonatischer Beschaffenheit abgelagert. Alten und Korallenriffe sowie daraus gebildete Haldenkörper prägten das Sedimentationsgeschehen. Damit traten erstmals Karbonate in den Vordergrund. In den tieferen Beckenteilen wurden kalkreiche Mergel und Tegel (Gamlitzer Mergel) abgelagert. Im **Sarmat** (vor 12 – 10 Millionen Jahren) erfolgte eine Vereinheitlichung des Sedimentationsraumes. Eine allmähliche Abschnürung des Binnenmeeres führte zu seiner Verbrückung. Die

Ablagerungen sind tonig – mergelig – sandig mit einzelnen Kieseinschaltungen. Das Gleichenberger Vulkanmassiv wird von sandigen Schichten mit Kalken und Kalksandsteinen umrandet. Diese werden auch entlang des Beckenrandes, im Raum von Hartberg, direkt am kristallinen Randgebirge abgelagert.

Im **Pannon** (vor 10 – 8.5 Millionen Jahren) zieht sich das Meer ganz zurück und es kommt wieder zu limnisch-fluviatiler Sedimentation in zyklischer Abfolge. Schotterzüge (Kapfensteiner-, Kirchberger-, Karnerberger- und Schemerl-Schotter) sind durch feinsandig-schluffig-tonige, örtlich Kohle führende Zwischenserien getrennt. Der Geröllbestand der Schotter stammt aus dem Randgebirge (Quarz, Gneise, Pegmatite, Amphibolite, Porphyre etc.). Die Erklärung liegt dafür in einem vom Randgebirge her kommenden Rinnensystem, das in ein mäandrierendes Flusssystem und sodann in ein versumpftes Au- und Schwemmland (Kohle) übergeht. Diese Abfolge wird durch die Wechselbeziehung zwischen der Hebung des Randgebirges und der Absenkung des Beckens gesteuert. Das noch dem Miozän angehörende **Pont** (vor 8.5 – 5 Millionen Jahren) ist im Steirischen Becken nur mehr in seinem östlichsten Teil durch Quarzschotter (Taborer Schotter) vertreten. Es sind dies bereits Zeugen terrestrischer Verwitterung bei allmählichem Abklingen der Absenkung des Beckens.

Das **Pliozän** (vor 5 – 1.7 Millionen Jahren) ist durch die Bildung von Landoberflächen unter subtropischen Bedingungen gekennzeichnet. Zeugen terrestrischer Sedimentbildung finden sich z.B. in den Silberberg-Schottern. Ansonsten bildeten sich Landoberflächen, die als Ausgangsniveaus der heutigen Landschaftsformen angesehen werden. So erstreckte sich im oberen Pliozän eine weitgespannte Flur vom Randgebirge in das Tertiärbecken hinaus. Es war dies eine schwach zerschnittene, sanft abfallende Landoberfläche (Aufschüttungslandschaft) deren Reste die heutigen Höhenrücken des Riedellandes darstellen.

Das **Quartär** umfasst die letzten 1.7 Millionen Jahre der Erdgeschichte. Es wird in das Pleistozän (Eiszeitalter) und Holozän, auf das die letzten 10 000 Jahre entfallen, gegliedert. Während im Jungtertiär das warme, zeitweilig subtropische Klima flächenbildende Prozesse begünstigte, prägte im Pleistozän lineare Eintiefung der Fließgewässer das Landschaftsbild.

In den Eiszeiten war das Steirische Becken nicht vergletschert, so dass sich eine Terrassenlandschaft entwickelt. Nur im Steirischen Randgebirge gab es einige lokale Gletscher (Kor-, Stub- und Gleinalpe). Im Becken herrschten periglaziale Verhältnisse. Dauer- oder Permafrost, der tief in den Boden eindrang bestimmte die Landschaftsformung und Bodenbildung. Die Frostverwitterung in vegetationsarmen Gebieten, ließ den Wind eine bedeutende Rolle spielen. Seine ausblasende und ablagernde Wirkung führte zur Bildung von Sedimentdecken (äolische Sedimente) in Form von Löss oder Staublehm. Weiters trugen Erosion und Solifluktion (Bodenfließen) zur Gestaltung der Landschaft bei.

Auf den sonenseitigen Hängen des Riedellandes floss Schmelzwasser früher und rascher ab und drängte mit seinen Ablagerungen den Bach an den Gegenhang, der unterschritten und allmählich zum Steilhang wurde. So finden sich im Riedelland einerseits – meist sonenseitig – flache Schleppenhänge (Solifluktion) und andererseits – meist schattseitig – unterschrittene Steilhänge. Auffallend ist auch die intensive Zerschneidung der Hänge im Riedelland durch Tobel unterschiedlicher Form und Größe. Sie beginnen meist unter den Höhenrücken als flaches Grasland dellentartig geformt ohne Gewässer. Der eigentliche Tobel – als Kerbtal ohne flachen Talboden – setzt sodann im steiler werdenden, meist bewaldeten Hang an. Diese Tobel sind in raschem Wandel begriffen, das sie durch Verwitterung, Eisbildung und vor allem Rutschungen weiter geformt werden. Während alte Tobel aufgezehrt oder verschüttet werden, entstehen auch heute noch neue derartige Formen.

Wie bereits erwähnt sind Rutschungen von großer Bedeutung für die Formung der Riedel. Die welligen Oberflächenformen weisen darauf hin. Die Ursache liegt in der Beschaffenheit der tertiären Sedimente mit ihrem

Wechsel zwischen feinsandig – schluffigen, wasserdurchlässigen und tonig – schluffigen, wasserundurchlässigen Schichten. Die Rutschungen treten meist nach starken Niederschlägen auf, da durch das Eindringen des Wassers in die feinsandig – schluffigen Schichten, die innere Reibung so verringert wird, dass unter Auflast der Zusammenhalt der Schichten verloren geht und es auch bei geringen Hangneigungen zu Rutschungen kommt. Diese Rutschungen greifen manchmal tief in die tertiäre Schichtfolge ein und erfassen große Hangpartien bis ganze Höhenrücken. Daneben treten auch sehr seichte Bodenbewegungen auf, die sich auf die Verwitterungsschwarte beschränken.

Das Steirische Becken weist zwei räumlich benachbarte aber zeitlich getrennte, in ihren Produkten unterschiedliche vulkanische Phasen auf. Der miozäne, saure bis intermediäre, Kalium betonte Vulkanismus erstreckt sich über das Karpat bis Baden (vor ca. 17 – 15 Millionen Jahren) und äußert sich in großen Schildvulkanen. Der Vulkan von Gleichenberg – Mitterlabill mit einem Durchmesser von ca. 20 km ragt heute nur noch in den Gleichenberger Kogeln über die jüngere Sedimentdecke. Der Vulkan von Ilz-Walkersdorf ist vollständig von Sedimenten überdeckt. Die Trachyte, Trachyandesite, Andesite, Dazite und Quarztrachyte sind z.T. hydrothermal und postvulkanisch zersetzt (opalisiert, alunitisiert). Die im Karpat und unterem Baden weit verbreiteten Bentonithorizonte werden als vertonte vulkanische Tuffe und Aschen mit dieser vulkanischen Phase in Zusammenhang gebracht. Dies gilt auch für den Basalt (Shoshonit) von Weitendorf-Wundschuh. Der jüngere plio-bis pleistozäne Vulkanismus (vor ca. 4 – 2 Millionen Jahren) äußerte sich in 30 bis 40 Eruptionsschloten mit Lavaergüssen. Die bedeutendsten Vorkommen sind der Stradner Kogel und das Klächer Massiv. Die Produkte dieser vulkanischen Phase sind Natrium betonte Nephelinite, Basanite und Magmenbasalte. Die gefördert Massen enthalten teilweise viel sedimentäres Material und werden dann als Tuffe bezeichnet. Den Abschluss der vulkanischen Aktivität bildet eine hydrothermale Verkittung der Schlotfüllungen. In einigen trichterförmig endenden Schoten (Pertlstein, Altenmarkt, Wirberge) kann die Existenz von Kraterseen aus der Beschaffenheit ihrer Füllungen nachgewiesen werden.“ Zitiert nach FANK, J., H. ZETINIGG, B. GRÜNER, S. STEINBAUER, M. HASENHÜTTL, L. SCHLEICHER (2003).

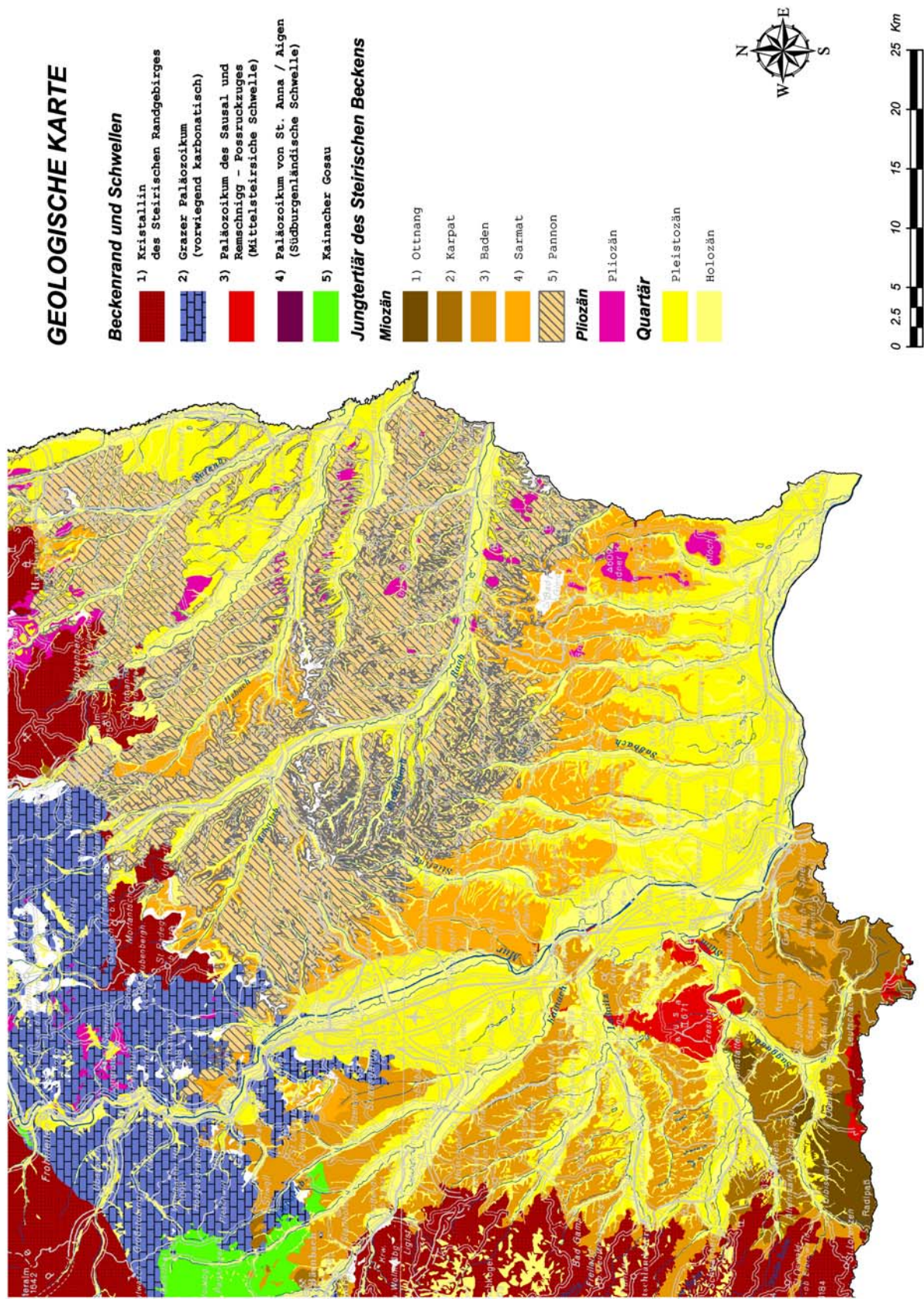


Abbildung 3-4: Die Geologie des Steirischen Beckens (FANK, J., H. ZETINIGG, B. GRÜNER, S. STEINBAUER, M. HASENHÜTTL, L. SCHLEICHER 2003)

Morphologie

Nach LIEB (1985) kann das Gebiet in folgende Landschaften gegliedert werden:

Im Allgemeinen gehört das Untersuchungsgebiet dem *Steirischen Tertiärriedelland* an, mit seinen langgezogenen Riedeln mit Dellen und Tobeln, zwischen denen sich breite Sohlentäler mit oft asymmetrischen, rutschungsgefährdeten Talhängen befinden. Im östlichen steirischen Riedelland überwiegen Tone, Mergel, Sande und Kiese des Miozäns, im westlichen steirischen Riedelland hingegen Schotter aus dem Pliozän (Pannon).

Im östlichen Teil des Bezirkes Deutschlandsberg befinden sich die breiten Sohlentäler von Stainzbach,, Laßnitz, Sulm und Saggaubach. Sie gehören zum Weststeirischen Tertiärriedelland.

Das zentrale Untersuchungsgebiet, die Südsteiermark, befindet sich im Bezirk Leibnitz. Im Wesentlichen findet man hier die Terrassen- und Auenlandschaft der Mur im Leibnitzer Feld. Das *Bergland des Sausal* besteht zum Großteil aus paläozoischen Schiefen, die geologisch zum Grazer Bergland gehören, wobei das Grazer Bergland den Untergrund der mittelsteirischen Tertiär- und Quartärablagerungen bildet. Hier zeigen sich lang gestreckte, gestufte Kämmen, oft überragt von einzelnen Kuppen. Die Täler verlaufen meist in Nordwest – Südostichtung, wobei diese südexponierten Oberhänge selbst bei großer Steilheit noch für den Weinbau genutzt werden. Die Kerbtäler und schattenseitigen Hänge sind dagegen vorwiegend bewaldet. Im Süden wird der Sausal vom *Sulmtal* begrenzt, welches durch drei Talengen untergliedert ist und überhaupt von beckenartigen Talweitungen und Talverengungen geprägt ist. Der Anteil an den *Windischen Büheln*, umgeben von Pößnitzbach, Saggaubach, Sulm und Mur, weist eine kompliziert gegliederte Landschaft mit teilweise mittelgebirgsartigen Formen auf. Begründet liegen diese in dem Vorkommen von oft zu Konglomeraten verfestigten Schottern, Sanden und Tonschiefern. Diese bilden Steilhänge und Kerbtäler aus. Richtung Osten und Südosten werden die Formen aufgrund des Vorkommens von feineren Materialien wieder sanfter. Dennoch treten auch hier noch, die Riedelrücken überragend, Kuppen aus Konglomeraten (im Westen) und aus Leithakalk (im Osten) zu Tage und gestalten das Gebiet um die Steirische Weinstrasse. Markant sind dabei auch die Kalke, wie sie etwa im Talausgang des Gamlitzer Baches bei Ehrenhausen hervortreten. Südlich von Arnfels und Leutschach bildet die von Westen hereinreichende Mittelgebirgsschwelle des Poßruck und Remschnigg, die aus paläozoischen und kristallinen Gesteinen aufgebaut ist, die Grenze des Steirischen Tertiärbeckens sowie die Grenze zu Slowenien.

Die Weinbaugebiete der Oststeiermark liegen im Oststeirischen Riedelland. Es zeichnet sich durch lang gezogene Rücken oder Hügelketten und breite Sohlentäler aus. In der Talweitung von Bad Gleichenberg, im Bezirk Feldbach, finden sich alle Landschaftstypen des Oststeirischen Riedellandes, dazu gehören Riedelrücken, Vulkanberge und Sohlentäler. Der Bezirk Fürstenfeld wird geprägt von den breiten Sohlentälern der Feistritz und Lafnitz und ihren Zubringern, die oftmals über 2 km breit sind. In diesem Bezirk findet man außerdem kaltzeitliche Terrassenlandschaften und in geringerer Ausdehnung auch jüngere Terrassen. Das Oststeirische Riedelland geht in Richtung Süden hin in stark zerschnittene, alte Terrassenflächen über. Im nördlichen Teil des Bezirkes Radkersburg zeigen sich Nord-Süd streichende Riedelzüge und breite Sohlentäler. Im Nordosten befinden sich vulkanische Gesteine um Klöch und Tieschen, die sich in der Landschaft durch steilere Formen und deren Höhe zeigen. Im Süden des Bezirkes findet man die Terrassenlandschaft des Murtales an. Die Mur ist Staatsgrenze. Für das Riedelland bezeichnend (hier zwischen Mur und Raab Grabenland genannt) ist die Nord-Süd-Anordnung der Riedel sowie ihre Asymmetrie mit steilen West- und flachen Ostseiten. Im Anteil am oststeirischen Vulkangebiet ist besonders das Massiv des Seindl, aufgebaut aus Tuffen, Basalten und Schlacken von Bedeutung, und zwar einerseits durch die Auffälligkeit in der Landschaft und andererseits durch den Weinbau, der im Besonderen von den günstigen Expositionsverhältnissen profitiert.

Boden

Die Böden der Weinbaugebiete nach der Bodenkarte von BERNHART u. FANK (2002):

Die Böden der Weststeiermark: Vorrangig treten hier Ranker aus kristallinem Schiefer, kalkfreie Felsbraunerde aus kristallinen Schiefen (mittel- bis tiefgründig) und kalkfreier Rigolboden aus kristallinem Schiefer auf, aber einzeln auch kalkfreier Kulturrohboden aus feinem Tertiärmaterial, kalkfreie Lockersedimentbraunerde aus feinem Tertiärmaterial, kalkfreier Rigolboden aus feinem Tertiärmaterial, sowie pseudovergleyte Lockersedimentbraunerde aus eiszeitlichen Deckschichten.

Die Böden der Oststeiermark: Zu den wichtigsten Böden im nördlichen Teil der Oststeiermark zählen Hangpseudogley aus Decklehm, kalkfreie (mittelschwere bis sehr schwere Kulturrohböden) aus feinem Tertiärsediment, wie sie vor allem zwischen Markt-Hartmannsdorf und Fürstenfeld, sowie Nähe Loipersdorf anzutreffen sind, sowie auch kalkfreie Felsbraunerden (sehr leicht bis mittelschwer) bzw. Ranker aus Kristallin, wie nördlich von Löffelbach und Schildbach. Ansonsten zeigen sich auch leichte kalkfreie Kulturrohböden aus feinem Tertiärsediment über Sand, kalkfreie vulkanische

Verwitterungsböden mit teilweiser Einmischung tertiärer Sedimente und auch leichte bis mittelschwere kalkhaltige Kulturrohböden aus lehmig sandigem Tertiär, sowie schwere kalkhaltige Kulturrohböden aus feinen Tertiärsedimenten. Im südlichen Teil der Oststeiermark sind alle genannten Böden in ausgewogenem Verhältnis vorhanden, wobei die vulkanischen Verwitterungsböden vorwiegend in Nähe der Grenze zu Slowenien anzutreffen sind, vor allem nordwestlich von Klöch, westlich von St. Anna und bei Bad Gleichenberg. Die kalkfreien (mittelschweren bis sehr schweren) Kulturrohböden, sowie die leichten kalkfreien Kulturrohböden aus feinem Tertiärsediment zeigen sich vor allem nördöstlich von Feldbach.

Die Böden der Südsteiermark: Hier liegt das Schwerpunktgebiet dieser Arbeit, das größte zusammenhängende Weinbaugebiet der Steiermark, dementsprechend vielfältig sind die vorkommenden Bodenarten. Im nordwestlichen Teil dieser Region findet man fast zur Gänze mittel-tiefgründige sandige oder lehmige Schluffe aus paläozoischem Schiefergestein des Sausalstockes und Remschnigg (silikatische Felsbraunerden und silikatischer Rigosol). Im zentralen Raum dieser Region, westlich von Gamlitz, sind es flächendeckend tiefgründige kalkfreie lehmige Sande auf sandig-lehmigen Tertiärsedimenten im Bereich der Kreuzbergserie sowie tiefgründige kalkfreie lehmige Sande bis Sandböden aus Sandstein der Kreuzbergsschichten bzw. der Leutschacher Sande. Dazwischen, entlang der Sulm, treten auf Terrassen und Hängen tiefgründige lehmige Schluffe und mittel-tiefgründige Gleyböden in Erscheinung. Im Tal- und Unterhangbereich findet man dagegen mittel-tiefgründige Schwemmlandböden, wie sie auch entlang von Saggaubach, Pößnitzbach, Mur, Laßnitz und Gamlitzbach auftreten. Im Süden, entlang der Mur, und im Norden befinden sich vor allem seicht bis mittelgründige kalkhaltige (Rendsina) bzw. kalkfreie (Braunerde – Muldenlage) Böden aus Mergel, mittelgründige kalkhaltige lehmige Tone aus Mergel und tiefgründige kalkfreie sandig-schluffige, oft vergleyte Lehme aus lehmig-schluffigem bis tonigem Tertiärmaterial bzw. lehmige Tone auf jüngerem Schlier., sowie mittel-tiefgründige kalkhaltige lehmige Sande (Rigolböden) bis sandige Lehme auf Kalksandstein im Bereich der Kreuzbergserie.

Landnutzung und Vegetation

Der Weinbau überwiegt im Untersuchungsgebiet, jedoch reichen die zu den Messstellen zugehörigen Einzugsgebiete oft auch weit über die Weinbaugebiete hinaus. Daher soll hier ein Überblick über die weiteren Formen der Landnutzung und Vegetation gegeben werden.

Das tertiäre Riedelland gehört der *Laub-Mischwaldstufe* an, die bis etwa 500m (somit ungefähr bis zur geologischen Grenze zwischen Tertiär und anstehendem Gestein)

hinaufreicht. Einzelne Teile, wie der Sausal erheben sich über diese Stufe hinauf. Verbreitet sind Eichen-Hainbuchenwälder, aber auch Rotbuchenwälder treten auf. Auf den pannonischen Schottern findet man den heidelbeerreichen Föhren. Stieleichenwald, ebenso auf den Würmterrassen des Grazer- und Leibnitzerfeldes, jedoch nur mehr als vom Menschen stark beeinflusste Restwälder. Viele Wälder sind durch Aufforstung in Fichtenforste überführt worden. Im einzelnen erkennt man im asymmetrischen Riedelland mit flacheren Südhängen häufig folgendes Vegetationsprofil quer über die Riedel: Der Bach ist in einem breiten flachen Talboden ein wenig eingeschnitten und wird von einer Gebüschreihe (Weiden, Pappeln) begleitet. Feuchte Wiesen mit einzelnen Bäumen liegen zu beiden Seiten des Baches. Der flache Schleppenhang ist hoch hingerodet. Wiesen, Äcker, Siedlungen und Verkehrswege liegen auf ihm, wobei die Nutzflächen bis zum Waldrand reichen. Die Steilhänge der Riedel sind fast zur Gänze von Laub-Mischwald bestanden. Zur Zeit ist die Laubmischwaldstufe sehr lückenhaft. Der Mensch hat wegen des günstigen Klimas (für den Weinbau ideal), trotz geringwertiger Böden, stark gerodet. Neben Wein werden auch alle Getreidesorten, Obst und Edelkastanien angebaut. (PASCHINGER 1974, S. 35-37)

3.3 Einzugsgebietsgliederung

Die Einzugsgebietsgliederung erfolgte in Anlehnung an eine hierarchische Höhengliederung und nach dem Kriterium der guten Abflussmessbedingungen am Auslauf jedes Subeinzugsgebietes. Von allen berechneten Einzugsgebieten in dieser Arbeit, insgesamt 88, gibt es im Gebiet der Weinbaugebiete der Südsteiermark zwei große Einzugsgebiete, die nach oben genannten Kriterien in mehrere Sub- und Teileinzugsgebiete aufgegliedert wurden und später für die Abflussspendenkarte, die bildliche Darstellung der Abflussspenden-Seehöhenbeziehung, herangezogen wurden. Zum Verständnis dieser Gliederung folgt eine Erklärung der Begriffe *Sub-* und *Teileinzugsgebiet*. Ein Subeinzugsgebiet ist ein selbstständiges Einzugsgebiet, das immer von Wasserscheiden begrenzt wird, während ein Teileinzugsgebiet nur einen Teil eines Einzugsgebietes darstellt. Subeinzugsgebiete können sich überschneiden, Teileinzugsgebiete greifen zwar ineinander, aber überschneiden sich nie. Die Flächen der Teileinzugsgebiete konnten basierend auf dem Höhenmodell des Untersuchungsgebietes berechnet werden.

Nach dem Festlegen der einzelnen Messstellen, 88 insgesamt, erfolgte die Einzugsgebietsberechnung mittels des Einzugsgebietstools in ArcView, welches auf der Fachabteilung 19a – Wasserwirtschaftliche Planung und Hydrographie, Referat 1 - Hydrographie (Amt der Steiermärkischen Landesregierung) zur Verfügung stand (dargestellt in Abbildung 3-5). Das zu einer Messstelle zugehörige Einzugsgebiet wird mit Hilfe des Geländemodells und dieser Software automatisch berechnet, ebenso erfolgt eine Angabe der morphometrischen Kennzahlen, wie minimale, mittlere und maximale Seehöhe, minimale, mittlere und maximale Neigung, projizierte und wahre Fläche. Die Kennzahlen aller Einzugsgebiete sind in Anhang I aufgelistet.

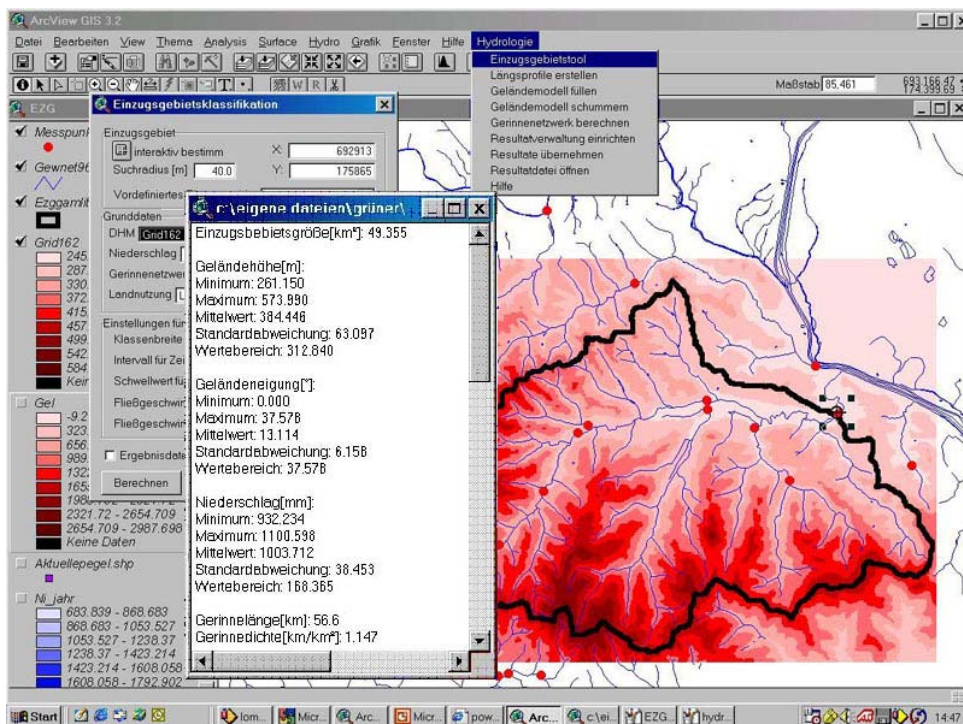


Abbildung 3-5: Berechnung und Darstellung des Einzugsgebietes des Gamlitzbaches, ausgehend von der Messstelle 24s.

Abbildung 3-6 bietet eine Übersicht über alle Messstellen und den dazugehörigen Einzugsgebieten.

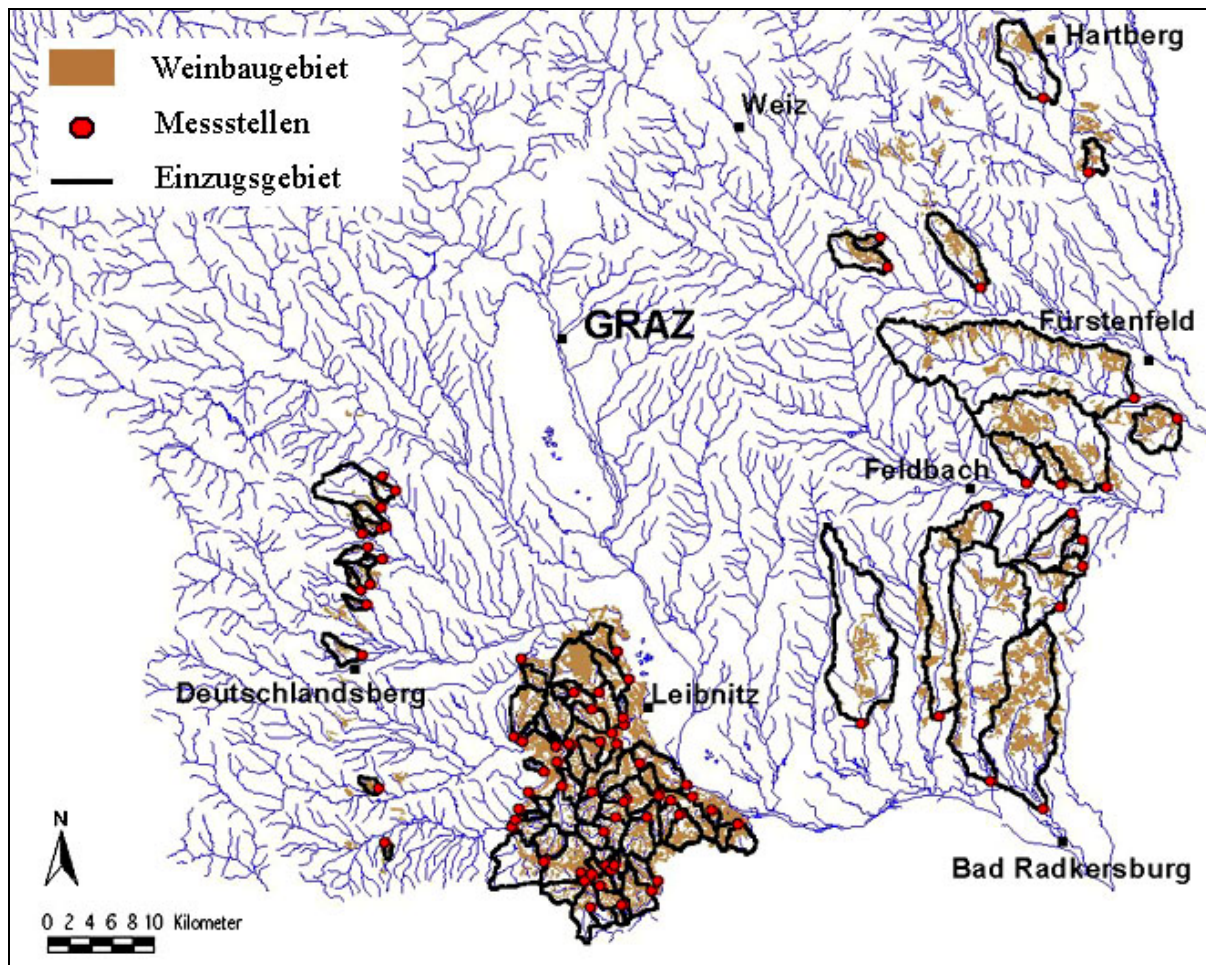


Abbildung 3-6: Die Messstellen und die dazugehörigen Einzugsgebiete

Die Anzahl der Messstellen mit den dazugehörigen Einzugsgebieten beläuft sich dabei auf folgende Zahlen und Kennzeichnungen:

In der Weststeiermark wurden 14 Messstellen festgelegt, bezeichnet als 1w (im nördlichen Teil), 2w,...bis 14w (im südlichen Bereich des Gebietes), wobei bei der ersten Messtour im Dezember 2002 an allen 14 Punkten die Abflüsse gemessen wurden, bei der zweiten Messtour allerdings nur an 13, da die erste Messstelle, im Norden des Gebietes (1w), weggelassen wurde. Die Gründe dafür lagen darin, dass sie im Vergleich zu allen anderen ein minimales Einzugsgebiet hat (0,2 km²) und die Messstelle selbst schwer zugänglich war. Sie hat praktisch keine Gewichtung bei der Darstellung der Abflusspenden der Einzugsgebiete.

In der Südsteiermark, die das Schwerpunktgebiet dieser Arbeit ist, liegen 55 der insgesamt 88 Messstellen, wobei der Messpunkt 27(a)s bzw. das Teileinzugsgebiet dieser Messstelle 1.3.1.0 (siehe Abbildung 3-7+8) erst vor der zweiten Messtour neu hinzugefügt wurde, zur genaueren Aufteilung des Einzugsgebietes des Gamlitzbaches. Jedoch gab es bei der ersten Messtour einen Zusatzmesspunkt (37a/s bzw. das Teileinzugsgebiet 2.1.0, siehe Abbildung 3-11) entlang des Pöbnitzbaches im Süden des Untersuchungsgebietes, als Vergleichswert zu den anderen

Ergebnissen der Abflussmessungen im Einzugsgebiet des Pößnitzbaches. An diesem Punkt wurde bei der zweiten Messtour der Abfluss nicht mehr direkt vor Ort gemessen, sondern durch Bilanzierung berechnet und zu den Ergebnissen hinzugefügt. Somit beläuft sich die Anzahl der Abflussmessungen bei beiden Messfahrten auf genannte 55.

In der Oststeiermark liegen die Messstellen, insgesamt 19, im Gegensatz zu denen in der West- und Südsteiermark weit auseinander. Sie wurden mit 1e (im südlichen Teil des Gebietes), 2e, 3e,... bis 19e (im nördlichen Teil) gekennzeichnet.

In dieser Arbeit wird vor allem das Einzugsgebiet des Gamlitzbaches näher betrachtet, mit seinen zehn Sub- und Teileinzugsgebieten (siehe Kapitel 3.3.1), und das Einzugsgebiet des Pößnitzbaches mit 16 Sub- und Teileinzugsgebieten (siehe Kapitel 3.3.2). Des Weiteren soll hier noch der Wellingbach angeführt werden, dessen Einzugsgebiet in drei Sub- und Teileinzugsgebiete geteilt ist. Zwar gibt es außerdem noch ein paar Einzelfälle, in denen ein Einzugsgebiet in zwei Sub- und Teileinzugsgebiete unterteilt ist, aber diese stellen für die Berechnung einer Abflussspendenkarte eines Einzugsgebietes mit Höhengliederung keine Bedeutung dar, da zwei Werte alleine keinen Aufschluss über eine Abflussspenden-Seehöhenbeziehung, wie es die Aufgabenstellung dieser Arbeit beinhaltet, geben.

3.3.1 Das Einzugsgebiet des Gamlitzbaches

Das Einzugsgebiet des Gamlitzbaches, dessen Verlauf sich von Kranach über Gamlitz bis Ehrenhausen erstreckt, hat eine Fläche von rund 50 km².

Abbildung 3-7 zeigt die bei der Einzugsgebietsgliederung entstandenen Subeinzugsgebiete.

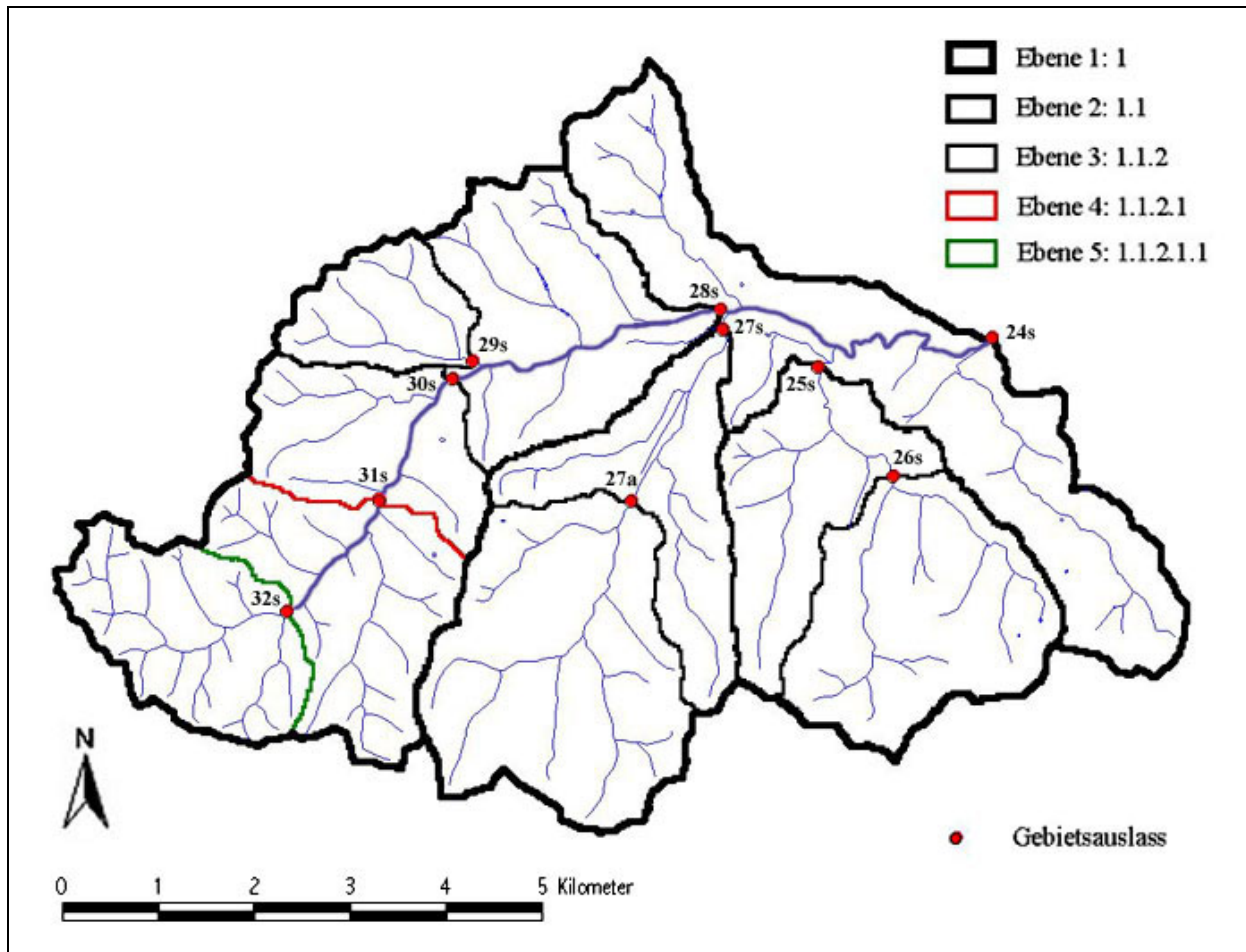


Abbildung 3-7: Untergliederung des Gesamteinzugsgebietes des Gamlitzbaches in zehn Subeinzugsgebiete, mit Bezeichnung (Nummerierung) der Messstellen.

Die Nummern 24s bis 32s bezeichnen dabei die Messstellen bzw. die Kennzeichnung der Gebietsauslässe der Subeinzugsgebiete. 27s wurde wie oben erläutert erst bei der zweiten Messtour hinzugefügt, um das Subeinzugsgebiet 1.2 (siehe Abbildung 3-8) weiter aufzugliedern.

In der folgenden Abbildung sind die Teileinzugsgebiete mit deren Namen dargestellt

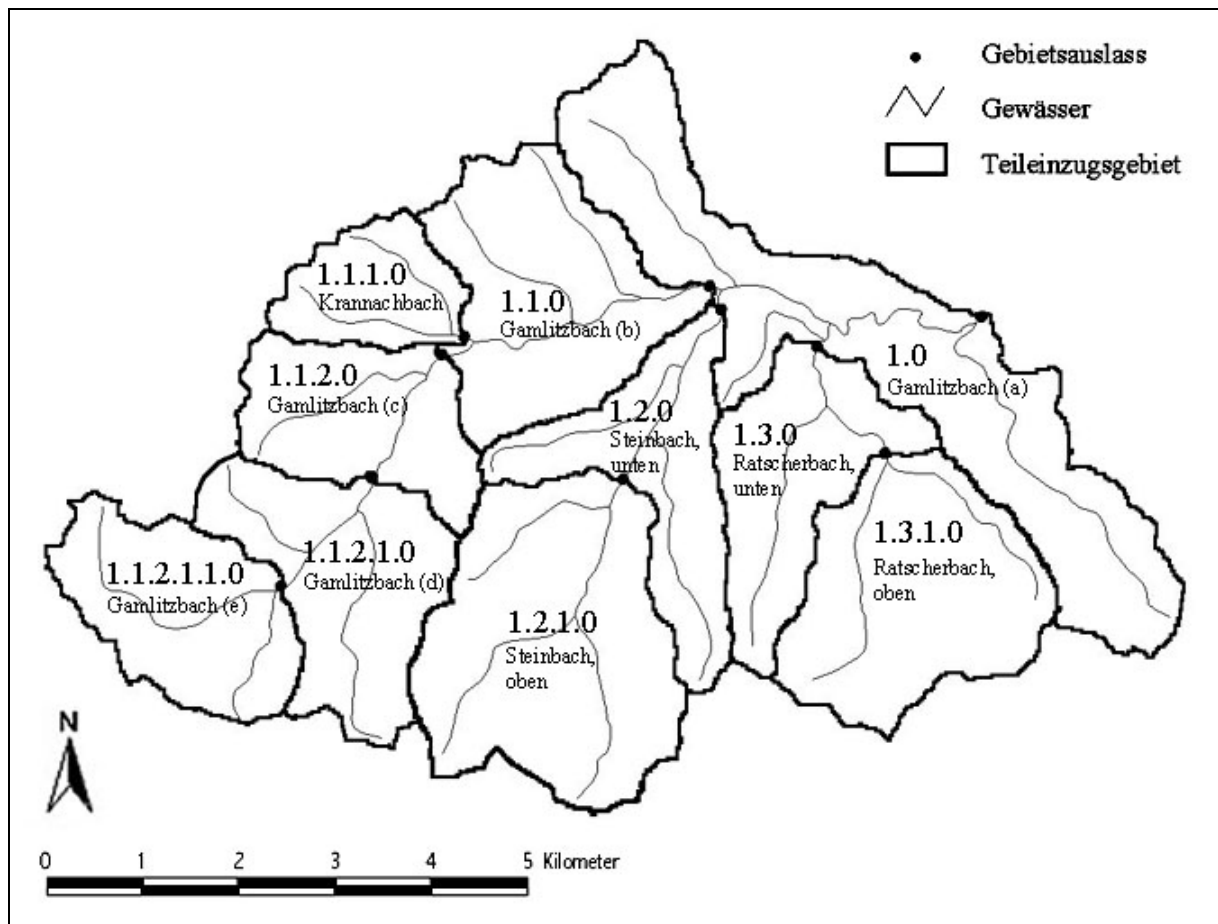


Abbildung 3-8: Die zehn Teileinzugsgebiete des Gesamteinzugsgebietes des Gamlitzbaches mit Namen und Nummerierung

3.3.2 Die Einzugsgebiete des Pöbnitzbaches und des Wellingbaches

Das Einzugsgebiet des Pöbnitzbaches, der nördlich der slowenischen Grenze entspringt, entlang von Schlossberg, Leutschach und Arnfels verläuft und bei Saggau in den Saggabach mündet, hat eine Fläche von rund 63 km². Der Wellingbach mündet dagegen weiter nördlich nahe Heimschuh in die Sulm und besitzt ein kleines Einzugsgebiet von 10 km². Die Abbildungen 3-9 und 3-10 zeigen die Subeinzugsgebiete der beiden Einzugsgebiete. Das Pöbnitzbacheinzugsgebiet ist durch seine Größe und entsprechend den Höhenunterschieden in diesem Gebiet in 16 Subeinzugsgebiete gegliedert, während das Einzugsgebiet des Wellingbaches aufgrund seines geringen Ausmaßes in nur drei Subeinzugsgebiete geteilt ist. In den Abbildungen 3-11 und 3-12 sind die Teileinzugsgebiete der beiden Einzugsgebiete mit Namen und Nummerierung dargestellt.

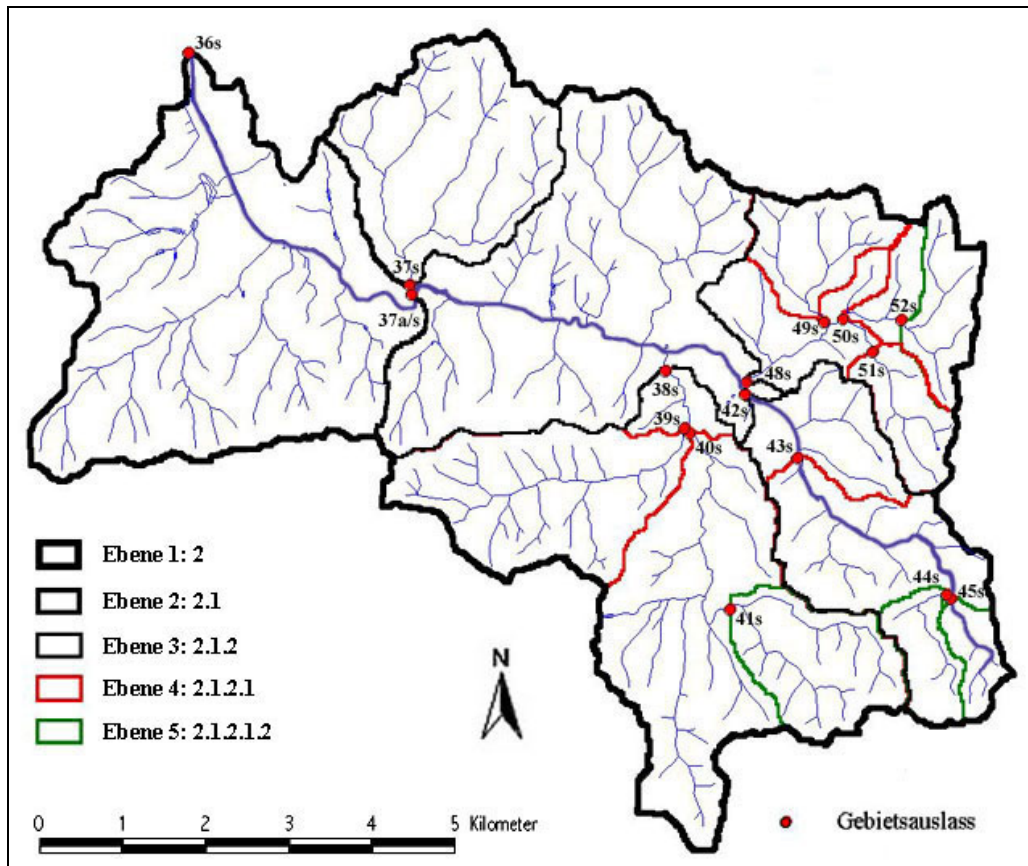


Abbildung 3-9: Untergliederung des Gesamteinzugsgebietes des Pößnitzbaches in 16 Subeinzugsgebiete, mit Bezeichnung (Nummerierung) der dort vorhandenen Messstellen.

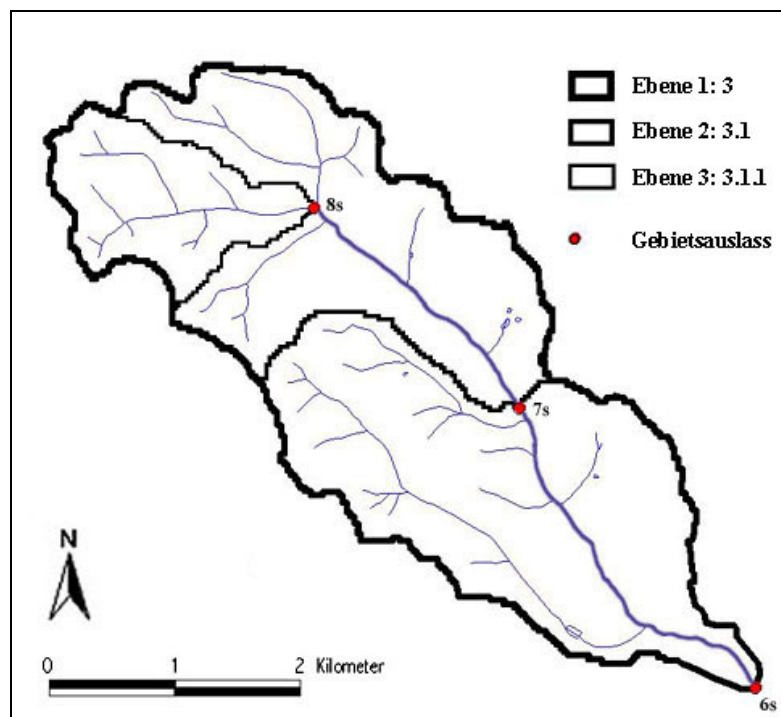


Abbildung 3-10: Untergliederung des Gesamteinzugsgebietes des Wellingbaches in drei Subeinzugsgebiete

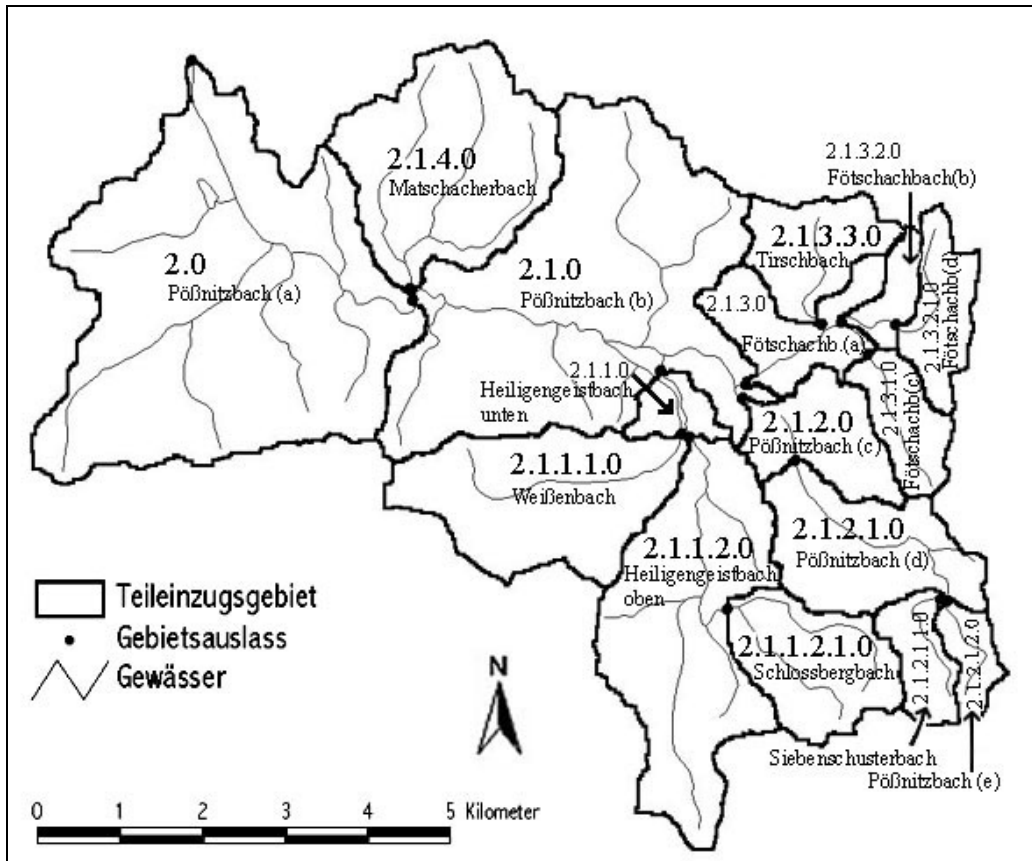


Abbildung 3-11: Die 16 Teileinzugsgebiete des Gesamteinzugsgebietes des Pöbnitzbaches mit Namen und Nummerierung

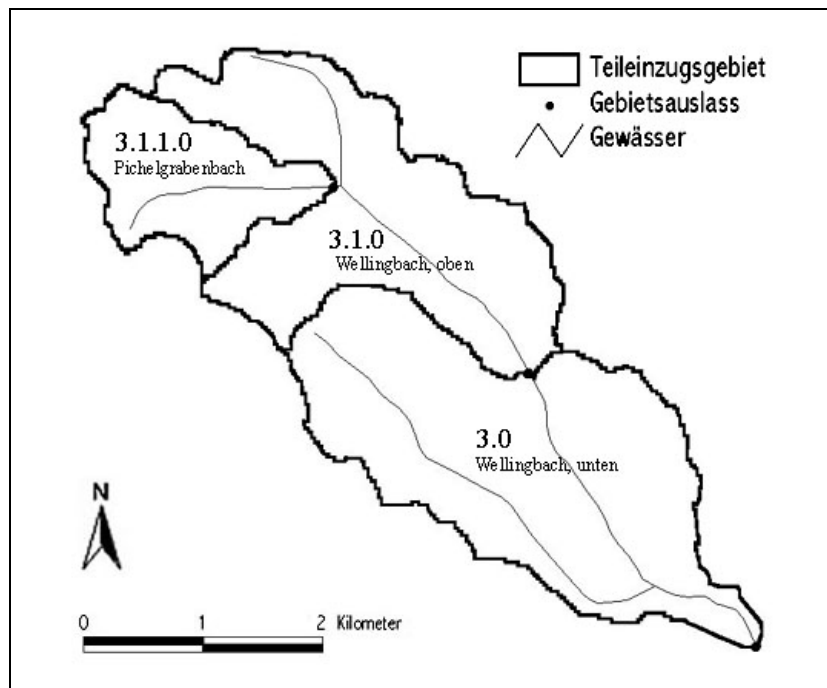


Abbildung 3-12: Die drei Teileinzugsgebiete des Gesamteinzugsgebietes des Wellingbaches mit Namen u. Nummerierung

4 Datengewinnung

4.1 Bezugspegel

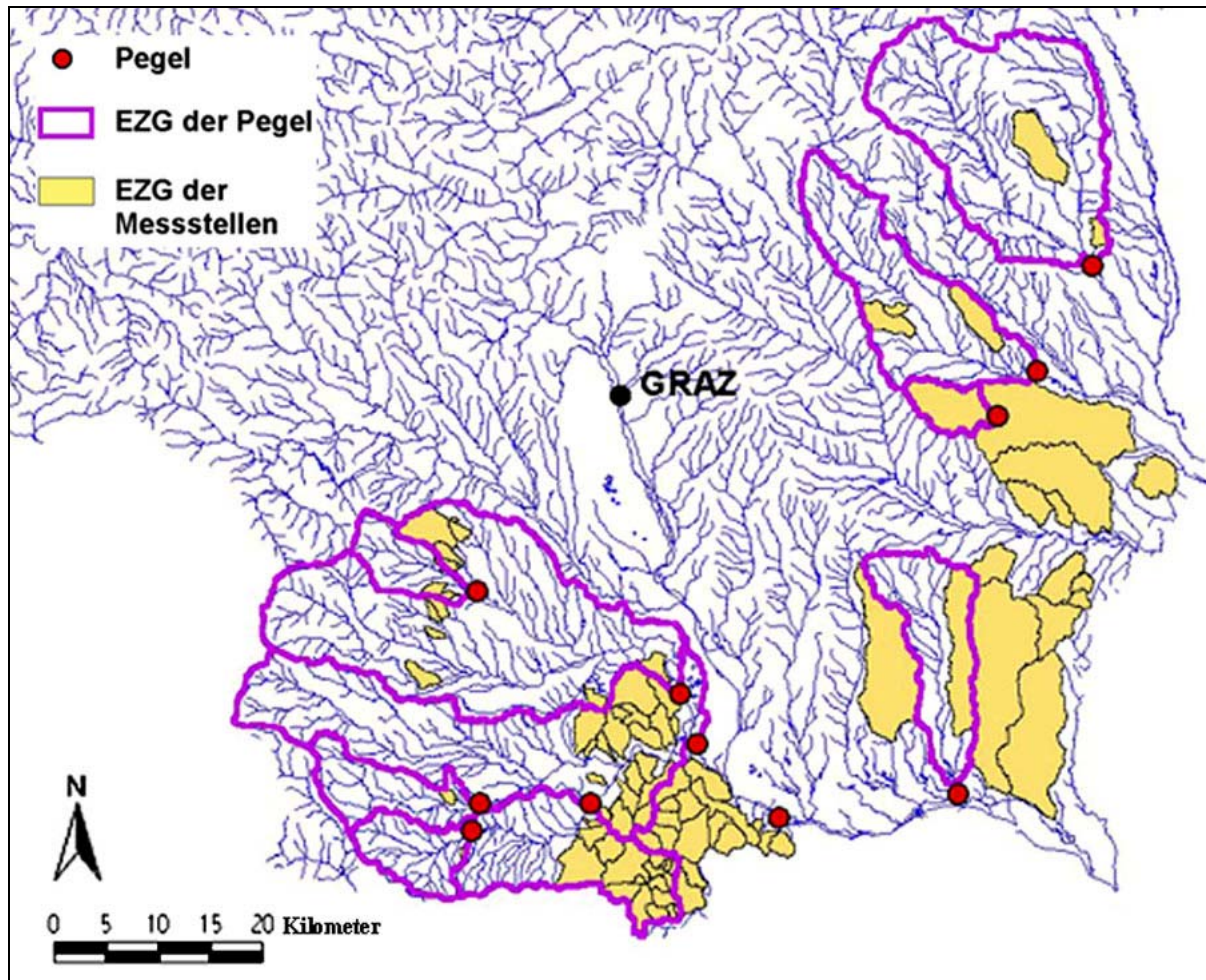


Abbildung 4-1: Die elf Referenzpegel des Untersuchungsgebietes und deren Einzugsgebiete

Für die Einbindung der Messergebnisse in das Gesamtgeschehen (für eine Regionalisierung), benötigt man Referenzpegel. Im Untersuchungsgebiet gibt es elf Referenzpegel, deren Namen und Einzugsgebietsgröße in Tabelle 1 dargestellt sind..

Weststeiermark		Südsteiermark		Oststeiermark	
Pegel	km ²	Pegel	km ²	Pegel	km ²
Stainz, Stainzbach	47	Tillmitsch, Laßnitz	479	Waltersdorf, Safenbach	346
Wies, weisse Sulm	70	Leibnitz, Sulm	1106	Neudorf, Ilzbach	191
Hoermsdorf, Saggaubach	56	Spielfeld, Mur	9480	Ottendorf, Rittscheinbach	28
		Guendorf, Saggaubach	202	Fluttendorf, Gnasbach	120

Tabelle 1: Die Bezugspegel und ihre Einzugsgebietsfläche

4.2 Abflussmessung

Die Abflussmessung ist die Ermittlung jener Wassermenge, die den benetzten Querschnitt eines natürlichen Gewässers in der Zeiteinheit durchfließt. (KREPS 1975, S.21)

Die Messungen fanden im Rahmen zweier Messtouren innerhalb eines halben Jahres, während Trockenwetterphasen, statt. Die erste Messtour erfolgte zwischen 17. und 22.12.2002, die zweite zwischen 17. und 21.06.2003 an den 88 Gebietsauslässen der Teileinzugsgebiete bzw. Subeinzugsgebiete. Abbildung 4-2 zeigt die Wettersituation zum Zeitpunkt der Messfahrten.



Abbildung 4-2: Darstellung der Wettersituation zur Zeit der Messtouren; A (links): Satellitenbild von Österreich am 20.12.2002; B(rechts): Satellitenbild von Österreich am 21.06. 2003 (Zentralamt für Meteorologie und Geophysik)

Im Zeitraum vom 17. bis 22.Dezember 2002 herrschte fast durchgehend Hochnebel, es war trocken und teilweise sonnig. Anfang Dezember hatte jedoch ein für diese Jahreszeit außergewöhnlich starkes Niederschlagsereignis stattgefunden (bis zu 200% mehr Niederschlag als im langjährigen Schnitt), daher führten die Gewässer des Untersuchungsgebietes weit höhere Wassermengen als für diese Arbeit erwünscht. Statt Niederwasser fielen die Werte in den Bereich Mittelwasser (siehe Kap. 5.1). Zum Zeitpunkt der zweiten Messtour im Juni 2003 herrschte dagegen extreme Trockenheit und somit Niederwasser, wodurch aufgrund der sehr unterschiedlichen Ergebnisse der Abflussmessungen der beiden Messtouren, ein starker Kontrast zwischen den erstellten Abflussspendenkarten (siehe Kap. 5.2.2 und 5.2.3) entsteht. Das wiederum bietet gute Vergleichsmöglichkeiten und zeigt große Unterschiede im Hinblick auf das vorhandene Wasserdargebot des Studiengbietes zu verschiedenen Zeiten.

Für die Abflussmessung gibt es verschiedene Möglichkeiten. In den folgenden Kapiteln werden die bei den beiden Messtouren angewandten Methoden mit Beispielen beschrieben.

Ausführlichere Erklärungen zu den einzelnen Methoden sind in der Literatur von KREPS (1975), BENISCHKE und HARUM (1984) und MOSER und RAUERT (1980) zu finden.

Durch zahlreiche Erfahrungswerte wird die Fehlergrenze bei Abflussmessungen mit 5-10% angenommen. Genaue Berechnungsarten finden sich in der ÖNORM EN ISO 748, S.3-7.

4.2.1 Gefäßmessung

Die genaueste und einfachste Methode ist die Messung des Abflusses mittels eines Gefäßes.

Bei dieser Methode wird das Wasser mit einem Becher oder Eimer, je nach vorhandener Wassermenge, aufgefangen und mittels einer Stoppuhr wird die benötigte Zeit, bis sich das Gefäß füllt, mitgestoppt.

Der Abfluss (Q) wird dann folgendermaßen berechnet:

$$Q = V / t$$

V = Volumen des Wassers, das in den Eimer bzw. Becher geflossen ist, t entspricht der Zeit, die für das Auffüllen des Gefäßes benötigt wurde. In Tabelle 1 ist eine solche Messungen mit den entsprechenden Ergebnissen aufgeführt. Bei der ersten Messtour im Dezember 2002 wurde diese Methode aufgrund der hydrologischen Verhältnisse bei nur zwei Messstellen angewandt (eine in der Südsteiermark, die andere in der Weststeiermark), bei der zweiten Messtour im Juni 2003 bereits insgesamt 44 mal, davon an acht Messstellen in der Weststeiermark, an fünf in der Oststeiermark und an 31 in der Südsteiermark.

Becher:				Kübel:			
Messung	V (l)	t (s)	Q (l/s)	Messung	V (l)	t (s)	Q (l/s)
1	0,85	1,44	0,59	1	6,00	2,97	2,02
2	0,70	1,10	0,64	2	5,00	2,78	1,80
3	0,80	1,35	0,59	3	9,50	5,35	1,78
4	0,85	1,28	0,66	4	10,00	5,97	1,68
5	0,70	1,06	0,66				
Ergebnis			0,63	Ergebnis			1,82

Tabelle 2: Gefäßmessungen am 20.06.2003, Becher: Neudorfbach (s18), Kübel: Saubach (s16)



Abbildung 4-3: Gefäßmessung mit Kübel an der Messstelle Saubach (s16) am 20.06.2003

Diese Messmethode hat nach RUCH (1999) verschiedene Vor- und Nachteile:

Vorteile:

- Kurze Messdauer und einfache Durchführung
- Einfache Berechnung des Abflusses
- Der Fehler liegt bei Verwendung eines kalibrierten Messgerätes und bei guten Messbedingungen nur bei 0,2 – 1%

Nachteile:

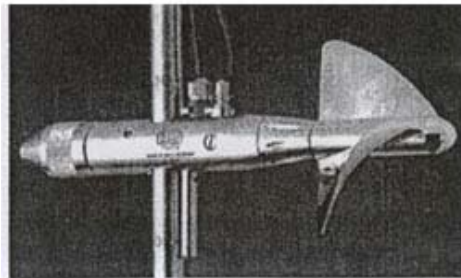
- Die Voraussetzung ist ein freier Überfall, somit kann die Vorbereitung der Messstelle unter Umständen viel Zeit in Anspruch nehmen.
- Die Genauigkeit ist nur bei kleinen Abflussmengen (einige l/s) hoch, mit höheren Abflussmengen wird der Fehler größer.

4.2.2 Flügelmessung

(nach KREPS 1975, S.21-32 u. S.65-95)

Die Flügelmessung kann bei kleinen Gewässern bis hin zu großen Strömen durchgeführt werden und wird bei höheren Abflussmengen mit annähernd laminarem Fließverhalten des Wassers angewandt. Bei dieser Messart wird ein hydrometrischer Flügel verwendet. Bei geringeren Wassertiefen ist es der sogenannte Stangenflügel. Dieser besteht aus einem an einer Stange auf- und abbewegbaren Flügelkörper. Die Umdrehungen der durch die Strömung angetriebenen Propellerschaukel werden mittels eines Zählgerätes erfasst. Aus der Umdrehungszahl und mit Hilfe der Eichgleichung des Flügels wird die Fließgeschwindigkeit

v in verschiedenen Tiefen entlang von mehreren Messlotrechten eines Abflussquerschnittes ermittelt. Daraus gewinnt man das räumliche Geschwindigkeitsprofil.



A



B

Abbildung 4-4: (A) Flügelkörper mit Propellerschaufel, (B) Flügelmessung an der Messstelle Ottersbach (e1) am 20.12.2002

Der Abfluss wird folgendermaßen errechnet:

$$Q = F * v$$

Dabei entspricht v der Durchschnittsgeschwindigkeit des Wassers an einem bestimmten Abflussquerschnitt und F ist der durchflossene Querschnitt.

Bei den Flügelmessungen wurden die Messtiefen an den Messlotrechten nach der Zwei-Punkt-Messmethode von KREPS (1975) festgelegt.

Vorgangsweise: Die Flügelachse wird auf den Wasserspiegel gestellt. Nach Ablesen der Wassertiefe wird der Flügel um den Schaufelradius tiefer gestellt, damit sich der Flügel genau unter der Wasseroberfläche befindet. Dort liegt der erste Messpunkt auf der Messlotrechten.

Der zweite Messpunkt liegt in 38% der Wassertiefe.

Tabelle 2 zeigt ein Beispiel für die Auswertung einer Abflussmessung nach KREPS.

Da bei beiden Messtouren an jeweils einem Tag mehrere Messtrupps im Gelände waren, wurden bei der ersten Messtour zwei verschiedene Flügel verwendet. Im Dezember 2002 wurde an sechs Messstellen der Flügel Nr.:62462 mit der Flügelgleichung $v = 0,1042 * s/t + 0,0109$ verwendet, bei allen anderen Flügelmessungen der Flügel Nr.:132269 mit der Flügelgleichung $v = 0,1031 * s/t + 0,0240$ ($s =$ Signale; $t =$ Zeit). Bei der zweiten Messtour wurde ausschließlich der Flügel Nr.:132269 verwendet, da durch die Wasserknappheit im Juni 2003 kaum Flügelmessungen möglich waren und an den meisten Messstellen eine Salzmessung (Kapitel 4.1.3.) oder Gefäßmessung (Kapitel 4.1.1) durchgeführt wurde.

Vorteile:

- Gute Messmethode bei breiten Flüssen mit laminarem Fließverhalten
- zeitsparend im Vergleich zur Vielpunktmethode. (Die Zahl der Messungen kann zumindest verdoppelt werden. Bei stark veränderlichen Flussprofilen führt dies zu einer genaueren Erfassung des Jahresabflusses.)

Nachteile:

- Nicht für turbulente Fließgewässer und Totwasserbereiche geeignet. Ebenso nicht anwendbar bei zu langsamen Geschwindigkeiten, da die Schaufel dann nicht mehr reagiert, und bei zu tiefen Temperaturen (Bei sehr niedrigen Temperaturen verändert sich die Viskosität des Öls im Flügelkörper, dadurch wird die Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Umdrehungszahl verändert.)
- zeitaufwendig, da die Messstelle oft zuerst vorbereitet werden muss. (Voraussetzung für diese Methode ist ein wirbelfreies Durchflussprofil.)
- lange Messdauer; Wasserstand kann sich bei zu langer Messzeit ändern, daher möglicherweise abweichendes Ergebnis (Bei hohen Wasserständen ist es daher notwendig die Messzeit zu reduzieren).

4.2.3 Tracerverdünnungsmethode

Diese Messmethode, auch Integrationsmethode genannt, wird bei nicht laminarem Fließverhalten des Gewässers, d.h. bei turbulenter Strömung verwendet. Sie wird vor allem in solchen Fällen benutzt, in denen eine Flügelmessung ausfällt, das heißt bei sehr unregelmäßigem Durchflussquerschnitt, hoher Turbulenz und starker Geschiebeführung (z.B.

Gebirgsbäche). Es wird eine bestimmte Menge an Tracer (=Markierungsstoff) in gelöster Form an einer *Impfstelle* (Impfquerschnitt) in das Gewässer eingebracht. Bei einer vollständigen Durchmischung des Markierungsstoffes mit dem Wasser ist die Verdünnung dem Durchfluss des Gewässers proportional und so kann aus der Verdünnungsmessung der gesuchte Durchfluss errechnet werden. Bestimmt wird die Ausgangskonzentration vor Eingabe des Markierungsstoffes und das Verdünnungsverhältnis beim Durchgang der Tracerwolke. Es ist besonders darauf zu achten, dass es wirklich zu einer vollständigen Durchmischung im Fließgewässer kommt, bevor die Erfassung der Konzentrationen weiter unterhalb der Eingabestelle erfolgt. Außerdem dürfen keine Ableitungen entlang der Messstrecke vorhanden sein. (BENISCHKE u. HARUM 1984; MOSER u. RAUERT 1980, S.78–83) Die Ergebnisse werden danach wie folgt ausgewertet:

$$Q = M / \left(\int (C - C_0) dt \right)$$

Q....Abfluss in l/s

M....Menge des eingespeisten Tracers in mg

C.... Tracerkonzentration in mg/l

C₀....der Hintergrundleitfähigkeit äquivalente Tracerkonzentration

t.....Tracerdurchgangszeit in sec



Abbildung 4-6: links: Kalibration - dabei wird das Gerät mit Hilfe einer Eichflüssigkeit vorbereitet für die Tracermessung; Mitte: Einbringen der Sonde in das Fließgewässer; rechts: Einbringen der NaCl-Lösung in das Fließgewässer. Dezember 2002, verschiedene Messstellen.

Durch direkte Messung wird der Verlauf der Tracerkonzentration aufgezeichnet und in weiterer Folge die resultierende Durchgangskurve integriert. Abbildung 4-7 zeigt den Verlauf der Durchgangskurve einer Messung nach dem Integrationsverfahren.

Beim Salzmischverfahren wird nicht die Tracerkonzentration direkt erfasst, sondern die elektrische Leitfähigkeit des Wassers, daher muss vor der Messung der Zusammenhang zwischen elektrischer Leitfähigkeit und der damit verbundenen Salzkonzentration durch Kalibration (Abbildung 4-6 links) hergestellt werden. Bei der Kalibration wird ein Eichgefäß mit einer bestimmten Menge an oberhalb der Impfstelle entnommenem Flusswasser gefüllt und mit einer Pipette schrittweise kleine Mengen Salzlösung einer definierten Konzentration in das Eichgefäß gegeben, wobei nach jeder Zugabe die Leitfähigkeit gemessen wird. Nach vier bis fünf solcher Zugaben ist das Gerät geeicht und die Messung kann beginnen. Bei den beiden Messtouren wurde Kochsalz (NaCl) als Tracer verwendet.

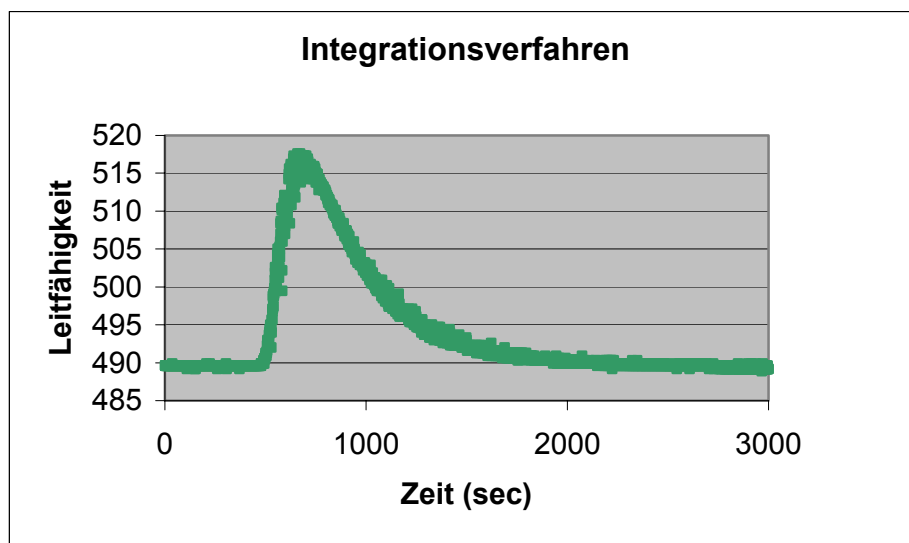


Abbildung 4-7: Durchgangskurve der Integrationsmessung vom 20.06.2003 am Pöbnitzbach (s36)

Wie alle Messmethoden hat auch diese Vor- und Nachteile:

Vorteile:

- Für turbulente Strömungen sehr gut geeignet
- Einfache Messmethode, handliche Geräte, kostengünstig bei NaCl als Tracer

Nachteile:

- teilweise sehr lange Messdauer
- Die Ausgangsleitfähigkeit des Gewässers kann sich während der Messung verändern, z.B. durch Eintragungen aus der Landwirtschaft.

5 Dokumentation der Ergebnisse

5.1 Pegeldaten

5.1.1 Hydrographische Kennwerte

Die hydrographischen Kennzahlen der Referenzpegel geben Aufschluss darüber, ob zur Zeit der Abflussmessungen Niederwasser, Mittelwasser oder Hochwasser herrschte. In Tabelle 4 sind die wichtigsten Kennzahlen erklärt.

NQ	Niederster Wert im betrachteten Zeitabschnitt
NQ _T	Niederstes (kleinstes) Tagesniederwasser im betrachteten Zeitabschnitt
MNQ _T	Mittleres Tagesniederwasser im betrachteten Zeitabschnitt
NMQ	Niederster (kleinster) Monatsmittelwert im betrachteten Zeitabschnitt
MQ	Mittlere Abfluss im betrachteten Zeitabschnitt
HMQ	Höchster Monatsmittelwert im betrachteten Zeitabschnitt
MHQ	mittlerer Hochwasserabfluss im betrachteten Zeitabschnitt
HQ	Höchster Abfluss im betrachteten Zeitabschnitt

Tabelle 4: Hydrographische Kennzahlen des Abflusses

5.1.2 Einbindung der Ergebnisse in das Langzeitgeschehen

Von den elf Referenzpegeln des Untersuchungsgebietes konnten die hydrographischen Kennzahlen von sieben Pegeln aus dem Hydrographischen Jahrbuch (1999) entnommen werden, darunter Pegel Tillmitsch, Pegel Leibnitz, Pegel Gündorf, Pegel Wies, Pegel Fluttendorf, Pegel Neudorf, sowie Pegel Waltersdorf. Über die anderen vier, Pegel Spielfeld, Pegel Stainz, Pegel Hörmsdorf und Pegel Ottendorf, gab es keine Angaben im Jahrbuch.

Die Kennzahlen der genannten Pegel und die Einbindung der Ergebnisse der beiden Messtouren sind in Anhang II dargestellt. Beim Vergleich der Messergebnisse mit den Langzeitreihen zeigte sich, dass bei der ersten Messtour im Dezember 2002 leicht niederes bis erhöhtes Mittelwasser im Untersuchungsgebiet vorherrschte und bei der zweiten Messtour im Juni 2003 Niederwasser.

5.2 Abflussmessungen

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der durchgeführten Abflussmessungen (Methoden siehe Kapitel 4.2) an den Subeinzugsgebieten beschrieben. Die Abflussmengen der Teileinzugsgebiete wurden mittels Bilanzierung ermittelt, das bedeutet, dass die Abflussmenge des oberen Subeinzugsgebietes von der unten gemessenen Abflussmenge abgezogen wurde (z.B. Pößnitzbach/oben: $2.1.2.1.0 = 2.1.2.1 - 2.1.2.1.1.0 - 2.1.2.1.2.0$). Die gemessenen Abflussmengen sind in Anhang I aufgelistet.

5.2.1 Abflussspenden-Höhenbeziehung und Abflussspendenkarten

Abflussspendenkarte des Einzugsgebietes Gamlitzbach

Bei der Hauptanzahl der Ergebnisse der Abflussmessungen wurden die mittels Abflussmenge und Teileinzugsgebietsfläche errechneten Abflussspenden der Teileinzugsgebiete für die Regressionsanalyse herangezogen. Bei manchen jedoch wurde eine Korrektur durchgeführt, um die Werte in Hinblick auf die Regressionsanalyse anzugleichen. Die veränderten Werte sollen hier mit Erklärung beschrieben werden.

Korrigierte Abflussspenden, erste Messtour: Am untersten Teileinzugsgebiet 1.0 wurde anstatt der Berechnung mittels Abfluss und Fläche des Teileinzugsgebietes die Abflussmenge und die Fläche des Subeinzugsgebietes für die Berechnung der Abflussspende herangezogen. Durch Bilanzierung summieren sich in diesem Fall die auftretenden Fehler und führen zu einem (bezogen auf die mittlere Seehöhe dieses Gebietes) nicht brauchbarem Ergebnis. Die nicht korrigierte Abflussspende hat einen Wert von $13,32 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$, die korrigierte entspricht $9,83 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$. Ebenso wurde diese Korrektur beim Teileinzugsgebiet 1.1.2.0 angewendet. Hier tritt nur ein minimaler Unterschied im Wert auf, $11,49 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ verändert zu $11,99 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$. Bezogen auf die mittlere Seehöhe, die zwischen Teil- und Subeinzugsgebiet zwischen 390 und 422m ü.A. variiert, macht die Korrektur jedoch einen bedeutenden Unterschied. Die Abflussspende des Teileinzugsgebietes 1.2.0 wurde mit dem Wert 1,1 multipliziert und von $7,5 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ auf $8,25 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ erhöht, da der Fehler bei Abflussmessungen, wie in Kapitel 4 erwähnt, zwischen 5 und 10% angenommen wird und die Ergebnisse somit in diesem Bereich schwanken können.

Korrigierte Abflussspenden, zweite Messtour: Bei der zweiten Messtour wurde die Abflussspende des Teileinzugsgebietes 1.3.0 von $1,3 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ auf $0,78 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ korrigiert, die Seehöhe und Abflussspende des Subeinzugsgebietes für die Analyse herangezogen. Ebenso

wurde diese Korrektur beim Teileinzugsgebiet 1.1.2.1.0 angewendet. Hier verringerte sich die Abflusspende dadurch von 0,8 l/(s*km²) auf 0,63 l/(s*km²).

Die folgende Abbildung zeigt die Regressionsanalysen für das Einzugsgebiet Gamlitzbach. Das obere Diagramm veranschaulicht die Ergebnisse der ersten Messtour, das untere die der zweiten Messtour. Ersichtlich ist, dass die Abflusshöhe eine deutliche Abhängigkeit von der Seehöhe aufweist.

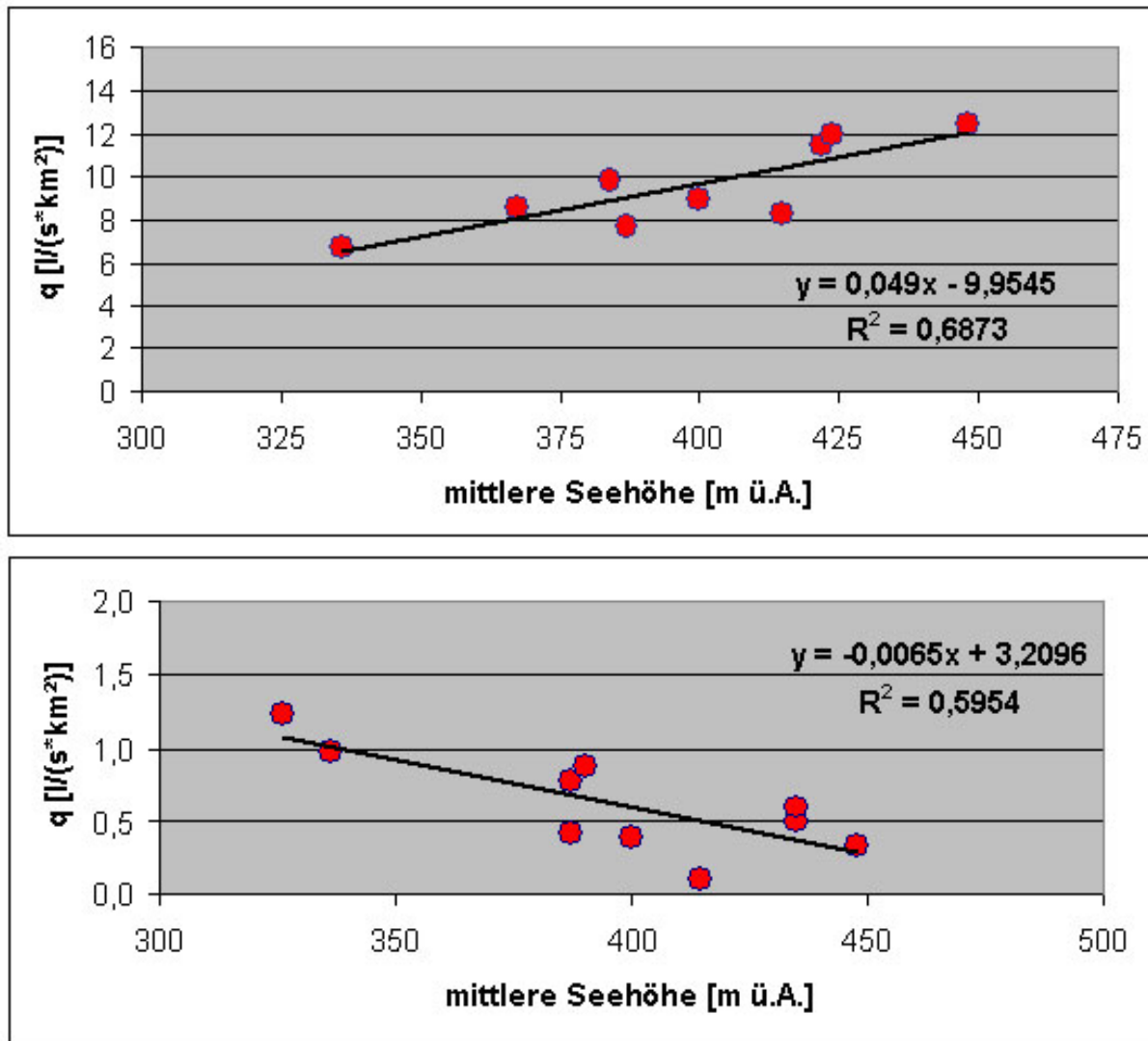


Abbildung 5-1: Regressionsanalyse – wie hängt die Abflusspende von der mittleren Seehöhe ab? Oben (A): Ergebnisse der Messtour I, 17.–22. 12.2002; unten (B): Ergebnisse der Messtour II, 17.–21.6.2003 (Gamlitzbach)

Mittels der herausgefundenen Regressionsgeraden und dem Höhenmodell kann nun mit Hilfe von Rastermathematik eine Regionalisierung der Abflusspenden erfolgen. Die auf diese Weise berechneten Abflusspendenkarten sind in Abbildung 5-2 dargestellt.

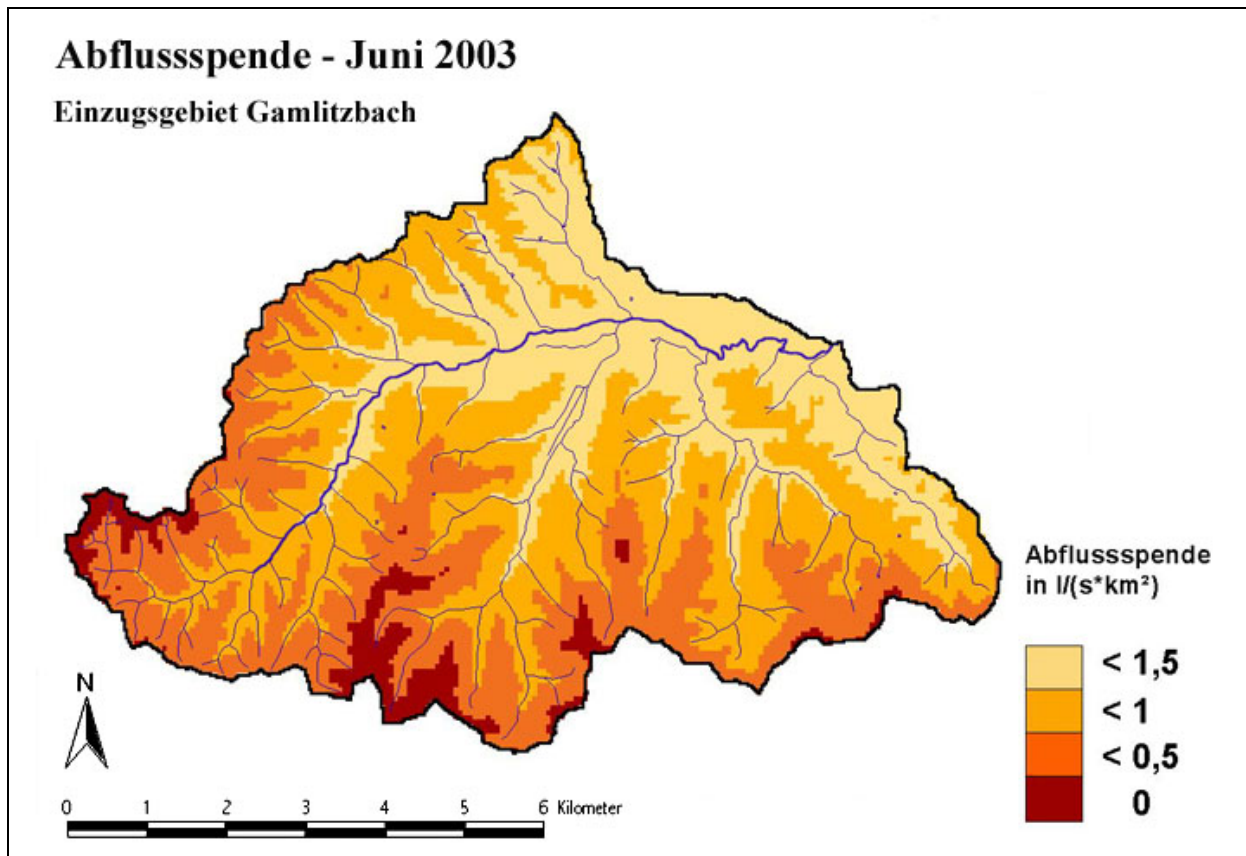
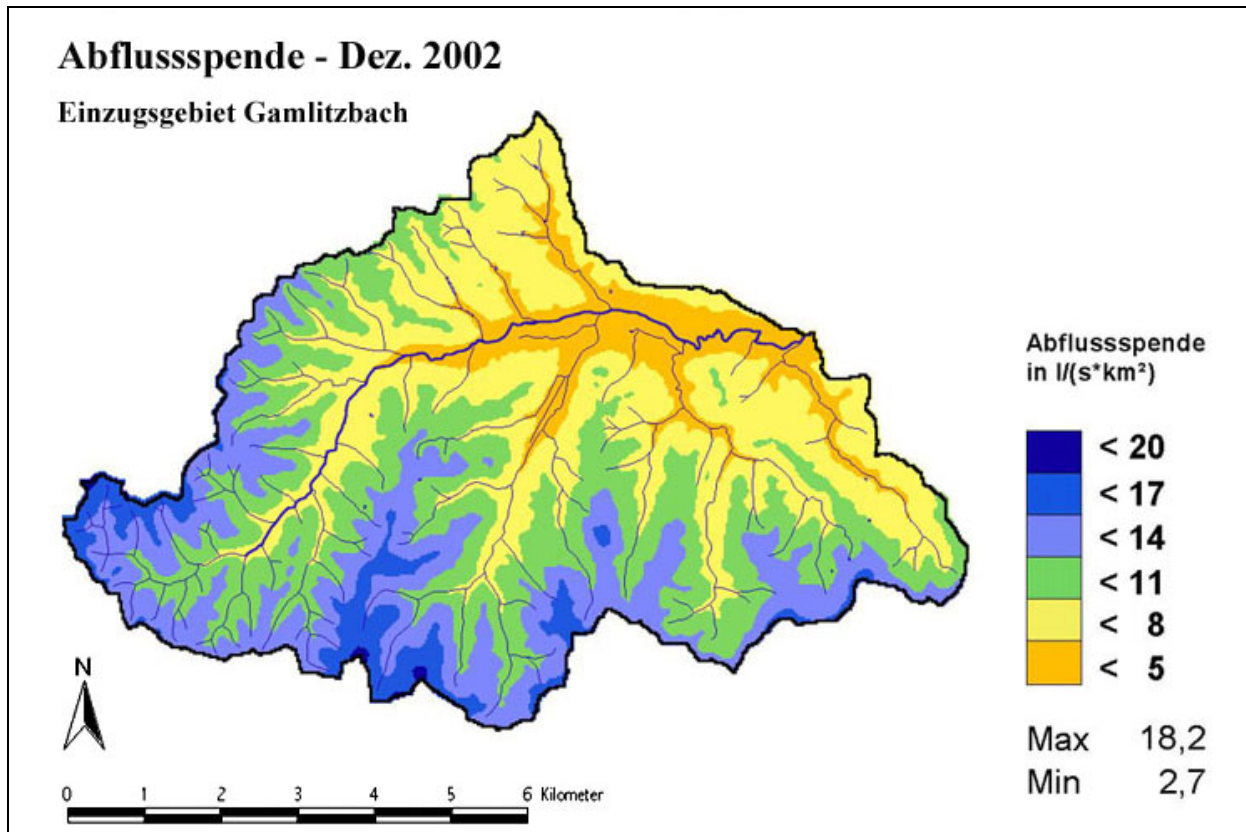


Abbildung 5-2: Abflusssspendenkarten - zu beiden Messterminen

Die Karten zeigen einen enormen Abflussspendenrückgang von Dezember 2002 bis Juni 2003. Während die Abflussspenden im Dezember noch zwischen Werten von $2,7 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$, und $18,2 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ liegen, so erreichen die maximalen Abflussspenden im Juni nicht einmal Werte von $1,5 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$. Das äußerst interessante bei den beiden Ergebnissen ist, dass sich die Abflussspenden-Seehöhen-Beziehung im zweiten Fall genau umgekehrt zum ersten Fall verhält. Bei der ersten Abflussspendenkarte von Dezember 2002 zeigt sich deutlich ein Anstieg der Abflussspende mit zunehmender Höhe. Bei der zweiten Abflussspendenkarte überrascht das Ergebnis - die Abflussspende nimmt mit zunehmender Höhe ab. Dieser Fall tritt offensichtlich in extremen Trockenzeiten ein und lässt Rückschlüsse auf die vorhandenen Speicher ziehen. Üblicherweise geht man von der Annahme aus, dass der Speicher in den drei Dimensionen immer gleich bleibt, jedoch wird das in den oberen Bereichen verfügbare Speichervolumen aufgrund der Geometrie immer geringer und der Abfluss nimmt überproportional ab. Bei lang anhaltender Trockenzeit laufen die Speicher der höheren Lagen zur Gänze aus.

Abflussspendenkarten von Pößnitzbach und Wellingbach

Beim Einzugsgebiet des Pößnitzbaches konnte nur im oberen Teil eine Beziehung zwischen Abflussspende und Seehöhe ermittelt werden und zwar bei den Bächen Fötschachbach (2.1.3) und Pößnitzbach/oben (2.1.2), wobei sie bei beiden sehr ähnlich ausfiel. Die Abflussspenden wurden daher bei der Regressionsanalyse (Abbildung 5-3) in einem Diagramm zusammengefasst. Im Gegensatz zum Einzugsgebiet des Gamlitzbaches war nur bei der ersten Messreihe ein Zusammenhang zwischen Abflussspende und Seehöhe erkennbar. Die Ursache dafür sind die niedrigen Abflussspenden von Juni 2003, die in den meisten Fällen Werte von unter $0,5 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ aufweisen. Einige Bäche waren sogar zur Gänze ausgetrocknet.

Auch hier wurden wieder einige Abflussspenden korrigiert, wie im Folgenden erläutert.

Korrigierte Abflussspenden, erste Messtour: Beim Einzugsgebiet des Fötschachbaches wurden die Abflussspenden bei zwei der fünf Teileinzugsgebiete angeglichen. Bei dem Teileinzugsgebiet 2.1.3.0 wurde die Abflussspende des Subeinzugsgebietes aus bereits in diesem Kapitel erläuterten Gründen für die Analyse verwendet. Hier wurde der Wert von $7,58 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ auf $8,02 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ korrigiert. Zusätzlich fand diese Korrektur beim Teileinzugsgebiet 2.1.3.2.0 statt. Hier wurde die Abflussspende $8,45 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ anstatt $6,75 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ verwendet. Beim Einzugsgebiet des Pößnitzbaches/oben wurden die Abflussspenden aller vier Teileinzugsgebiete korrigiert, davon drei im bereits erwähnten Fehlerrahmen. Die Abflussspende von 2.1.2.1.2.0 wurde mit 1,1 multipliziert (Fehler von

+10%) und erhöhte sich dadurch von 7,84 l/(s*km²) auf 8,62 l/(s*km²). Bei 2.1.2.1.1.0 verringerte sie sich durch die Multiplikation mit 0,9 von 13,14 l/(s*km²) auf 11,83 l/(s*km²). Bei dem Gebiet 2.1.2.1.0 wurden zwei Korrekturmöglichkeiten angewendet. Der nicht unerheblich von den anderen Abflussspenden dieses Gebietes (2.1.2) abweichende Abflussspendenwert lässt darauf schließen, dass in diesem Teil Ableitungen auftreten. Für die Korrektur wurden beide Annahmen getroffen, die mögliche Summierung von Fehlern bei der Bilanzierung sowie der Fehlerrahmen von 5-10%. Die Abflussspende wurde hier von 5,7 l/(s*km²) auf 8,33 l/(s*km²) erhöht. Bei dem letzten der vier Teileinzugsgebiete, 2.1.2.0, das unterst gelegene von allen vieren, sind zwar die Abflussspenden von Teil- und Subeinzugsgebiet fast identisch, jedoch variiert die mittlere Seehöhe der beiden Gebiete zwischen 394 und 440m ü.A. Es wurde daher die mittlere Seehöhe des Subeinzugsgebietes für die Analyse verwendet. Die folgende Abbildung zeigt die Regressionsanalyse des behandelten Gebietes.

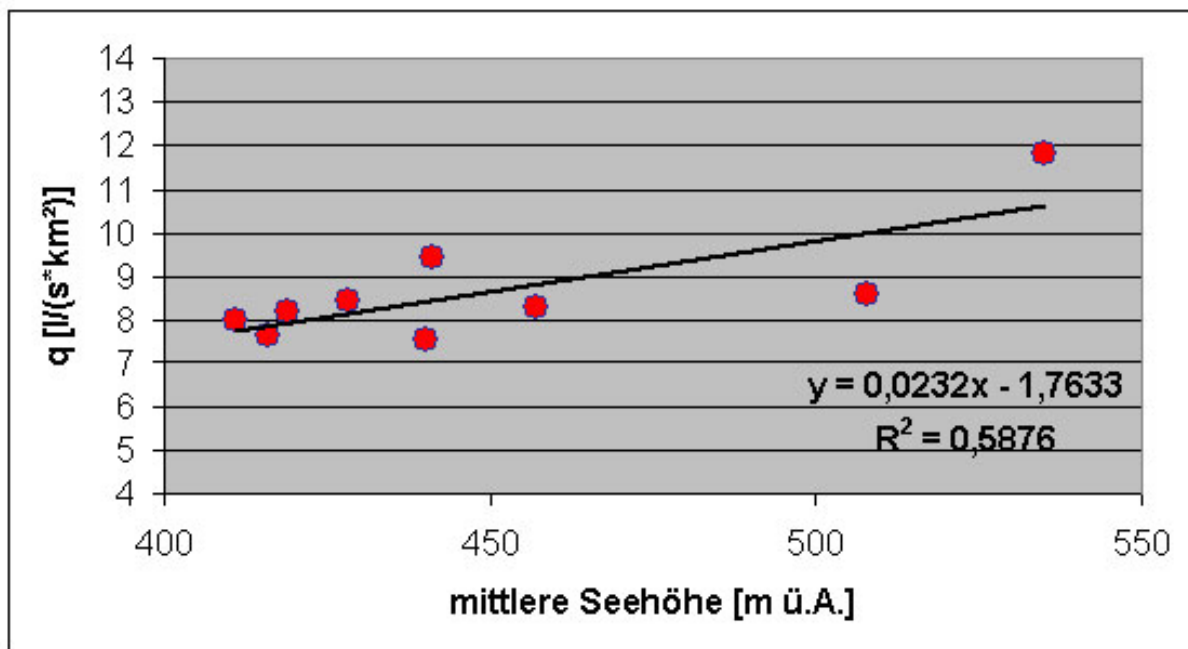


Abbildung 5-3: Regressionsanalyse – wie hängt die Abflussspende von der mittleren Seehöhe ab? Ergebnisse der Messtour I, 17.–22. 12.2002 (Pößnitzbach/oben und Fötschachbach)

Am Wellingbach wurde aufgrund der geringen Größe des Einzugsgebietes nur an drei Messstellen der Abfluss gemessen. Mit drei Punkten ist eine Regressionsanalyse möglich, jedoch soll erwähnt sein, dass diese in diesem Fall vorwiegend als bestätigender Vergleich zu den anderen dienen sollte, da drei Werte alleine nicht allzu viel aussagen über eine Abflussspenden-Seehöhen-Beziehung in einem Gebiet. Bei den Abflussspenden des Wellingbaches waren keine Korrekturen nötig.

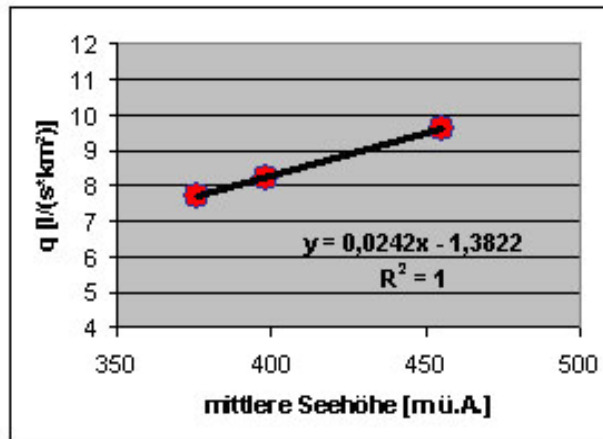


Abbildung 5-4: Regressionsanalyse – wie hängt die Abflussspende von der mittleren Seehöhe ab? Ergebnisse der Messtour I, 17.–22. 12.2002 (Wellingbach)

Wie auch schon beim Einzugsgebiet des Gamlitzbaches zeigt sich auch in den Einzugsgebieten von Pößnitzbach/oben und Fötschachbach, sowie bei dem von Wellingbach, ein Anstieg der Abflusspenden mit der Seehöhe. Die Abflusspendenkarten zeigt Abb. 5-5.

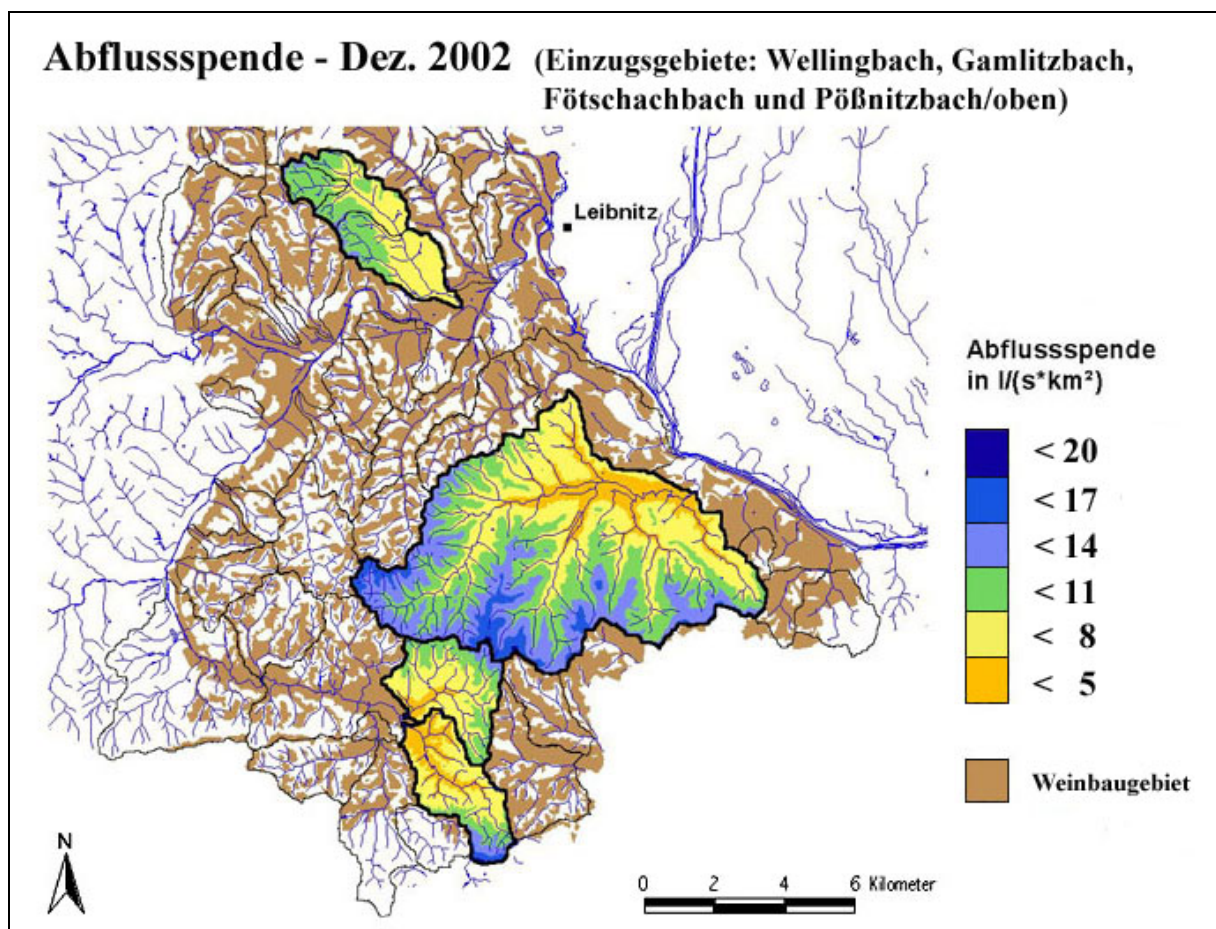


Abbildung 5-5: Überblick über alle Abflusspendenkarten (zum ersten Messtermin); Einzugsgebiete: im nördlichen Teil Wellingbach, weiter südlich Gamlitzbach, gefolgt von Fötschachbach und ganz südlich Pößnitzbach/oben.

5.2.2 Abflusspenden der Teileinzugsgebiete

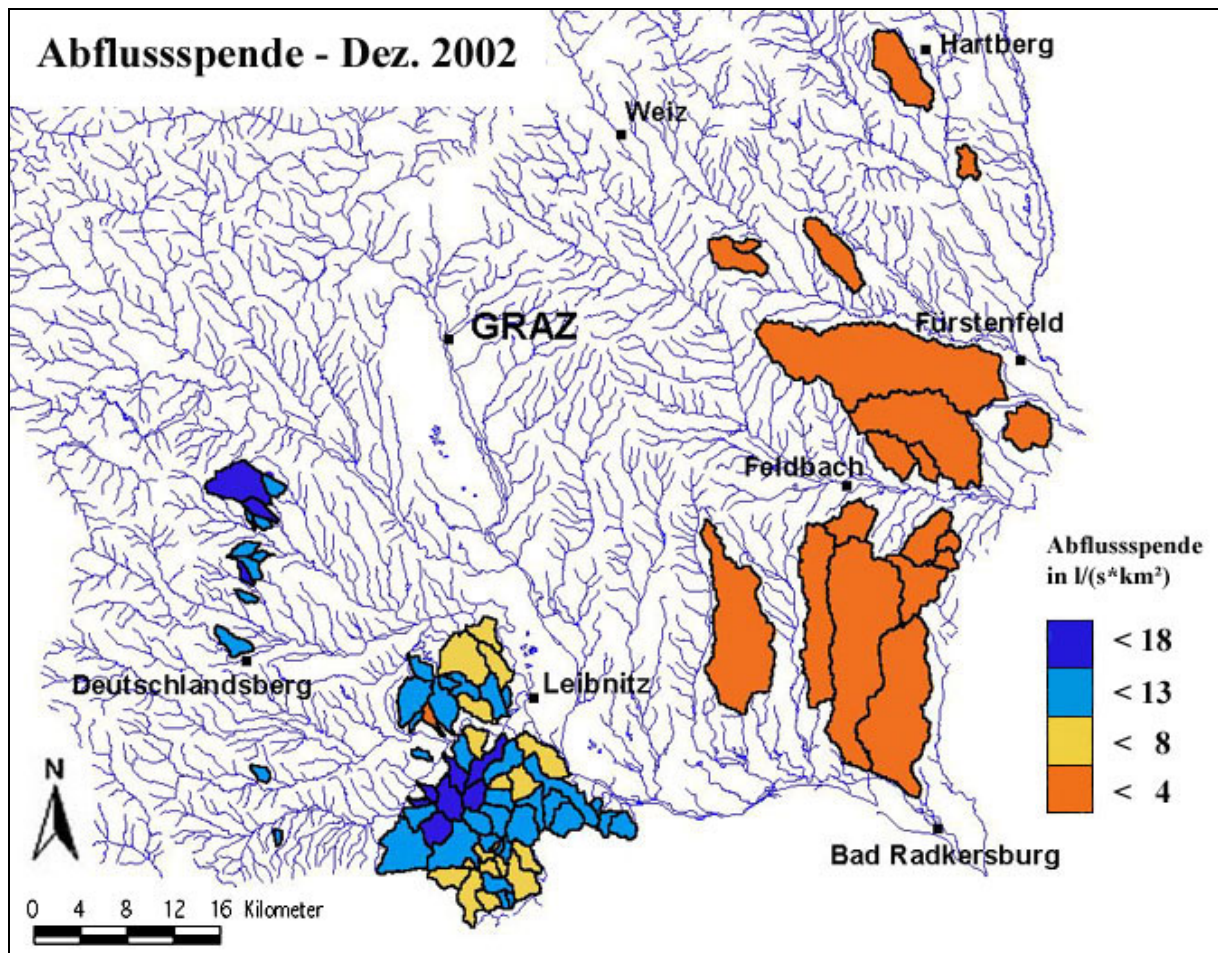


Abbildung 5-6: Die Abflusspenden der Teileinzugsgebiete, Dezember 2002

Bei der Darstellung der Abflusspenden aller Teileinzugsgebiete ist eine deutliche West-Ost-Abnahme der Abflusspendenhöhen zu erkennen. Die Südsteiermark bildet dabei ein Übergangsgebiet zwischen den niedrigeren Abflusspenden der Oststeiermark und den höheren Abflusspenden der Weststeiermark. In Kapitel 6.1.1 wird der klare Zusammenhang zwischen diesen Abflusspendenunterschieden und der mittleren Niederschlagsverteilung in den Weinbaugebieten aufgezeigt. In Abbildung 5-6 sind die Abflusspenden der ersten Messtour von Dezember 2002 dargestellt. Abbildung 5-7 veranschaulicht die Ergebnisse der zweiten Messtour von Juni 2003. Es zeigt sich ein enormer Rückgang der Abflusspenden zwischen diesen beiden Zeiträumen.

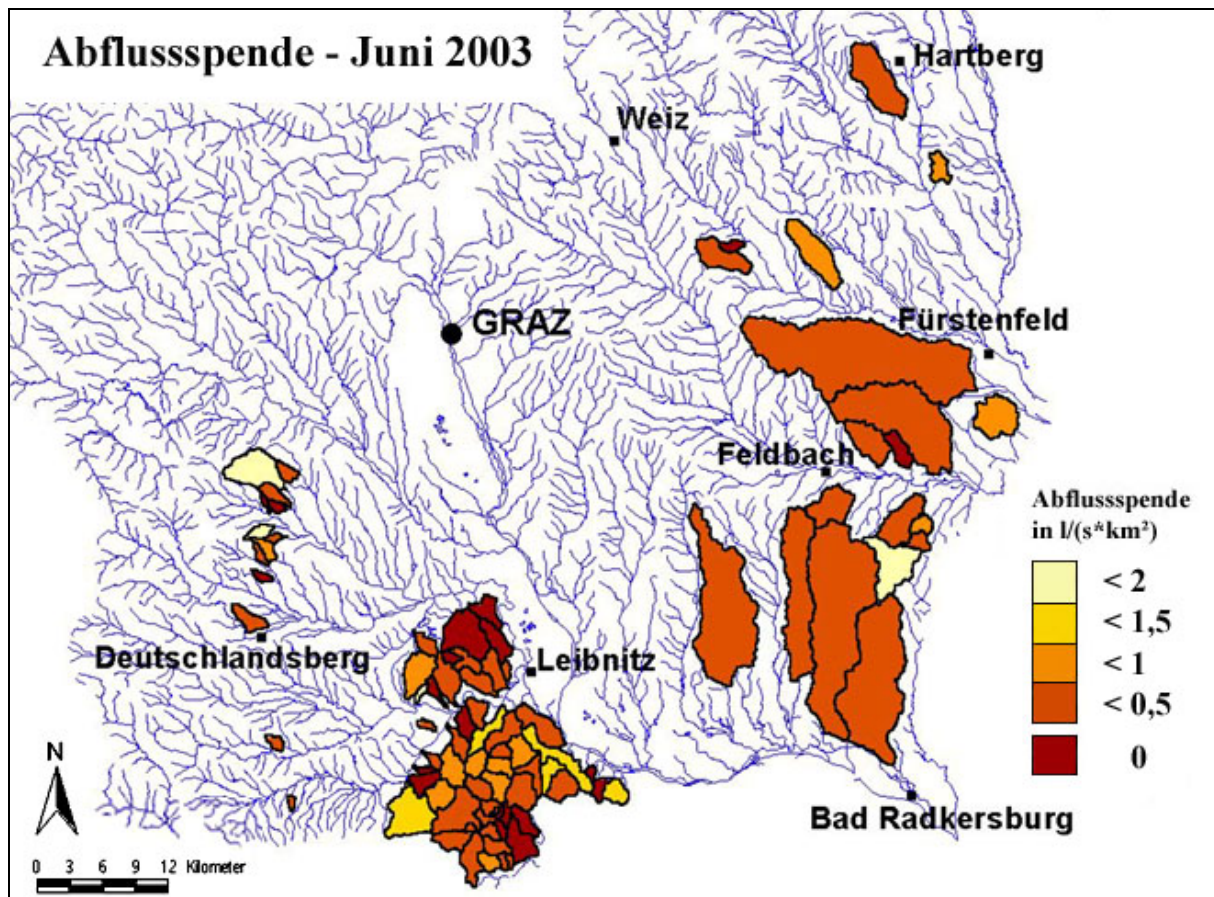


Abbildung 5-7: Die Abflusssspenden der Teileinzugsgebiete, Juni 2003

Die Abflusssspenden der Teileinzugsgebiete im Juni 2003 zeigen extrem niedrige Werte. In keinem der Gebiete erreichte die Abflusssspende eine Höhe von $2 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$. Verglichen mit den Ergebnissen von Dezember 2002, wo sich die kleinste Abflusssspende auf $1,5 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ beläuft (Grazbach, Oststeiermark) und die höchste auf $17,6 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ (Fahrenbach/oben, Südsteiermark), ist die maximale Abflusssspende im Juni 2003 nur $1,9 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ - und selbst dieser Wert scheint nur zweimal auf, am Sierlingbach (7w) und Lendva (5e). Viele der Bäche waren sogar zur Gänze ausgetrocknet oder hatten solch minimale Abflussmengen (z.B. $0,1 \text{ l/s}$), dass die Abflusssspendenberechnung ein Nullergebnis einbrachte, darunter: Schirkabach (1s), Maggabach (2s), Pichelgrabenbach (8s), Nestelbach (s11), Zaufengrabenbach (x2/12As), Katzengrabenbach (22s), Ewitschbach (23s), Ratzenbergbach (34s), Kriegerbach (35s), Fötschachbach oben (51s, 52s), Schlattenbach (11e) und Polstergraben (17e), 5w (unbenanntes Gerinne), Greisbach (6w), sowie der Furthnerbach (11w). Wie es auch die Abbildung 5-7 zeigt hatten fast alle gemessenen Gewässer der Oststeiermark eine Abflusssspende von unter $0,5 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$. Eine große Ausnahme stellt die Lendva (5e) dar, mit $1,9 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$, wobei hier die Annahme besteht, dass Zuleitungen der Grund für die außergewöhnlich hohe Abflussmenge sind.

6 Mögliche Ursachen für die unterschiedlichen Abflussmengen

6.1 Klima

Es werden die wichtigsten Einflussfaktoren angeführt, der Niederschlag und die Verdunstung.

6.1.1 Niederschlag

Als Haupteinflussfaktor für den Abfluss gilt der Niederschlag (siehe Kapitel 2.3.5). Die folgenden Niederschlagskarten zeigen die Verteilung des Niederschlags in den Weinbaugebieten der Steiermark und Umgebung. Zuerst werden die mittleren Jahressummen (1971 bis 1995) dargestellt (Abbildung 6-1). Die Niederschlagssummen liegen zwischen Werten von <750mm und ≥ 1100 mm.

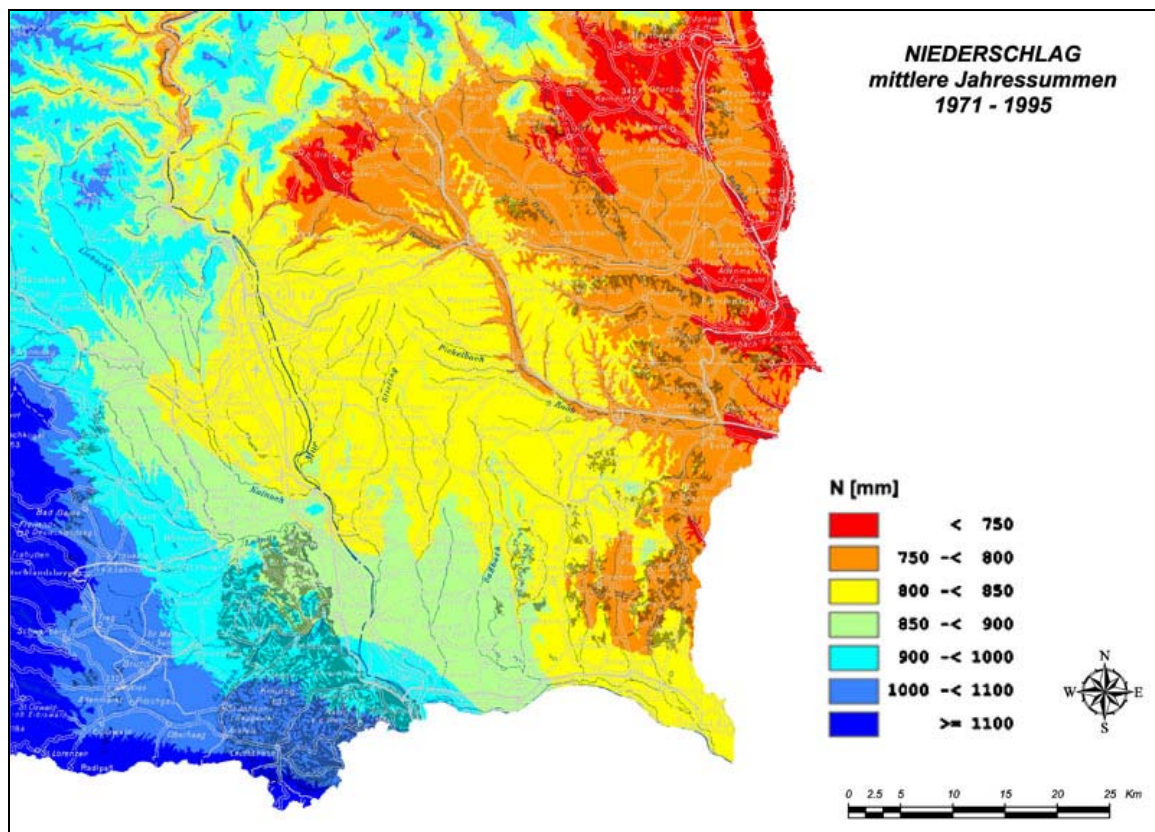


Abbildung 6-1: Mittlere Jahressummen des Niederschlages 1971 – 1995 (FANK, J., H. ZETINIGG, B. GRÜNER, S. STEINBAUER, M. HASENHÜTTL, L. SCHLEICHER 2003)

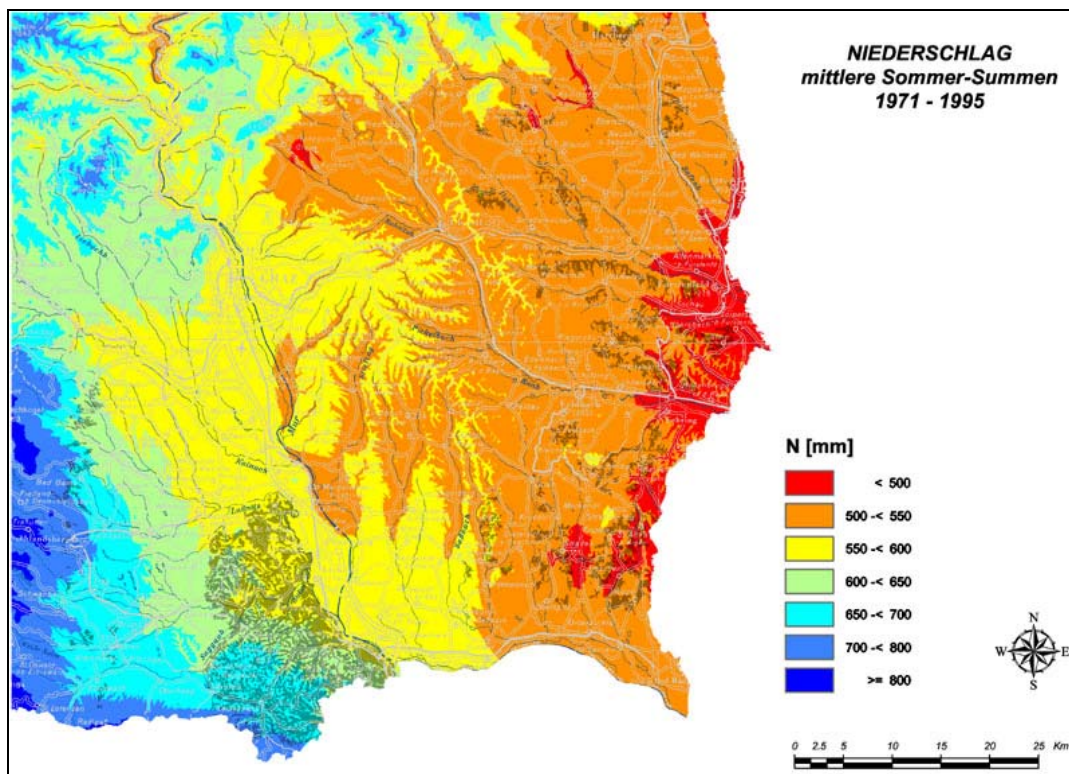
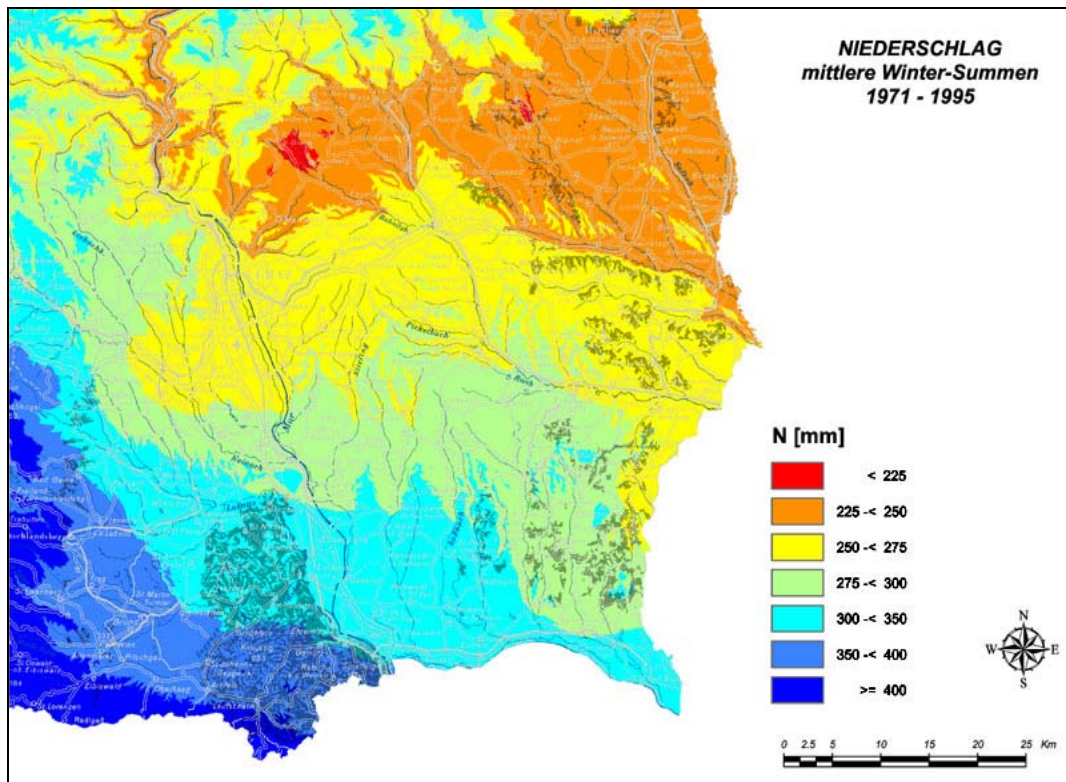


Abbildung 6-2: Oben (A): Mittlere Winter-Summen des Niederschlags 1971 – 1995; unten (B): Mittlere Sommer-Summen des Niederschlags 1971 – 1995 (FANK, J., H. ZETINIGG, B. GRÜNER, S. STEINBAUER, M. HASENHÜTTL, L. SCHLEICHER 2003)

Der Vergleich mit den Niederschlagskarten ist zulässig, da die Abflussmessungen während Extremereignissen stattfanden (überdurchschnittlich viel Niederschlag vor der Messtour I im Dezember 2002 und extreme Trockenheit bei der Messtour II im Juni 2003) und die Niederschlagskarten ein regionales Extrembild darstellen. Bei Ansicht der Niederschlagskarten erkennt man die unterschiedlichen Niederschlagsmengen der beiden Jahreshälften sowie die Verschiebung der Niederschlagszonen zwischen Winter und Sommer.

Gut erkennbar ist das West-Ost-Gefälle des Niederschlages. Der mittlere Jahresniederschlag fällt im Westen am stärksten aus und nimmt gegen Osten hin zunehmend ab. Die Abbildung 6-2 zeigt zusätzlich die mittlere Niederschlagsverteilung im Winter und im Sommer. Diese kann besonders gut für den Vergleich mit den Ergebnissen der Abflussmessungen herangezogen werden.

Vergleicht man die Abflussspenden der Teileinzugsgebiete (Kap.5.2.2) und die Abflussspendenkarten (Kap.5.2.1) mit dieser Übersicht, so zeigt sich eine starke Ähnlichkeit bezogen auf die Höhen der errechneten Abflussspenden des Untersuchungsgebietes. Bei den Ergebnissen der ersten Messtour (siehe Abbildung 5-6) sind die Abflussspenden im Westen am höchsten und im Osten am niedrigsten. Die Südsteiermark stellt dabei ein Übergangsgebiet dar. Das bereits Bekannte wird bestätigt, nämlich die damit zusammenhängende Niederschlagsverteilung in diesen Gebieten. Es besteht eine eindeutige Abhängigkeit der Abflussspenden vom Niederschlag.

Bei den Ergebnissen der zweiten Messtour treten aufgrund der ohnehin minimalen Abflussspenden kaum Unterschiede zwischen West- und Oststeiermark auf, da zu dieser Zeit grundsätzlich extreme Trockenheit vorherrschte.

6.1.2 Verdunstung

An dieser Stelle sei auf die Arbeit von M. HASENHÜTTL verwiesen, in welcher der Verdunstungsprozess und die mittlere Jahressumme der potentiellen Evapotranspiration (mm) der Weinbaugebiete der Steiermark besprochen werden. (FANK, J., H. ZETINIGG, B. GRÜNER, S. STEINBAUER, M. HASENHÜTTL, L. SCHLEICHER 2003). In diesem Abschnitt sei nur erwähnt, dass eindeutig eine Abhängigkeit der ET_p von der Seehöhe

gegeben ist. Wenn es auch Unterschiede zwischen den berechneten Werten von HAUDE und PENMAN gibt, so zeigen die Ergebnisse klar, dass die ET_p mit zunehmender Höhe geringer wird.

6.2 Boden

Vergleiche dazu auch: BERNHART u. LUTTENBERGER (2003).

Die Böden haben je nach Sand-, Schluff- und Tonanteil ein unterschiedliches Wasserspeichervermögen (siehe Tabelle 5) und daher Einfluss auf das Abflussverhalten. Von der Wasserdurchlässigkeit (in cm/Tag) hängt die Geschwindigkeit ab, mit der sich das Wasser durch den Boden bewegt.

	Hoher Sandanteil	Hoher Schluffanteil	Hoher Tonanteil
Eigenschaften	(leichter Boden)	(mittelschwerer Boden)	(schwerer Boden)
Wasserdurchlässigkeit	hoch	mittel	gering
Wasserspeichervermögen	gering	hoch, hoher Anteil an nutzbarem Wasser	sehr hoch, hoher Anteil an Totwasser

Tabelle 5: Wasserdurchlässigkeit und Wasserspeichervermögen der verschiedenen Böden (Nach: BERNHART u. LUTTENBERGER 2003, S. 54)

Das über Niederschläge oder Kondensation eindringende Wasser wird entweder als Haftwasser im Boden festgehalten oder gelangt nach Versickerung in tiefere Bodenschichten bis ins Grundwasser. Die Fähigkeit Wasser vorübergehend zu speichern (Wasserrückhaltevermögen), ist in den Böden unterschiedlich ausgeprägt. Für die Grundwasserneubildung und für das Wasserrückhaltevermögen eines Bodens ist in erster Linie die Korngrößenzusammensetzung der einzelnen Bodenteilchen entscheidend. Die Kenndaten des Wasserspeichervermögens sind die Feldkapazität (gesamtes Bodenwasser) und die nutzbare Feldkapazität, wobei die Feldkapazität jene Wassermenge beschreibt, die ein Boden nach vollständiger Sättigung zwei bis drei Tage halten kann, und die nutzbare Feldkapazität das für die Pflanzen verfügbare Wasser darstellt. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über das unterschiedliche Wasserspeichervermögen der verschiedenen Bodenarten (Angaben in l/m^2 für 1m Profiltiefe).

Bodenart	Pflanzenverfügbares	Totwasser	Feldkapazität
	Wasser (nutzbare Feldkapazität - nFK)		
Sand	70	30	100
schwach lehmiger Sand	110	40	150
lehmiger Sand	140	60	200
stark lehmiger Sand	180	70	250
sandiger Lehm	200	100	300
Lehm	200	150	350
lehmiger Ton	170	230	400
Ton	130	320	450

Tabelle 6: Das unterschiedliche Wasserspeichervermögen der verschiedenen Bodenarten (EISENHUT 1990, zitiert in BERNHART u. LUTTENBERGER 2003, S. 57)

Vergleicht man nun diese Angaben (Tabelle 5 + 6) mit dem Untersuchungsgebiet, so lassen sich die unterschiedlichen Abflussspenden damit in Verbindung bringen. (Böden des Untersuchungsgebietes siehe Kapitel 3.2). Zum Beispiel liegen die oberen Teile des Pößnitzbaches (Messstellen 42s bis 45s) sowie auch der Heiligengeistbach (40s) und der Schlossbergbach (41s) in einem Gebiet, in dem eher lehmig schluffige Böden vorherrschen. Die errechneten Abflussspenden der Messtour I (Dezember 2002) ergeben für diese Messstellen Werte von durchschnittlich 7-8 l/(s*km²). In einem Gebiet mit vorwiegend sandigen Schluffen wie im nordöstlichen Teil des Gebietes Südsteiermark (z.B. Messstellen 12s, 16s, 17s) liegen die Abflussspenden dagegen bei Werten von rund 10 l/(s*km²), somit um gut 25% höher als an den zuvor genannten Messstellen.

6.3 Tiefdrainagen

Durch die intensive Nutzung und Bebauung des Untersuchungsgebietes kommt es auch zu vielen Zu- und Ableitungen, die den natürlichen Abfluss beeinflussen.

Im Untersuchungsgebiet sind Hangrutschungen nach großem Niederschlag geologisch bedingt. Die Stabilisierung dieser Rutschungen in dem geschichteten Boden erfolgt durch Tiefdrainung (Flächenstabilisierung), wobei im Zuge dieser Flächenstabilisierung auch eine Geländekorrektur vorgenommen wird. Erst in den letzten Jahren wurden Behälter eingesetzt, um Wasser zu sammeln (oder Teiche), um in niederschlagsarmen Zeiten zu bewässern, jedoch

werden bis jetzt selten Tiefdrainagenwässer für die Bewässerung genutzt. Meist wird das Wasser in einem Brunnen gesammelt und der Überlauf in den nächsten Vorfluter geleitet. Die Böden bestehen meist aus jüngerem Tertiär mit schichtenweise aufgebauten Lagen von tonigem Schluff, sandigem Schluff und schluffigem Sand, dabei variieren die Schichten zwischen wenigen Dezimetern und mehreren Metern. An der Grenzfläche zwischen tonigem und sandigem Schluff besteht ein dünner Wasserfilm, dadurch kommt es zu einem beachtlichen Wasserdruck. In rund 4 bis 15m undurchlässigem tonigem Schluff finden Massenbewegungen größeren Ausmaßes statt. Tiefdrainagen gibt es schon seit lange vor dem 1. Weltkrieg, dabei wurden Hangstabilisierungen mittels Tonrohrdrainagen mit Ringüberdeckung durchgeführt. Seit den 70er Jahren gibt es größere Kettenbagger, die tiefere Drainagen möglich machten. Bis vor 15 Jahren wurden auf 10m und mehr unter freier Abböschung Tonrohre verlegt. Dafür war ein großer Erdaushub erforderlich. Seit 1985 entwickelte sich die sogenannte Gleitschalung. (Ein 2,5 m langer Fuß an dessen Vorderseite ein Ring zum Nachziehen mit dem Zahn der Baggerschaufel angebracht ist. An der Hinterseite befindet sich eine Öffnung zum Ausrieseln von Kies und Schotter und ein Auslass für den Dränschlauch.) Meist werden Tiefdrainagen in Auftrag gegeben, wenn ein Weingarten ein Alter erreicht hat, wo er ausgetauscht werden muss. Mit dem Bau wird nach der Ernte im Herbst begonnen, die Fertigstellung erfolgt meist im Frühjahr, mit der Neuanlegung von Weingärten. Zur Zeit gibt es im Bezirk Leibnitz allein 1029 Drainagierungen und im Bezirk Feldbach sind es 1986. Vergleiche dazu auch: FANK, J., H. ZETINIGG, B. GRÜNER, S. STEINBAUER, M. HASENHÜTTL, L. SCHLEICHER (2003).

7 Schlussfolgerungen

Mittels der Abflussmessungen bei Niedrigwasserverhältnissen und der Auswertung der Ergebnisse sowie ihrer Darstellung konnte ein guter Überblick über die hydrologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet zu den beiden Messterminen geschaffen werden. Er liefert Aufschluss über die Grundwasserreserven in den Weinbaugebieten der Steiermark.

Für die beiden Messtermine wurden Übersichtskarten der Abflussspenden aller Teileinzugsgebiete erstellt, wobei die der ersten Messreihe von Dezember 2002 einen guten Überblick über die Unterschiede zwischen der West- und Oststeiermark lieferte. Diese Karte bestätigt, dass der Osten aufgrund der trockeneren Verhältnisse wesentlich niedrigere Abflussspenden aufweist als der Westen.

Eine Abflussspenden-Seehöhen Beziehung konnte nach den Abflussmessungen der ersten Messtour im Dezember 2002 mittels dem Höhenmodell für verschiedene Teilgebiete des größten zusammenhängenden Weinbaugebietes der Steiermark - der Südsteiermark - ermittelt werden. Dazu zählen das Einzugsgebiet des Wellingbaches, Teile des Einzugsgebietes des Pößnitzbaches und vorrangig das Einzugsgebiet des Gamlitzbaches. Bei der zweiten Messtour im Juni 2003 herrschte extreme Trockenheit, dennoch konnte auch hier mittels der Abflussmessergebnisse eine Abflussspendenkarte für das Einzugsgebiet des Gamlitzbaches erstellt werden.

Die Abflussmessungen der ersten Messtour brachten ein bereits bekanntes Ergebnis, nämlich dass zwischen Abflussspende und Seehöhe eine eindeutige Beziehung vorliegt. Die Abflussspende nimmt mit der Höhe zu, vorwiegend aufgrund von höherem Niederschlag und geringerer Verdunstung in der Höhe. Das überraschende und bedeutende Ergebnis resultierte aus den Abflussmessungen der zweiten Messtour, bei der sich eine Umkehr der Abflussspenden-Höhen-Beziehung herausstellte. Dies ist für die Frage der vorhandenen Grundwasserreserven eine entscheidende Erkenntnis. Das Ergebnis der Messtour von Juni 2003 zeigt, dass in derartigen Extremsituationen auch extrem niedrige Abflussspenden auftreten. Wenn es sehr trocken ist, gibt es keine Ressourcen mehr - weder für die Bewässerung noch für die Trinkwasserversorgung. Es zeigt auch, dass Tiefdrainagen in solchen extremen Trockenzeiten keine Wirkung mehr haben, das heißt Wasser aus

Tiefdrainagenentwässerung steht bei extremen Niedrigwasserverhältnissen für die Weinbaubewässerung praktisch nicht zur Verfügung.

Das Ergebnis dieser Einzelmessung führt zu dem eindeutigen Schluss, dass eine Bewässerung von außen zugeführt werden muss (Zuleitungen). Hier ist die regionale und überregionale Wasserwirtschaft gefordert, die Grundbedürfnisse in diesen vor allem touristisch relevanten Gebieten der Steiermark abzudecken.

Für die unterschiedlichen Abflussspenden gibt es mehrere Ursachen. Als Hauptgründe können die unterschiedliche Niederschlagsverteilung im Untersuchungsgebiet, die Verdunstungsunterschiede der verschiedenen Höhen, das unterschiedliche Speichervermögen der einzelnen Bodenarten, sowie Abflusseinflüsse durch Tiefdrainagen im Untersuchungsgebiet genannt werden. Hierbei soll erwähnt werden, dass beim Ursachen-Wirkungsgefüge in erster Näherung keine genauen Angaben getroffen werden konnten und daher die möglichen Erklärungen eher allgemein gehalten wurden. Weitere Nachforschungen sind erforderlich, um die Wirkung aller potentiellen Einflussfaktoren exakter beschreiben zu können.

Literaturverzeichnis

- ADAM, Ch., GLÄSSLER, W., HÖLTING, B.: Hydrogeologisches Wörterbuch. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart, 2000.
- BAUMANN, H., SCHENDEL, U., MANN, G.: Wasserwirtschaft in Stichworten. Hirth Verlag. Kiel, 1974.
- BAUMGARTNER, A., LIEBSCHER, H. J.: Allgemeine Hydrologie, Quantitative Hydrologie, Lehrbuch der Hydrologie 1. Gebr. Borntraeger. Berlin, 1990.
- BEITRÄGE ZUR HYDROGRAPHIE ÖSTERREICHS, Heft 57. Wien, 1995.
- BENISCHKE, R., DALLA-VIA, A., DOBESCH, H., FABIANI, E., FANK, J., FUCHS, K., HARUM, T., LEDITZKY, H.P., REINSDORFF, S., SACCON, P., SCHMID, Ch., SCHÖN, J., YEHDHEGO, B., ZOJER, H.: Wasserversorgungsplan Steiermark.- Unveröff. Bericht JOANNEUM RESEARCH, Institut für Hydrogeologie und Geothermie, Graz, 2001.
- BERHART, A., FANK, J.: Bodenwasserhaushalt in steirischen Weinbaugebieten. Druck: Land Steiermark, Landesbaudirektion, Stabsstelle GIS (Projektarbeit), Bodenkarte der Weinbaugebiete für die Südsteiermark, Oststeiermark und Weststeiermark, 2002.
- BENISCHKE, R., HARUM, T.: Computergesteuerte Abflussmessungen in offenen Gerinnen nach der Tracerverdünnungsmethode (Integrationsverfahren). In: Steirische Beiträge zur Hydrogeologie 36, 1984.
- BERNHART, A., LUTTENBERGER, W.: Wein und Boden. Stocker Verlag. Graz, 2003.
- DYCK, S., PESCHKE, G.: Grundlagen der Hydrologie. Dritte Auflage. Verlag für Bauwesen. Berlin, 1995.
- FANK, J.: Hydrogeographie III – Einführung in Methoden der Grundwasser-Hydrologie und deren Anwendung anhand praktischer Beispiele. - Unveröff. Skriptum zur Vorlesung

Hydrogeographie III am Institut für Geographie und Raumforschung – Karl-Franzens-Universität Graz, 1999.

FANK, J.: Einzugsgebietshydrologie. Unveröff. Skriptum zur Vorlesung
Einzugsgebietshydrologie am Institut für Geographie und Raumforschung – Karl-Franzens-Universität Graz, 2001

FANK, J., H. ZETINIGG, B. GRÜNER, S. STEINBAUER, M. HASENHÜTTL, L. SCHLEICHER: Bodenwasserhaushalt in Weinbaugebieten der Steiermark –
Erarbeitung eines hydrologischen Atlas der Weinbaugebiete. Unveröff. Ber. Inst. f. Geographie u. Raumforschung. Graz, 2003 (in Arbeit).

GRÜNEWALD, U. [Hrsg.] : Wasserwirtschaft und Ökologie. Taunusstein : Blottner, 1994

HERMANN, R.: Einführung in die Hydrologie. B. G. Teubner, Stuttgart, 1977.

KREPS, H.: Praktische Arbeit in der Hydrographie. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wien, 1975.

LESER, H., (Hrsg.): DIERCKE - Wörterbuch Allgemeine Geographie. Deutscher Taschenbuch Verlag, 1997.

LIEB, G.: Landschaftsgliederung und Standortverhältnisse Steiermark. Graz, 1985

MATTHESZ, G.: Lehrbuch der Hydrogeologie Bd. 2., Die Beschaffenheit des Grundwassers. Berlin, Stuttgart, 1990.

MURAWSKI, H.: Geologisches Wörterbuch. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1992.

MÜLLER, T.: Wörterbuch und Lexikon der Hydrogeologie. Springer Verlag, Berlin, 1999.

PASCHINGER, H.: Steiermark, Steirisches Randgebirge, Grazer Bergland, Steirisches Riedelland. – Sammlung geographischer Führer Bd. 10, Gebrüder Borntraeger, Berlin/Stuttgart, 1974.

RICHTER, W., LILLICH, W.: Abriss der Hydrogeologie. Stuttgart, 1975.

SCHRIFTENREIHE ZUR WASSERWIRTSCHAFT: Niederwasser, 1997.

SCHROEDER, D.: Bodenkunde in Stichworten. Verlag Ferdinand Hirt, Kiel, 1972.

WAKONIGG, H.: Witterung und Klima der Steiermark. Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Universität Graz. Verlag für die Technische Universität Graz, 1978.

WILHELM, F.: Hydrogeographie, Das Geographische Seminar. Westermann Verlag, Braunschweig, 1997.

WUNDT, W.: Gewässerkunde. Springer Verlag, Berlin, 1953.

Kartenwerke

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, ÖK 1: 50.000

1990, BL 166 Fürstenfeld

1990, BL 192 Feldbach

1990, BL 209 Bad Radkersburg

1990, BL 208 Mureck

1990, BL 136 Hartberg

1990, BL 190 Leibnitz

1990, BL 207 Arnfels

1990, BL 189 Deutschlandsberg

1990, BL 206 Eibiswald

FLÜGEL H.W., NEUBAUER, F.: Geologische Karte der Steiermark. 1: 200.000. Geologische Bundesanstalt. Wien, 1984

Anhang I

Morphometrische Kennzahlen

Ergebnisse der Abflussmessungen

Morphometrische Kennzahlen

Südsteiermark (s)

Messtelle	Gewässer	proj. EZG-Fl.	proj. EZG-Fl.	wahre EZG-Fl.	wahre EZG-Fl.
Nr.:	Name:	Sub-EZG.[km ²]	Teil-EZG[km ²]	Sub-EZG.[km ²]	Teil-EZG [km ²]
1	Schirkabach	4,57	4,57	4,64	4,64
2	Maggabach	5,19	5,19	5,25	5,25
3	Kogelbergbach	1,10	1,10	1,16	1,16
4	Muggenaubach,a	18,20	5,05	18,49	5,17
5	Muggenaubach,b	13,14	13,14	13,32	13,32
6	Wellingbach,a	9,70	4,70	10,03	4,84
7	Wellingbach,b	5,00	3,57	5,20	3,70
8	Pichelgrabenbach	1,44	1,44	1,50	1,50
9	Fahrenbach,a	9,19	5,15	9,45	5,25
10	Fahrenbach,b	4,05	4,05	4,20	4,20
11	Nestelbach	3,59	3,59	3,67	3,67
x1(11A)	Altbach	3,69	3,69	3,72	3,72
12	Kroisgrabenbach	6,92	6,92	7,27	7,27
x2(12A)	Zaufengrabenbach	1,91	1,91	1,99	1,99
13	Kleingrabenbach,a	9,82	3,56	10,20	3,65
14	Kleingrabenbach,b	6,25	6,25	6,56	6,56
15	Pleschenbach	1,10	1,10	1,12	1,12
16	Saubach	1,00	1,00	1,03	1,03
17	Kofuxbach	8,32	8,32	8,49	8,49
18	Neudorfbach	2,84	2,84	2,90	2,90
19	Retzneibach	14,16	8,24	14,42	8,33
20	Weissenbach	5,93	5,93	6,10	6,10
21	Spielfeldbach	3,84	3,84	3,91	3,91
22	Katzengrabenbach	2,19	2,19	2,26	2,26
23	Ewitschbach	0,96	0,96	0,97	0,97
24	Gamlitzbach,a	49,36	9,42	50,68	9,57
25	Ratscherbach,a	9,46	3,87	9,71	3,97
26	Ratscherbach,b	5,59	5,59	5,74	5,74
27	Steinbach,a	11,24	11,24	11,57	4,03
27A	Steinbach,b	7,31	7,31	7,54	7,54
28	Gamlitzbach,b	19,24	5,25	19,84	5,35
29	Krannachbach	2,07	2,07	2,17	2,17
30	Gamlitzbach,c	11,92	3,51	12,33	3,63
31	Gamlitzbach,d	8,41	4,51	8,70	4,66
32	Gamlitzbach,e	3,90	3,90	4,04	4,04
33	Gündorfgrabenbach	1,54	1,54	1,60	1,60
34	Ratzenbergbach	1,00	1,00	1,04	1,04
35	Kriegerbach	3,76	3,76	3,91	3,91
36	Pößnitzbach,a	60,23	14,28	62,73	14,79
37	Matschacherbach	5,45	5,45	5,77	5,77
x3(37A)	Pößnitzbach,b	45,95	11,93	47,94	12,39
38	Heiligengeistbach,a	14,58	0,69	15,44	0,71
39	Weißbach	4,68	4,68	4,99	4,99
40	Heiligengeistbach,b	9,21	6,55	9,74	6,89
41	Schlossbergbach	2,66	2,66	2,85	2,85
42	Pößnitzbach,c	6,90	1,92	7,16	1,97
43	Pößnitzbach,d	4,98	3,23	5,19	3,35

44	Siebenschusterbach	1,04	1,04	1,10	1,10
45	Pößnitzbach,e	0,71	0,71	0,74	0,74
46	Pessnitz	6,94	6,94	7,14	7,14
47	Glanzbach	3,64	3,64	3,74	3,74
48	Fötschachbach,a	7,09	1,87	7,24	1,90
49	Tirschbach	1,84	1,84	1,88	1,88
50	Fötschachbach,b	2,09	0,65	2,14	0,67
51	Fötschachbach,c	1,30	1,30	1,32	1,32
52	Fötschachbach,d	1,43	1,40	1,47	1,44

Oststeiermark (e)

Messstelle	Gewässer	proj. EZG-Fläche	wahre EZG-Fläche
Nr.:	Name:	EZG [km ²]	Sub=Teil-EZG. [km ²]
1	Ottersbach	57,40	58,01
2	Poppendorferbach	34,63	35,07
3	Sulzbach	79,77	80,54
4	Drauchenbach	60,69	61,04
5	Lendva	15,08	15,30
6	Gutendorferbach	2,75	2,83
7	Heißbach	2,72	2,82
8	Haselbach	10,83	11,04
9	Giemberbach	10,34	10,53
10	Kornbach	9,86	10,02
11	Schlattenbach	4,50	4,60
12	Grazbach	49,44	50,13
13	Brumbach	11,76	12,00
14	Rittschein	103,02	104,06
15	Gschmaierbach	13,13	13,27
16	Nitschabach	9,02	9,12
17	Polstergraben	1,84	1,86
18	Rohrbach	3,75	3,79
19	Löffelbach	19,67	19,84

Weststeiermark (w)

Messstelle	Gewässer	proj. EZG-Fläche	wahre EZG-Fläche
Nr.:	Name:	EZG [km ²]	Sub=Teil-EZG. [km ²]
1	Waschbachl	0,20	0,21
2	Sanibach	2,30	2,34
3	Lemsitz	12,91	13,27
4	Steinbach	2,85	2,91
5	unbenanntes Gerinne	1,27	1,29
6	Greisbach	0,78	0,80
7	Sierlingbach	2,28	2,35
8	Neurathbach	1,02	1,05
9	Vocherabach	2,36	2,42
10	Mittereggbach	1,32	1,36
11	Furthnerbach	1,22	1,24
12	Mittereggerbach	4,06	4,18
13	Etzendorf bach	1,56	1,60
14	Fuchsbauerbach	0,70	0,72

Südsteiermark (s)

Messstelle	Gewässer	Mittl. Seehöhe	Mittl. SH	Mittl. Neigung	Mittl. Neigung
Nr.:	Name:	Subezg [m]	Teilezg [m]	Subezg [°]	Teilezg [°]
1	Schirkabach	338	338	9,79	9,79
2	Maggabach	332	332	8,67	8,67
3	Kogelbergbach	395	395	19,20	19,20
4	Muggenaubach,a	341	328	10,16	12,13
5	Muggenaubach,b	345	345	9,39	9,39
6	Wellingbach,a	396	376	14,79	13,83
7	Wellingbach,b	414	398	15,67	15,38
8	Pichelgrabenbach	455	455	16,30	16,30
9	Fahrenbach,a	408	359	13,35	11,45
10	Fahrenbach,b	471	471	15,70	15,70
11	Nestelbach	349	349	12,16	12,16
x1(11A)	Altbach	314	314	6,78	6,78
12	Kroisgrabenbach	454	454	17,95	17,95
x2(12A)	Zaufengrabenbach	439	439	16,31	16,31
13	Kleingrabenbach,a	460	402	15,72	12,51
14	Kleingrabenbach,b	493	493	17,55	17,55
15	Pleschenbach	353	353	10,34	10,34
16	Saubach	402	402	13,70	13,70
17	Kofuxbach	392	392	11,74	11,74
18	Neudorfbach	382	382	10,83	10,83
19	Retzneibach	325	305	10,90	8,82
20	Weissenbach	352	352	13,73	13,73
21	Spielfeldbach	320	320	10,73	10,73
22	Katzengrabenbach	360	360	14,10	14,10
23	Ewitschbach	326	326	8,44	8,44
24	Gamlitzbach,a	384	326	13,11	10,16
25	Ratscherbach,a	387	367	13,15	13,26
26	Ratscherbach,b	400	400	13,05	13,05
27	Steinbach,a	415	415	13,63	13,63
27A	Steinbach,b	435	435	14,31	14,31
28	Gamlitzbach,b	394	336	14,13	11,05
29	Krannachbach	387	387	17,65	17,65
30	Gamlitzbach,c	422	390	14,81	14,88
31	Gamlitzbach,d	435	424	14,77	14,75
32	Gamlitzbach,e	448	448	14,67	14,67
33	Gündorfgrabenbach	444	444	14,62	14,62
34	Ratzenbergbach	402	402	15,93	15,93
35	Kriegerbach	401	401	16,25	16,25
36	Pößnitzbach,a	444	420	16,24	15,20
37	Matschacherbach	416	416	18,96	18,96
x3(37A)	Pößnitzbach,b	451	407	16,56	15,67
38	Heiligengeistbach,a	524	378	19,14	13,08
39	Weißbach	487	487	20,23	20,23
40	Heiligengeistbach,b	554	551	19,02	18,22
41	Schlossbergbach	559	559	20,66	20,66
42	Pößnitzbach,c	440	394	15,61	13,82
43	Pößnitzbach,d	457	421	16,34	15,48
44	Siebenschusterbach	535	535	18,25	18,25
45	Pößnitzbach,e	508	508	16,88	16,88

46	Pessnitz	392	392	13,70	13,70
47	Glanzbach	407	407	13,58	13,58
48	Fötschachbach,a	411	378	11,64	9,94
49	Tirschbach	419	419	11,98	11,98
50	Fötschachbach,b	428	405	13,17	12,20
51	Fötschachbach,c	416	416	10,63	10,63
52	Fötschachbach,d	441	441	13,48	13,48

Oststeiermark (e)

Messstelle	Gewässer	Mittl. Seehöhe	Mittl. Neigung
Nr.:	Name:	[m]	[°]
1	Ottersbach	335	8,32
2	Poppendorferbach	313	9,07
3	Sulzbach	314	7,94
4	Drauchenbach	298	6,17
5	Lendva	329	9,79
6	Gutendorferbach	341	13,24
7	Heißbach	352	14,97
8	Haselbach	328	11,12
9	Giemberbach	346	10,95
10	Kornbach	331	10,40
11	Schlattenbach	324	11,42
12	Grazbach	325	9,51
13	Brumbach	308	11,41
14	Rittschein	331	8,12
15	Gschmaierbach	362	8,36
16	Nitschabach	392	8,71
17	Polstergraben	390	8,52
18	Rohrbach	372	8,76
19	Löffelbach	430	7,58

Weststeiermark (w)

Messstelle	Gewässer	Mittl. Seehöhe	Mittl. Neigung
Nr.:	Name:	[m]	[°]
1	Waschbachl	487	13,00
2	Sanibach	423	10,58
3	Lemsitz	681	13,54
4	Steinbach	488	11,74
5	unbenanntes Gerinne	422	11,92
6	Greisbach	513	13,01
7	Sierlingbach	616	14,50
8	Neurathbach	517	13,70
9	Vocherabach	551	13,02
10	Mittereggbach	546	12,99
11	Furthnerbach	436	9,41
12	Mittereggerbach	503	13,77
13	Etzendorf bach	427	12,07
14	Fuchsbauerbach	431	13,99

Messtour I (17.-22.12.2002) – Ergebnisse

Südsteiermark (s)

	Abfluss	Abfluss			Abflussspende		
Messstelle	Q/Sub	Q/Teil	Messart	Messdatum	q	q SubEZG	q (korrigiert)
Nr.:	l/s	l/s			l/(s*km ²)	l/(s*km ²)	l/(s*km ²)
1	19,4	19,4	Flügel	19.12.2002	4,2	4,2	4,2
2	25,2	25,2	Flügel	19.12.2002	4,8	4,8	4,8
3	9,8	9,8	Tracer	18.12.2002	8,4	8,4	8,4
4	132,6	50,9	Flügel	19.12.2002	9,8	7,2	9,8
5	81,7	81,7	Flügel	19.12.2002	6,1	6,1	6,1
6	82,2	37,3	Tracer	18.12.2002	7,7	8,2	7,7
7	44,9	30,5	Tracer	18.12.2002	8,2	8,6	8,2
8	14,4	14,4	Tracer	18.12.2002	9,6	9,6	9,6
9	161,0	87,0	Flügel	17.12.2002	16,6	17,0	16,6
10	74,0	74,0	Flügel	17.12.2002	17,6	17,6	17,6
11	34,1	34,1	Tracer	18.12.2002	9,3	9,3	9,3
x1(11A)	29,1	29,1	Tracer	18.12.2002	7,8	7,8	7,8
12	72,3	72,3	Flügel	18.12.2002	9,9	9,9	9,9
x2(12A)	5,1	5,1	Gefäß	18.12.2002	2,6	2,6	2,6
13	156,2	48,4	Flügel	18.12.2002	13,3	15,3	13,3
14	107,8	107,8	Flügel	18.12.2002	16,4	16,4	16,4
15	10,8	10,8	Tracer	18.12.2002	9,6	9,6	9,6
16	11,1	11,1	Tracer	18.12.2002	10,8	10,8	10,8
17	86,8	86,8	Flügel	18.12.2002	10,2	10,2	10,2
18	33,3	33,3	Flügel	19.12.2002	11,5	11,5	11,5
19	117,6	58,1	Flügel	17.12.2002	7,0	8,2	7,0
20	59,5	59,5	Flügel	17.12.2002	9,8	9,8	9,8
21	36,2	36,2	Flügel	17.12.2002	9,3	9,3	9,3
22	25,5	25,5	Tracer	17.12.2002	11,3	11,3	11,3
23	8,4	8,4	Flügel	17.12.2002	8,6	8,6	8,6
24	498,2	127,4	Flügel	18.12.2002	13,3	9,8	9,8
25	83,3	31,9	Flügel	18.12.2002	8,0	8,6	8,0
26	51,4	51,4	Tracer	18.12.2002	9,0	9,0	9,0
27	86,8	86,8	Flügel	18.12.2002	7,5	7,5	8,3
28	200,7	36,1	Flügel	18.12.2002	6,7	10,1	6,7
29	16,8	16,8	Tracer	18.12.2002	7,7	7,7	7,7
30	147,8	41,7	Flügel	18.12.2002	11,5	12,0	12,0
31	106,1	55,9	Flügel	18.12.2002	12,0	12,2	12,0
32	50,1	50,1	Tracer	18.12.2002	12,4	12,4	12,4
33	23,7	23,7	Flügel	18.12.2002	14,9	14,9	14,9
34	14,5	14,5	Flügel	18.12.2002	13,9	13,9	13,9
35	47,5	47,5	Flügel	18.12.2002	12,1	12,1	12,1
36	732,7	206,1	Flügel	18.12.2002	13,9	11,7	11,7
37	76,3	76,3	Tracer	18.12.2002	13,2	13,2	13,2
x3(37A)	526,6	254,0	Flügel	18.12.2002	20,5	11,0	11,0
38	84,2	3,4	Tracer	18.12.2002	4,8	5,5	5,5
39	15,4	15,4	Tracer	18.12.2002	3,1	3,1	4,8
40	65,4	40,4	Tracer	18.12.2002	5,9	6,7	6,7
41	25,0	25,0	Tracer	18.12.2002	8,8	8,8	7,9

42	54,1	14,8	Tracer	18.12.2002	7,5	7,6	7,6
43	39,3	19,1	Tracer	18.12.2002	5,7	7,6	8,3
44	14,4	14,4	Tracer	18.12.2002	13,1	13,1	11,8
45	5,8	5,8	Tracer	18.12.2002	7,8	7,8	8,6
46	51,3	51,3	Flügel	17.12.2002	7,2	7,2	7,2
47	29,6	29,6	Flügel	17.12.2002	7,9	7,9	7,9
48	58,0	14,4	Tracer	18.12.2002	7,6	8,0	8,0
49	15,4	15,4	Tracer	18.12.2002	8,2	8,2	8,2
50	18,1	4,5	Tracer	18.12.2002	6,7	8,5	8,5
51	10,1	10,1	Tracer	18.12.2002	7,7	7,7	7,7
52	13,6	13,6	Tracer	18.12.2002	9,4	9,2	9,4

Oststeiermark (e)

Messstelle	Abfluss		Messart	Messdatum	Abflussspende		q (korrigiert)
Nr.:	Q				q		q (korrigiert)
	l/s				l/(s*km ²)		l/(s*km ²)
1	174,5		Flügel	20.12.2002	3,0		3,0
2	116,7		Flügel	20.12.2002	3,3		3,3
3	233,2		Flügel	20.12.2002	2,9		2,9
4	189,3		Flügel	20.12.2002	3,1		3,1
5	62,2		Flügel	20.12.2002	4,1		4,0
6	7,6		Flügel	20.12.2002	2,7		2,7
7	8,2		Flügel	20.12.2002	2,9		2,9
8	25,9		Flügel	20.12.2002	2,3		2,3
9	26,2		Flügel	20.12.2002	2,5		2,5
10	23,0		Flügel	22.12.2002	2,3		2,3
11	9,8		Flügel	22.12.2002	2,1		2,1
12	75,0		Tracer	22.12.2002	1,5		1,5
13	18,3		Flügel	22.12.2002	1,5		1,5
14	271,0		Tracer	22.12.2002	2,6		2,6
15	24,4		Flügel	22.12.2002	1,8		1,8
16	33,1		Flügel	22.12.2002	3,6		3,6
17	7,1		Flügel	22.12.2002	3,8		3,8
18	10,9		Flügel	22.12.2002	2,9		2,9
19	42,7		Flügel	22.12.2002	2,2		2,2

Weststeiermark (w)

Messstelle	Abfluss		Messart	Messdatum	Abflussspende		q (korrigiert)
Nr.:	Q				q		q (korrigiert)
	l/s				l/(s*km ²)		l/(s*km ²)
1	3,4		Gefäß	21.12.2002	16,6		16,6
2	20,4		Tracer	21.12.2002	8,7		8,7
3	193,0		Tracer	21.12.2002	14,5		14,5
4	38,2		Tracer	21.12.2002	13,1		13,1
5	15,6		Tracer	21.12.2002	12,1		12,1
6	9,8		Tracer	21.12.2002	12,3		12,3
7	30,0		Tracer	21.12.2002	12,8		12,8
8	10,8		Tracer	21.12.2002	10,3		10,3
9	31,2		Tracer	21.12.2002	12,9		12,9
10	20,2		Tracer	21.12.2002	14,9		14,9
11	10,2		Tracer	21.12.2002	8,2		9,1
12	52,8		Tracer	21.12.2002	12,6		12,6
13	17,8		Tracer	21.12.2002	11,2		11,2
14	9,4		Tracer	21.12.2002	13,0		13,0

Messtour II (17.-21.06.2003) – Ergebnisse

Südsteiermark

Messstelle	Abfluss	Abfluss	Messart	Messdatum	Abflussspende		q (korrigiert)
	Q/Sub	Q/Teil			q	q SubEZG	
Nr.:	l/s	l/s			l/(s*km ²)	l/(s*km ²)	l/(s*km ²)
1	0,0	0,0	trocken m.e.V.	20.06.2003	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	trocken	20.06.2003	0,0	0,0	0,0
3	0,5	0,5	Gefäß	20.06.2003	0,4	0,4	0,4
4	2,0	1,5	Gefäß+Schätzung	20.06.2003	0,3	0,1	0,3
5	0,5	0,5	Gefäß	20.06.2003	0,0	0,0	0,0
6	2,4	1,6	Flügel	20.06.2003	0,3	0,2	0,3
7	0,8	0,8	Gefäß	20.06.2003	0,2	0,2	0,2
8	0,0	0,0	trocken	20.06.2003	0,0	0,0	0,0
9	9,3	6,6	Tracer	20.06.2003	1,3	1,0	1,3
10	2,7	2,7	Tracer	20.06.2003	0,6	0,6	0,6
11	0,0	0,0	trocken	20.06.2003	0,0	0,0	0,0
x1(11A)	1,0	1,0	Gefäß	20.06.2003	0,3	0,3	0,3
12	3,3	3,3	Gefäß	20.06.2003	0,5	0,4	0,5
x2(12A)	0,0	0,0	trocken	20.06.2003	0,0	0,0	0,0
13	5,0	0,7	Gefäß	20.06.2003	0,2	0,5	0,2
14	4,3	4,3	Tracer	20.06.2003	0,7	0,7	0,7
15	0,6	0,6	Gefäß	20.06.2003	0,5	0,5	0,5
16	1,8	1,8	Gefäß	20.06.2003	1,7	1,7	1,7
17	8,4	8,4	Tracer	20.06.2003	1,0	1,0	1,0
18	0,6	0,6	Gefäß	20.06.2003	0,2	0,2	0,2
19	1,8	0,8	Gefäß	19.06.2003	0,1	0,1	0,1
20	1,0	1,0	Flügel	19.06.2003	0,2	0,2	0,2
21	6,0	6,0	Flügel	19.06.2003	1,5	1,5	1,5
22	0,0	0,0	trocken	19.06.2003	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	trocken m.e.V.	19.06.2003	0,0	0,0	0,0
24	39,2	11,8	Tracer	20.06.2003	1,2	0,8	1,2
25	7,6	5,4	Tracer	20.06.2003	1,4	0,8	0,8
26	2,2	2,2	Gefäß	20.06.2003	0,4	0,4	0,4
27	5,0	1,6	Gefäß	20.06.2003	0,1	0,4	0,4
27A	3,4	3,4	Gefäß	20.06.2003	0,5	0,5	0,5
28	14,8	5,2	Tracer	20.06.2003	1,0	0,7	1,0
29	0,9	0,9	Gefäß	20.06.2003	0,4	0,4	0,4
30	8,7	3,2	Gefäß	20.06.2003	0,9	0,7	0,9
31	5,5	4,2	Gefäß	20.06.2003	0,9	0,6	0,6
32	1,3	1,3	Gefäß	20.06.2003	0,3	0,3	0,3
33	0,2	0,2	Gefäß	20.06.2003	0,1	0,1	0,1
34	0,0	0,0	trocken	20.06.2003	0,0	0,0	0,0
35	0,0	0,0	trocken	20.06.2003	0,0	0,0	0,0
36	72,0	61,3	Tracer	20.06.2003	4,1	1,2	1,2
37	4,1	4,1	Tracer	20.06.2003	0,7	0,7	0,7
x3(37A)	23,9	6,2	Schätzung	20.06.2003	0,5	0,5	0,5
38	4,7	2,2	Gefäß	20.06.2003	3,1	0,3	0,3
39	0,3	0,3	Gefäß	20.06.2003	0,1	0,1	0,1
40	2,2	0,1	Gefäß	20.06.2003	0,0	0,2	0,2
41	2,1	2,1	Gefäß	20.06.2003	0,7	0,7	0,7

42	1,5	0,4	Gefäß	20.06.2003	0,2	0,2	0,2
43	1,1	0,7	Gefäß	20.06.2003	0,2	0,2	0,2
44	0,3	0,3	Gefäß	20.06.2003	0,3	0,3	0,3
45	0,1	0,1	Gefäß	20.06.2003	0,1	0,1	0,1
46	0,2	0,2	Gefäß	20.06.2003	0,0	0,0	0,0
47	0,1	0,1	Schätzung	20.06.2003	0,0	0,0	0,0
48	0,4	0,1	Gefäß	20.06.2003	0,1	0,1	0,1
49	0,2	0,2	Gefäß	20.06.2003	0,1	0,1	0,1
50	0,1	0,1	Gefäß	20.06.2003	0,1	0,0	0,1
51	0,0	0,0	trocken m.e.V.	20.06.2003	0,0	0,0	0,0
52	0,0	0,0	trocken m.e.V.	20.06.2003	0,0	0,0	0,0

Oststeiermark

Messstelle	Abfluss Q		Messart	Messdatum	Abflussspende q		q (korrigiert)
Nr.:	l/s				l/(s*km ²)		l/(s*km ²)
1	15,1		Flügel	17.06.2003	0,3		0,3
2	12,0		Flügel	17.06.2003	0,3		0,3
3	31,6		Flügel	17.06.2003	0,4		0,4
4	6,3		Flügel	17.06.2003	0,1		0,1
5	29,0		Flügel	18.06.2003	1,9		1,9
6	1,3		Gefäß	19.06.2003	0,5		0,5
7	2,2		Flügel	19.06.2003	0,8		0,8
8	1,8		Flügel	18.06.2003	0,2		0,2
9	1,2		Gefäß	18.06.2003	0,1		0,1
10	0,7		Gefäß	18.06.2003	0,1		0,1
11	0,1		Gefäß	18.06.2003	0,0		0,0
12	4,4		Flügel	18.06.2003	0,1		0,1
13	11,1		Tracer	19.06.2003	0,9		0,9
14	20,6		Tracer	19.06.2003	0,2		0,2
15	7,7		Flügel	19.06.2003	0,6		0,6
16	2,1		Gefäß	19.06.2003	0,2		0,2
17	0,0		trocken m.e.V.	19.06.2003	0,0		0,0
18	3,0		Flügel	19.06.2003	0,8		0,8
19	9,1		Flügel	19.06.2003	0,5		0,5

Weststeiermark

Messstelle	Abfluss Q		Messart	Messdatum	Abflussspende q		q (korrigiert)
Nr.:	l/s				l/(s*km ²)		l/(s*km ²)
1							
2	0,4		Gefäß	21.06.2003	0,2		0,2
3	22,6		Tracer	21.06.2003	1,7		1,7
4	0,3		Gefäß	21.06.2003	0,1		0,1
5	0,0		trocken	21.06.2003	0,0		0,0
6	0,0		trocken m.e.V.	21.06.2003	0,0		0,0
7	4,5		Tracer	21.06.2003	1,9		1,9
8	0,3		Gefäß	21.06.2003	0,3		0,3
9	1,9		Gefäß	21.06.2003	0,8		0,8
10	0,7		Gefäß	21.06.2003	0,5		0,5
11	0,0		trocken m.e.V.	21.06.2003	0,0		0,0
12	1,4		Gefäß	21.06.2003	0,3		0,3
13	0,4		Gefäß	21.06.2003	0,3		0,3
14	0,1		Gefäß	21.06.2003	0,1		0,1

Anhang II

Hydrographische Kennzahlen der Referenzpegel

Messtour I (17.-22.12.2002)

Mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in m³/s, Zeitraum 1976 - 1999

Pegel Tillmitsch, Lassnitz

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NQ	1,21	0,45	0,46	2,19	1,28	0,63	0,85	1,55	0,03	1,74	1,37	1,40
NQ_T	1,41	1,01	0,89	2,29	1,38	0,68	0,90	1,60	0,08	1,76	1,45	1,47
MNQ_T	2,63	2,62	2,74	3,46	3,18	2,99	2,72	2,72	2,58	3,06	3,33	3,17
NMQ	2,09	2,05	3,30	2,86	3,11	2,58	2,15	2,19	2,59	2,08	1,94	1,94
MQ	4,08	4,70	6,22	6,34	6,53	6,13	6,11	5,73	5,70	6,96	6,66	5,30
HMQ	7,74	15,70	12,50	20,40	16,60	16,90	22,50	18,80	15,10	23,10	20,10	16,70
MHQ	14,00	18,10	27,70	29,20	38,40	41,30	43,60	46,80	51,80	42,20	37,70	25,10
HQ	69,10	85,30	85,60	117,00	136,00	100,00	98,90	185,00	159,00	148,00	131,00	81,60

Monat	Messzeitraum	Jahreswerte			q [(l/(s*km ²))]		
		in m ³ /s	l/s Dez	l/s Jahr	Dezember	q Jahr	q Messung
	17.-19.12.2002						
NQ		0,03	1400	30	2,92	0,06	
NQ_T		0,08	1470	80	3,07	0,17	
MNQ_T		1,91	3170	1910	6,62	3,99	
NMQ		4,14	1940	4140	4,05	8,64	
MQ	7,84	6,41	5300	6410	11,06	13,38	16,37
HMQ		9,84	16700	9840	34,86	20,54	
MHQ		105,00	25100	105000	52,40	219,21	
HQ		185,00	81600	185000	170,35	386,22	

Mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in m³/s, Zeitraum 1951 - 1999

Pegel Leibnitz, Sulm

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NQ	2,55	2,50	3,35	2,16	1,25	0,97	1,10	1,38	1,29	2,44	2,17	3,56
NQ_T	2,82	2,65	4,50	3,15	1,38	3,33	2,20	2,35	2,20	3,00	4,00	4,11
MNQ_T	7,44	7,82	9,21	10,80	9,51	8,55	7,70	7,07	7,19	7,82	9,28	8,63
NMQ	4,42	4,25	6,20	4,81	4,40	5,86	3,45	3,79	4,27	4,48	4,98	5,52
MQ	11,40	13,30	19,50	19,60	17,60	18,30	17,00	14,60	15,00	16,50	18,80	14,80
HMQ	21,70	34,20	50,80	54,70	41,80	55,80	62,50	40,60	35,00	52,80	47,10	32,40
MHQ	31,70	39,40	70,80	71,30	74,20	98,80	92,30	86,00	96,60	82,70	82,60	53,20
HQ	132,00	173,00	242,00	360,00	328,00	400,00	360,00	361,00	327,00	343,00	350,00	200,00

Monat	Messzeitraum	Jahreswerte			q [l/(s*km ²)]		
		in m ³ /s	l/s Dez	l/s Jahr	Dezember	q Jahr	q Messung
	17.-19.12.2002						
NQ		0,97	3560	970	3,22	0,88	
NQ_T		1,38	4110	1380	3,72	1,25	
MNQ_T		4,87	8630	4870	7,80	4,40	
NMQ		8,41	5520	8410	4,99	7,60	
MQ	18,44	16,40	14800	16400	13,38	14,83	16,67
HMQ		26,80	32400	26800	29,29	24,23	
MHQ		214	53200	214000	48,10	193,49	
HQ		400	200000	400000	180,83	361,66	

Mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in m³/s, Zeitraum 1982 - 1999

Pegel Guendorf, Saggaubach

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NQ	0,20	0,29	0,22	0,50	0,23	0,18	0,12	0,11	0,15	0,26	0,32	0,23
NQ _T	0,20	0,34	0,23	0,52	0,26	0,19	0,13	0,12	0,16	0,29	0,34	0,43
MNQ _T	1,04	0,99	1,30	1,46	0,99	0,78	0,57	0,53	0,67	0,87	0,99	1,30
NMQ	0,48	0,73	0,83	0,81	0,58	0,40	0,25	0,35	0,36	0,74	0,88	0,69
MQ	2,46	1,80	3,77	4,00	3,11	2,65	2,13	1,74	2,42	2,90	3,22	3,37
HMQ	5,30	3,58	10,40	11,50	7,97	8,27	6,06	4,33	6,92	9,68	7,67	7,61
MHQ	11,40	5,59	17,00	17,80	29,60	33,10	26,10	25,70	31,60	29,40	28,70	21,00
HQ	35,80	11,80	47,70	61,50	107,00	78,00	83,50	58,90	126,00	83,90	86,90	102,00

Monat	Messzeitraum	Jahreswerte			q [(l/(s*km ²))]		
		in m ³ /s	l/s Dez	l/s Jahr	Dezember	q Jahr	q Messung
	17.-19.12.2002						
NQ		0,11	230	110	1,14	0,54	
NQ _T		0,12	430	120	2,13	0,59	
MNQ _T		0,37	1300	370	6,44	1,83	
NMQ		1,60	690	1600	3,42	7,92	
MQ		2,80	3370	2800	16,68	13,86	
HMQ	6,56	4,35	7610	4350	37,67	21,53	32,48
MHQ		75,30	21000	75300	103,96	372,77	
HQ		126,00	102000	126000	504,95	623,76	

Mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in m³/s, Zeitraum 1951 - 1999

Pegel Wies, weisse Sulm

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NQ	0,09	0,06	0,10	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02	0,05	0,09	0,08	0,07
NQ_T	0,22	0,25	0,34	0,25	0,19	0,19	0,17	0,15	0,26	0,25	0,31	0,22
MNQ_T	0,61	0,61	0,68	0,92	0,80	0,72	0,62	0,57	0,58	0,63	0,75	0,73
NMQ	0,41	0,42	0,45	0,37	0,45	0,40	0,36	0,33	0,38	0,37	0,49	0,36
MQ	0,94	0,95	1,29	1,66	1,58	1,52	1,46	1,21	1,28	1,32	1,42	1,14
HMQ	1,77	2,27	2,78	4,77	4,67	6,15	4,86	3,06	2,59	3,82	3,47	2,40
MHQ	2,99	3,34	5,51	6,71	9,29	13,10	13,40	13,30	12,70	10,40	8,85	5,20
HQ	9,97	14,00	20,20	38,20	42,90	66,00	48,00	43,00	42,80	37,00	32,10	26,70

Monat	Messzeitraum	Jahreswerte			q [(l/(s*km ²))]		
		in m ³ /s	l/s Dez	l/s Jahr	Dezember	q Jahr	q Messung
	21.12.2002						
NQ		0,02	70	20	1,00	0,29	
NQ_T		0,15	220	150	3,14	2,14	
MNQ_T		0,35	730	350	10,43	5,00	
NMQ		0,69	360	690	5,14	9,86	
MQ	1,12	1,32	1140	1320	16,29	18,86	16,00
HMQ		2,15	2400	2150	34,29	30,71	
MHQ		27,00	5200	27000	74,29	385,71	
HQ		66,00	26700	66000	381,43	942,86	

Mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in m³/s, Zeitraum 1976 - 1999

Pegel Fluttendorf, Gnasbach

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NQ	0,09	0,12	0,17	0,06	0,09	0,05	0,03	0,02	0,02	0,05	0,06	0,09
NQ_T	0,17	0,17	0,22	0,17	0,11	0,07	0,03	0,02	0,03	0,06	0,08	0,09
MNQ_T	0,43	0,45	0,44	0,42	0,30	0,24	0,17	0,13	0,17	0,25	0,32	0,45
NMQ	0,36	0,34	0,28	0,26	0,23	0,31	0,15	0,09	0,08	0,14	0,12	0,24
MQ	0,91	1,05	1,30	0,93	0,83	0,81	0,73	0,55	0,63	0,80	1,07	1,06
HMQ	2,13	3,00	4,25	2,56	2,29	1,65	2,48	2,07	1,59	2,83	3,36	2,74
MHQ	4,74	4,65	6,15	5,12	6,84	8,27	9,64	8,19	7,59	6,66	8,28	5,75
HQ	21,80	22,70	18,10	26,30	25,20	25,30	29,70	32,80	36,50	28,60	38,10	19,20

Monat	Messzeitraum	Jahreswerte			q [(l/(s*km ²))]		
		in m ³ /s	l/s Dez	l/s Jahr	Dezember	q Jahr	q Messung
	20.+22.12.2002						
NQ		0,02	90	20	0,75	0,17	
NQ_T		0,02	90	20	0,75	0,17	
MNQ_T		0,10	450	100	3,75	0,83	
NMQ	0,5	0,50	240	500	2,00	4,17	4,17
MQ		0,89	1060	890	8,83	7,42	
HMQ		1,55	2740	1550	22,83	12,92	
MHQ		21,00	5750	21000	47,92	175,00	
HQ		38,10	19200	38100	160,00	317,50	

Mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in m³/s, Zeitraum 1961 - 1999

Pegel Neudorf, Ilzbach

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NQ	0,00	0,06	0,01	0,10	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04
NQ _T	0,07	0,06	0,06	0,20	0,09	0,07	0,01	0,02	0,01	0,04	0,05	0,10
MNQ _T	0,52	0,58	0,58	0,51	0,35	0,36	0,31	0,28	0,28	0,36	0,50	0,53
NMQ	0,30	0,16	0,33	0,32	0,24	0,19	0,20	0,07	0,09	0,08	0,16	0,23
MQ	0,89	1,32	1,90	1,29	0,97	1,34	1,47	1,15	0,90	1,06	1,27	1,09
HMQ	2,37	4,99	9,16	7,33	3,98	8,05	9,28	6,45	3,82	4,95	5,10	3,46
MHQ	3,52	7,70	13,80	10,30	13,70	21,60	22,50	17,00	12,90	12,30	10,50	8,23
HQ	15,10	56,00	64,90	77,00	72,00	84,00	76,00	72,50	79,20	65,80	39,20	65,30

Monat	Messzeitraum	Jahreswerte		q [(l/(s*km ²))]		
		in m ³ /s	l/s Dez	l/s Jahr	Dezember	q Jahr
	20.+22.12.2002		0			
NQ		0,00	40	0	0,21	0,00
NQ _T		0,01	100	10	0,52	0,05
MNQ _T		0,15	530	150	2,77	0,79
NMQ	0,54	0,51	230	510	1,20	2,67
MQ		1,22	1090	1220	5,71	6,39
HMQ		3,53	3460	3530	18,12	18,48
MHQ		45,50	8230	45500	43,09	238,22
HQ		84,00	65300	84000	341,88	439,79

Mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in m³/s, Zeitraum 1976 - 1999

Pegel Waltersdorf, Safenbach

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NQ	0,30	0,22	0,24	0,29	0,22	0,25	0,15	0,12	0,13	0,27	0,28	0,21
NQ_T	0,55	0,50	0,70	0,68	0,53	0,44	0,40	0,31	0,40	0,56	0,54	0,58
MNQ_T	1,03	1,10	1,16	1,17	1,00	0,96	0,92	0,90	0,87	1,03	1,16	1,16
NMQ	0,84	0,84	0,81	0,91	0,83	0,69	0,51	0,54	0,51	0,70	0,65	0,77
MQ	1,50	1,81	2,28	2,13	1,94	2,27	2,03	1,90	1,81	2,13	1,96	1,88
HMQ	2,76	5,17	6,95	10,30	6,28	4,48	7,63	5,15	8,14	9,17	7,22	4,70
MHQ	4,81	8,35	10,40	10,20	16,50	25,90	22,60	20,60	18,90	17,60	10,50	10,30
HQ	17,90	54,40	51,20	86,60	72,30	80,60	75,50	71,90	105,00	101,00	53,40	66,40

Monat	Messzeitraum	Jahreswerte		q [l/(s*km ²)]		
		in m ³ /s	l/s Dez	l/s Jahr	Dezember	q Jahr
	20.+22.12.2002					
NQ		0,12	210	120	0,61	0,35
NQ_T		0,31	580	310	1,68	0,90
MNQ_T		0,61	1160	610	3,35	1,76
NMQ	1,33	1,19	770	1190	2,23	3,44
MQ		1,97	1880	1970	5,43	5,69
HMQ		3,41	4700	3410	13,58	9,86
MHQ		53,70	10300	53700	29,77	155,20
HQ		105,00	66400	105000	191,91	303,47

Die Ergebnisse der anderen Pegel, für die keine Langzeitreihen zur Verfügung standen:

	m ³ /s	q [l/(s*km ²)]
Pegel Spielfeld, Mur	130,12	13,73
Pegel Stainz, Stainzbach	1	21,28
Pegel Hoernsdorf, Saggaubach	0,83	14,82
Pegel Ottendorf, Rittscheinbach	0,06	2,14

Messtour II (17.-21.06.2003)

Für Pegel Tillmitsch, Laßnitz, war noch keine Datenauswertung zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit vorhanden.

Mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in m³/s, Zeitraum 1951 - 1999

Pegel Leibnitz, Sulm

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NQ	2,55	2,50	3,35	2,16	1,25	0,97	1,10	1,38	1,29	2,44	2,17	3,56
NQ _T	2,82	2,65	4,50	3,15	1,38	3,33	2,20	2,35	2,20	3,00	4,00	4,11
MNQ _T	7,44	7,82	9,21	10,80	9,51	8,55	7,70	7,07	7,19	7,82	9,28	8,63
NMQ	4,42	4,25	6,20	4,81	4,40	5,86	3,45	3,79	4,27	4,48	4,98	5,52
MQ	11,40	13,30	19,50	19,60	17,60	18,30	17,00	14,60	15,00	16,50	18,80	14,80
HMQ	21,70	34,20	50,80	54,70	41,80	55,80	62,50	40,60	35,00	52,80	47,10	32,40
MHQ	31,70	39,40	70,80	71,30	74,20	98,80	92,30	86,00	96,60	82,70	82,60	53,20
HQ	132,00	173,00	242,00	360,00	328,00	400,00	360,00	361,00	327,00	343,00	350,00	200,00

Monat	Messzeitraum	Jahreswerte			q [l/(s*km ²)]		q Messung
		in m ³ /s	l/s Juni	l/s Jahr	Juni	Jahr	
	17.- 21.6.03						
NQ		0,97	970	970	0,88	0,88	
NQ _T	4,59	1,38	3330	1380	3,01	1,25	
MNQ _T		4,87	8550	4870	7,73	4,40	4,15
NMQ		8,41	5860	8410	5,30	7,60	
MQ		16,40	18300	16400	16,55	14,83	
HMQ		26,80	55800	26800	50,45	24,23	
					0,00	0,00	
MHQ		214	98800	214000	89,33	193,49	
HQ		400	400000	400000	361,66	361,66	

Mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in m³/s, Zeitraum 1982 - 1999

Pegel Guendorf, Saggaubach

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NQ	0,20	0,29	0,22	0,50	0,23	0,18	0,12	0,11	0,15	0,26	0,32	0,23
NQ_T	0,20	0,34	0,23	0,52	0,26	0,19	0,13	0,12	0,16	0,29	0,34	0,43
MNQ_T	1,04	0,99	1,30	1,46	0,99	0,78	0,57	0,53	0,67	0,87	0,99	1,30
NMQ	0,48	0,73	0,83	0,81	0,58	0,40	0,25	0,35	0,36	0,74	0,88	0,69
MQ	2,46	1,80	3,77	4,00	3,11	2,65	2,13	1,74	2,42	2,90	3,22	3,37
HMQ	5,30	3,58	10,40	11,50	7,97	8,27	6,06	4,33	6,92	9,68	7,67	7,61
MHQ	11,40	5,59	17,00	17,80	29,60	33,10	26,10	25,70	31,60	29,40	28,70	21,00
HQ	35,80	11,80	47,70	61,50	107,00	78,00	83,50	58,90	126,00	83,90	86,90	102,00

Monat	Messzeitraum	Jahreswerte			q	q	q
		in m ³ /s	l/s Juni	l/s Jahr	[l/(s*km ²)] Juni	Jahr	Messung
	17.- 21.6.03						
NQ		0,11	180	110	0,89	0,54	
NQ_T		0,12	190	120	0,94	0,59	
MNQ_T	0,39	0,37	780	370	3,86	1,83	1,83
NMQ		1,60	400	1600	1,98	7,92	
MQ		2,80	2650	2800	13,12	13,86	
HMQ		4,35	8270	4350	40,94	21,53	
MHQ		75,30	33100	75300	163,86	372,77	
HQ		126,00	78000	126000	386,14	623,76	

Mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in m³/s, Zeitraum 1951 - 1999

Pegel Wies, weisse Sulm

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NQ	0,09	0,06	0,10	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02	0,05	0,09	0,08	0,07
NQ_T	0,22	0,25	0,34	0,25	0,19	0,19	0,17	0,15	0,26	0,25	0,31	0,22
MNQ_T	0,61	0,61	0,68	0,92	0,80	0,72	0,62	0,57	0,58	0,63	0,75	0,73
NMQ	0,41	0,42	0,45	0,37	0,45	0,40	0,36	0,33	0,38	0,37	0,49	0,36
MQ	0,94	0,95	1,29	1,66	1,58	1,52	1,46	1,21	1,28	1,32	1,42	1,14
HMQ	1,77	2,27	2,78	4,77	4,67	6,15	4,86	3,06	2,59	3,82	3,47	2,40
MHQ	2,99	3,34	5,51	6,71	9,29	13,10	13,40	13,30	12,70	10,40	8,85	5,20
HQ	9,97	14,00	20,20	38,20	42,90	66,00	48,00	43,00	42,80	37,00	32,10	26,70

Monat	Messzeitraum	Jahreswerte			q [l/(s*km ²)]		q Messung
		in m ³ /s	l/s Juni	l/s Jahr	Juni	Jahr	
	21.06.2003						
NQ		0,02	30	20	0,43	0,29	
NQ_T	0,25	0,15	190	150	2,71	2,14	3,57
MNQ_T		0,35	720	350	10,29	5,00	
NMQ		0,69	400	690	5,71	9,86	
MQ		1,32	1520	1320	21,71	18,86	
HMQ		2,15	6150	2150	87,86	30,71	
MHQ		27,00	13100	27000	187,14	385,71	
HQ		66,00	66000	66000	942,86	942,86	

Mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in m³/s, Zeitraum 1976 - 1999

Pegel Fluttendorf, Gnasbach

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NQ	0,09	0,12	0,17	0,06	0,09	0,05	0,03	0,02	0,02	0,05	0,06	0,09
NQ_T	0,17	0,17	0,22	0,17	0,11	0,07	0,03	0,02	0,03	0,06	0,08	0,09
MNQ_T	0,43	0,45	0,44	0,42	0,30	0,24	0,17	0,13	0,17	0,25	0,32	0,45
NMQ	0,36	0,34	0,28	0,26	0,23	0,31	0,15	0,09	0,08	0,14	0,12	0,24
MQ	0,91	1,05	1,30	0,93	0,83	0,81	0,73	0,55	0,63	0,80	1,07	1,06
HMQ	2,13	3,00	4,25	2,56	2,29	1,65	2,48	2,07	1,59	2,83	3,36	2,74
MHQ	4,74	4,65	6,15	5,12	6,84	8,27	9,64	8,19	7,59	6,66	8,28	5,75
HQ	21,80	22,70	18,10	26,30	25,20	25,30	29,70	32,80	36,50	28,60	38,10	19,20

Monat	Messzeitraum	Jahreswerte			q [l/(s*km ²)]		q Messung
		in m ³ /s	l/s Juni	l/s Jahr	Juni	Jahr	
	17.- 19.06.03						
NQ		0,02	50	20	0,42	0,17	
NQ_T	0,07	0,02	70	20	0,58	0,17	0,58
MNQ_T		0,10	240	100	2,00	0,83	0,58
NMQ		0,50	310	500	2,58	4,17	
MQ		0,89	810	890	6,75	7,42	
HMQ		1,55	1650	1550	13,75	12,92	
MHQ		21,00	8270	21000	68,92	175,00	
HQ		38,10	25300	38100	210,83	317,50	

Mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in m³/s, Zeitraum 1961 - 1999

Pegel Neudorf, Ilzbach

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NQ	0,00	0,06	0,01	0,10	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04
NQ_T	0,07	0,06	0,06	0,20	0,09	0,07	0,01	0,02	0,01	0,04	0,05	0,10
MNQ_T	0,52	0,58	0,58	0,51	0,35	0,36	0,31	0,28	0,28	0,36	0,50	0,53
NMQ	0,30	0,16	0,33	0,32	0,24	0,19	0,20	0,07	0,09	0,08	0,16	0,23
MQ	0,89	1,32	1,90	1,29	0,97	1,34	1,47	1,15	0,90	1,06	1,27	1,09
HMQ	2,37	4,99	9,16	7,33	3,98	8,05	9,28	6,45	3,82	4,95	5,10	3,46
MHQ	3,52	7,70	13,80	10,30	13,70	21,60	22,50	17,00	12,90	12,30	10,50	8,23
HQ	15,10	56,00	64,90	77,00	72,00	84,00	76,00	72,50	79,20	65,80	39,20	65,30

Monat	Messzeitraum	Jahreswerte			q [l/(s*km ²)]		q Messung
		in m ³ /s	l/s Juni	l/s Jahr	Juni	Jahr	
	17.- 19.06.03						
NQ		0,00	10	0	0,05	0,00	
NQ_T	0,15	0,01	70	10	0,37	0,05	
MNQ_T		0,15	360	150	1,88	0,79	0,79
NMQ		0,51	190	510	0,99	2,67	
MQ		1,22	1340	1220	7,02	6,39	
HMQ		3,53	8050	3530	42,15	18,48	
MHQ		45,50	21600	45500	113,09	238,22	
HQ		84,00	84000	84000	439,79	439,79	

Mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in m³/s, Zeitraum 1976 - 1999

Pegel Waltersdorf, Safenbach

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NQ	0,30	0,22	0,24	0,29	0,22	0,25	0,15	0,12	0,13	0,27	0,28	0,21
NQT	0,55	0,50	0,70	0,68	0,53	0,44	0,40	0,31	0,40	0,56	0,54	0,58
MNQT	1,03	1,10	1,16	1,17	1,00	0,96	0,92	0,90	0,87	1,03	1,16	1,16
NMQ	0,84	0,84	0,81	0,91	0,83	0,69	0,51	0,54	0,51	0,70	0,65	0,77
MQ	1,50	1,81	2,28	2,13	1,94	2,27	2,03	1,90	1,81	2,13	1,96	1,88
HMQ	2,76	5,17	6,95	10,30	6,28	4,48	7,63	5,15	8,14	9,17	7,22	4,70
MHQ	4,81	8,35	10,40	10,20	16,50	25,90	22,60	20,60	18,90	17,60	10,50	10,30
HQ	17,90	54,40	51,20	86,60	72,30	80,60	75,50	71,90	105,00	101,00	53,40	66,40

Monat	Messzeitraum	Jahreswerte			q [l/(s*km ²)]		q Messung
		in m ³ /s	l/s Juni	l/s Jahr	Juni	Jahr	
	17.- 19.06.03						
NQ		0,12	250	120	0,72	0,35	
NQT	0,49	0,31	440	310	1,27	0,90	1,42
MNQT		0,61	960	610	2,77	1,76	1,42
NMQ		1,19	690	1190	1,99	3,44	
MQ		1,97	2270	1970	6,56	5,69	
HMQ		3,41	448	3410	1,29	9,86	
MHQ		53,70	25900	53700	74,86	155,20	
HQ		105,00	80600	105000	232,95	303,47	

Die Ergebnisse der anderen Pegel, für die keine Langzeitreihen zur Verfügung standen:

	m ³ /s	q [l/(s*km ²)]
Pegel Spielfeld, Mur	134,86	14,22
Pegel Stainz, Stainzbach	0,08	1,70
Pegel Hoermsdorf, Saggaubach	0,2	3,57
Pegel Ottendorf, Rittscheinbach	0,01	0,00