



DIPLOMARBEIT Master Thesis

Auswirkung von Klimavariabilität und wasserwirtschaftlichen Maßnahmen auf Niederwasserdurchflüsse in Niederösterreich

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs/ einer Diplom-Ingenieurin

unter der Leitung von

Privatdozent Dr. Juraj Parajka

222

Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Thomas Glatz

0525677

Bendlgasse 8/2/25, 1120 Wien

Wien, am 5.6.2014

eigenhändige Unterschrift

Zusammenfassung Extreme Dürren, wie im Jahr 2003 in Europa, verdeutlichen wie wichtig das Verständnis der Einflüsse von Klima und Mensch auf Niederwasser für die Entwicklung von Anpassungsstrategien und Entscheidungen in der Wasserwirtschaft ist.

Das Ziel dieser Arbeit war es die Auswirkungen von Klimavariabilität und wasserbaulichen Maßnahmen auf die Niederwasserabflusstrends in Niederösterreich zu untersuchen. Dazu wurden die Zeitreihen der Niederwasserabflüsse (Q95), Jahresniederschlagssummen, Jahresneuschneehöhen, Grundwasserstände und Lufttemperatur mit den wasserbaulichen Maßnahmen in vier Einzugsgebieten Niederösterreichs qualitativ verglichen. Die Untersuchung umfasst die Bewertung und Zuordnung der Niederwassertrends und deren Änderungen in der Periode 1976 – 2007.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Auswirkungen der wasserbaulichen Maßnahmen in Niederösterreich im Allgemeinen kleiner als die Auswirkungen zufolge Klimavariabilität sind. Eine Ausnahme bildet der Rußbach im Marchfeld, wo die Kombination von trockenem Klima und steigenden Grundwasserentnahmen zu sinkenden Grundwasserspiegel führte. Die Abflussmessungen begannen jedoch erst, als die Grundwasserstände bereits sehr niedrig waren (1977) und änderten sich bis zur Errichtung des Marchfeldkanals nur wenig. Mit dessen Flutung im Jahr 1992 stieg der Niederwasserabfluss im Rußbach von im Schnitt 0.07 auf 1.4 m³/s an – dies stellte die größte wasserbauliche Maßnahme in dieser Hinsicht dar.

Abstract Extreme droughts, such as the 2003 drought in Europe, illustrate the importance of understanding climate and human impacts on low flows, for developing adaptation strategies and decision makings in water resources management.

The aim of this study was to investigate the effects of climate variability and hydraulic engineering measures on the low flow runoff trends in Lower Austria. The time series of low flows (Q95), annual precipitation, annual snowfall depths, groundwater levels and air temperatures were compared with hydraulic engineering measures in four catchments of Lower Austria. The analyses include evaluation and attribution of low flow trends and their changes in the period 1976 - 2007.

The results of the study show that the effects of hydraulic engineering measures on low flows in Lower Austria are generally smaller than the effects of climate variability. One exception is the Rußbach in the Marchfeld, where the combination of a dry climate and an associated increase in groundwater extractions led to declining groundwater levels. However, the discharge measurements started at a time, when the groundwater levels were already very low (1977), and changed very little until the Marchfeldkanal was constructed. With the flooding of the Marchfeldkanal in 1992, the low flow in the Rußbach increased from 0.07 to 1.4 m³/s which represents the largest impact of engineering measures in this regard.

Inhalt

1	Einleitung und Aufgabenstellung.....	6
1.1	Einleitung.....	6
1.2	Aufgabenstellung.....	7
2	Literatursichtung.....	7
2.1	Ergebnisse von Trenduntersuchungen in der Literatur	7
2.2	Zusammenfassung der Literaturrecherche.....	11
3	Grundlagen und Methodik	12
3.1	Grundlagen.....	12
3.1.1	Trendanalyse	12
3.1.1.1	Theil-Sen Schätzer.....	12
3.1.1.2	Mann- Kendall Test	12
3.1.2	Niederwasser.....	12
3.1.2.1	Definition.....	12
3.1.2.2	Anthropogene Einflüsse	13
3.1.2.3	Verwendete Kenngrößen	14
3.1.2.3.1	Dauerwerte.....	15
3.1.2.3.2	Dauerwerte auf Basis geschlossener Unterschreitungsphasen.....	16
3.1.3	Klimavariabilität.....	17
3.1.3.1	Definition Klima	17
3.1.3.2	Definition Klimavariabilität.....	17
3.1.3.3	Klimageschichte	17
3.1.3.4	Niederösterreichs Klima.....	18
3.1.4	Mechanismen der Beeinflussung.....	19
3.1.4.1	Natürliche Prozesse.....	20
3.1.4.1.1	Wasserhaushalt.....	20
3.1.4.1.2	Abflussbildung	21
3.1.4.1.3	Verdunstung	21
3.1.4.1.4	Niederschlag	22
3.1.4.1.5	Quellwasser	22
3.1.4.1.6	Grundwasser.....	22
3.1.4.2	Wasserbauliche Maßnahmen (Anthropogene Prozesse).....	23
3.1.4.2.1	Maßnahmen direkt im Fluss	23
3.1.4.2.2	Maßnahmen im Einzugsgebiet	25
3.1.4.2.3	Auswirkungen der anthropogenen Maßnahmen	28
3.2	Methodik.....	30
3.2.1	Vorgangsweise.....	30
3.2.2	Allgemeines zur Trendanalyse.....	35

3.2.3	Anthropogene Einflüsse	35
3.2.4	Gewählte Einheiten.....	37
3.2.4.1	Niederschlag	38
4	Analyse	39
4.1	1. Analyse – Leopoldsdorf im Marchfeld/ Rußbach	39
4.1.1	Lage	39
4.1.2	Geologie	39
4.1.3	Landwirtschaft	40
4.1.1	Klima	40
4.1.2	Wasserverbrauch.....	41
4.1.3	Marchfeldkanalsystem.....	41
4.1.4	Abfluss.....	42
4.1.5	Niederschlag	43
4.1.6	Grundwasser.....	44
4.1.7	Temperatur.....	45
4.1.8	Klimavariabilität.....	46
4.1.9	Wasserbauliche Maßnahmen.....	46
4.1.9.1	Bewässerung.....	47
4.1.9.2	Entwässerungsanlagen.....	48
4.1.9.3	Kanalisation	49
4.1.9.4	Wasserversorgung	50
4.1.9.5	Wehre.....	50
4.1.9.6	Änderungen in der Landnutzung	50
4.1.10	Zusammenfassung	50
4.2	2. Analyse – Einzugsgebiet der Erlauf.....	53
4.2.1	Lage	53
4.2.2	Trends der Q95 Abflüsse	54
4.2.3	Niederschlag	55
4.2.4	Grundwasser.....	56
4.2.5	Temperatur.....	56
4.2.6	Klimavariabilität.....	57
4.2.7	Wasserbauliche Maßnahmen.....	57
4.2.7.1	Maßnahmen im Detail.....	60
4.2.7.2	Kraftwerk Erlaufboden	61
4.2.8	Messstelle Wieselburg an der kleinen Erlauf	61
4.2.9	Messstelle Neubruck an der Jeßnitz	63
4.2.10	Messstelle Kienberg an der großen Erlauf	65
5	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	67

5.1	Diskussion & Schlussfolgerung.....	67
5.2	Ausblick.....	71
6	Literatur und Abbildungen	72
6.1	Literaturverzeichnis	72
6.2	Abbildungsverzeichnis	74
6.3	Tabellenverzeichnis	77

1 Einleitung und Aufgabenstellung

1.1 Einleitung

Die klassischen Aufgabenbereiche eines Bauingenieurs sind die Konstruktion von Gebäuden und der Bau von Straßen. Das Themengebiet Bauingenieurwesen besitzt jedoch einen weit größeren Themenumfang. So z. B. den Bereich der Ingenieurhydrologie, in dem Verfahren aus der Hydrologie für wasserwirtschaftlichen Aufgabenstellungen an natürlichen Gewässern angewendet werden. Schwerpunkte sind die weitgehend sichere Abfuhr von Hochwässern, sowie der Schutz vor Verunreinigungen durch z.B. Einleitungen aus Kläranlagen oder Einträge durch Düngemittel aus der Landwirtschaft. Darüber hinaus liefert die Ingenieurhydrologie die Grundlagen um wasserwirtschaftliche Anlagen zu bemessen, zu bauen und zu betreiben.

Lange Zeit wurde die Untersuchung von Niederwasserabflüssen zugunsten der Analyse von Hochwasserabflüssen vernachlässigt. Der Grund dafür liegt am großen Schadensausmaß und der größeren Auftretenswahrscheinlichkeit von Hochwasserereignissen gegenüber Dürreperioden.

Extreme Dürren, wie im Jahr 2003 in Europa machen das Thema Niederwasser auch in einem wasserreichen Land wie Österreich, in dem die Gefahr normalerweise nur von Hochwässern ausgeht, zu einem wichtigen Thema. Durch die vermehrte Nutzung von Oberflächengewässer und Grundwasser zur Nutzung in Landwirtschaft und Industrie wurde das Schadenspotenzial in Dürrezeiten immer größer. Dadurch wird eine Wasserbewirtschaftung, welche bei Niederwasserständen zu Restriktionen greifen kann, immer wichtiger. Hohe Wasserentnahmen und Stoffeinträge können den Zustand eines Gewässers nämlich stark verschlechtern.

Weiters ist die Nutzung des Wassers zur Energieerzeugung ein wichtiges Thema. So wurden schon vor 100 Jahren Wehre erbaut und Ausleitungen zum Antrieb von Mühlen gegraben. Diese Mühlen sind heute zumeist modernisiert und wurden zu Kraftwerken umgebaut. Im Bereich der Ausleitungen kommt es bei Niederwasser zu Problemen in Bezug auf die Restwassermenge. Das führt uns zum Bereich der Wassergütewirtschaft, denn eine zu geringe Restwassermengen kann, ist der Fluss durch Einleitungen belastet, bei einer zu geringen Verdünnung zu Überschreitung von Grenzwerten führen. Aber nicht nur die stoffliche Belastung, sondern auch der ökologische Zustand des Gewässers kann durch eine zu geringe Restwassermenge stark beeinträchtigt werden und so z. B zu einem Fischsterben führen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, welcher in letzter Zeit durch die EU-Wasserrahmenrichtlinie verstärkt ins Licht gerückt wurde ist die Durchgängigkeit von Gewässern. Diese Richtlinie wird nach und nach in

Österreich umgesetzt und so werden vielerorts neue Fischaufstiege errichtet und neue Restwassermengen festgesetzt.

Bei schiffbaren Flüssen, wie der Donau in Niederösterreich, wird Niederwasser vor allem zum Problem für die Schifffahrt. Diesem Problem wurde weitestgehend mit der Regulierung durch Kraftwerke entgegengewirkt. Dort wo aus ökologischen Gründen kein Kraftwerk gebaut wurde kommt es im Niederwasserfall weiterhin oft zu Problemen im Schiffverkehr, so im Bereich der Wachau und östlich von Wien.

All dies sind Probleme, die bei Niederwasser auftreten können und zeigen wie aktuell dieses Thema ist. Im nächsten Kapitel wird nun auf die Aufgabenstellung dieser Arbeit eingegangen.

1.2 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung war es die Auswirkungen von Klimavariabilität und wasserbaulichen Maßnahmen auf die Q95 Abflusstrends zu untersuchen und anschließend zu unterscheiden. So wurde untersucht, welcher Trend in den letzten 30 Jahren durch wasserbauliche Maßnahmen verursacht wurde und welcher das Ergebnis von Klimaschwankungen war.

Klimaschwankungen, bzw. allgemein die Klimavariabilität, hat globale Ursachen und Folgen, wohingegen wasserwirtschaftliche Maßnahmen lokal stattfinden. Deswegen ist die Konzentration auf ein kleines Untersuchungsgebiet von entscheidender Rolle. Im Zuge dieser Arbeit wurde das Bundesland Niederösterreich ausgewählt und anhand einiger Flüsse untersucht. Dazu wurde die Daten aus Abfluss-, Niederschlag-, Grundwasser- und Temperaturmessstellen, sowie die wasserbauliche Maßnahmen gesammelt. Anschließend wurden geeignete Einheiten gewählt und die Zeitreihen qualitativ miteinander verglichen. Dabei wurden diese auf Sprünge und Veränderungen im Trend untersucht.

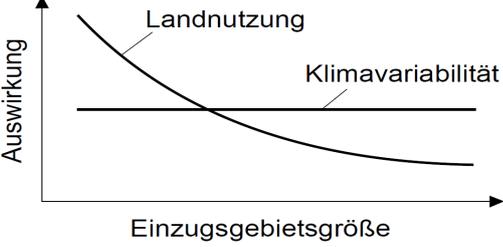
2 Literatursichtung

Vor Beginn der Untersuchung der Niederwassertrends wurde eine ausführliche Sichtung der Literatur durchgeführt. Im Folgenden sollen die für diese Arbeit relevanten Informationen zusammengefasst werden.

2.1 Ergebnisse von Trenduntersuchungen in der Literatur

Veröffentlichung	Aussagen
SCHÖNER, W. et al. 2011, S. 276	In mehreren Studien wurde zur Analyse von Trends der Theil – Sen Schätzer verwendet. Anschließend wurde mit Hilfe des Mann- Kendall Trend Test die Signifikanz des Trendes untersucht.

	<p>Als verwendete Kenngrößen bei der Niederwasseruntersuchung waren folgende am meisten vertreten: Q95, NMQ7, NMQ21, sowie Analysen des Defizitvolumens. Darüber hinaus wurden Trendanalysen anhand des mittleren jährlichen Durchflusses und des jährlichen Minimums durchgeführt.</p> <p>Neben Signifikanztests wurden ebenso Sprunganalysen durchgeführt.</p>
HISDAL, Hege et al. 2001, S. 16	<p>Der derzeitige Wissenstand in der Analyse von Niederwassertrends beruht auf folgenden Überlegungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trends im Abflussdefizit oder in der Dauer der Unterschreitung eines Schwellenwertes können weitgehend durch Änderungen des Niederschlags oder durch wasserbauliche Maßnahmen im Einzugsgebiet erklärt werden. • Änderungen in der Anzahl an Niederwasserereignissen pro Jahr kann auf den zusammengesetzten Effekt des Klimas und der Einzugsgebietscharakteristik geführt werden, sowie auf Speicherkapazitäten. • Ein für Mitteleuropa markanter Trend waren einheitlich steigende Sommer- und Winterniederschläge. Das bedeutet, dass die Niederwasserentwicklung unabhängig von der Höhenlage sowie des Klimas des Einzugsgebietes ist. • Studien über die Niederwasserentwicklung in ganz Europa ergaben bislang keine eindeutigen europaweiten Trends. In kleineren Gebieten jedoch starke Zuwächse, wie in anderen Gebieten wiederum starke Abnahmen der Q95 Durchflüsse.
LAAHA, Gregor; BLÖSCHL, Günter, 2006	<p>In dieser Veröffentlichung wurden Methoden zur flächendeckenden Bestimmung von Niederwasserkenngößen dargestellt, welche zeigen wie bei kurzen Beobachtungsreihen eine Klimakorrektur durchgeführt werden kann.</p>
CCCA, 2013, Tagungsband 14. Klimatag, S. 31	<p>Ebenso fand sich in der Literatur der Aufruf zu einem Wechsel in den Klimaimpaktanalysen. So sollen verstärkt die Mechanismen, welche bestimmte Änderungen hervorrufen untersucht werden, anstatt nur auf die Größe der Änderungen abzielen. So benötigt man zur Untersuchung der Niederwasserabflüsse mehr Wissen über die Speicherkapazität des Bodens und weitere Bodeneigenschaften.</p>
FIALA, Theodor, OUARDA, Taha B.M.J.; HLADNY, Josef, 2010, S. 1	<p>Für Tschechien ergaben sich sinkende Sommerniederrässer, steigende Winterniederrässer und steigende Dürredauern. Darüber hinaus konnte ein Trend zu einem früheren Auftreten der Sommerniederrässer festgestellt werden. Dies wird durch den früheren Beginn des Frühjahreshochwassers, verursacht durch wärmere Winter, erklärt.</p>
BLÖSCHL, Günter et al., 2007, S. 1 ff.	<p>In dieser Veröffentlichung wird besprochen in welchem Ausmaß Klimavariabilität und Landnutzung einen Einfluss auf Hochwasser sowie Niederwasser hat. Da Landnutzung typischerweise ein lokales Phänomen ist nimmt der Einfluss von Störungen durch diese auf die Niederrässer mit der Größe des Einzugsgebiets meist ab. Im Gegensatz dazu wirken sich Klimaeinflüsse auf einer größeren Skala aus und man kann annehmen, dass diese auf kleine wie auch auf große Einzugsgebiete innerhalb einer Region dieselben Auswirkungen haben. Die Auswirkungen aus Maßnahmen zur Flussregulierung nehmen meist mit der Größe des Einzugsgebietes zu, weil dort auch größere Siedlungen anzutreffen sind und diese meist einen höheren Anspruch an Überflutungsschutz benötigen. Dieser vermutliche Zusammenhang wird in Abbildung 1 dargestellt.</p>

	 <p>Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Einzugsgebietsgröße und Auswirkung von Landnutzung bzw. Klimavariabilität</p>
Food and agriculture organization of the united Nations, 2000	<p>In dieser Veröffentlichung wird beschrieben, dass Einflüsse der Landwirtschaft auf hydrologische Prozesse nur auf kleinem Maßstab (bis mehreren 10 km²) ermittelt werden können, da sie hier noch von natürlichen Prozessen unterschieden werden können. Dies stimmt mit den Überlegungen in Blöschl (2007) überein.</p>
LAAHA, Gregor; BLÖSCHL, Günter, 2003, S. 2 ff.	<p>In dieser Veröffentlichung wird auf die Entstehung von Niederwasser genau eingegangen, sowie der Einfluss der Saisonalität beleuchtet. Wenn über mehrere Wochen im Sommer mehr Wasser verdunstet als durch Niederschläge zugeführt wird, nennt man diese eine Dürreperiode. In einer solchen treten Sommerniederwässer auf. Dabei läuft der Bodenspeicher langsam aus und die Abflussspende in den betroffenen Einzugsgebieten geht zurück. Sommerniederwässer entstehen großräumig und sind meist auf stabile Hochdruckgebiete im Sommer zurückzuführen. Die wichtigsten Einflussgrößen auf den Zeitpunkt und die Intensität von Sommerniederwässern ist zum einen die Niederschlagsverteilung im Sommerhalbjahr und zum anderen die Speichereigenschaften des Aquifers.</p>
SMAKHTIN, V.U. 2001, S. 29 f.	<p>Eine Zusammenfassung der Ergebnisse vieler Untersuchungen über Niederwässer ist in Smakhtin (2001, S.29f) enthalten und in den folgenden vier Punkten beschrieben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obgleich viele Untersuchungen sich mit Niederwasser auseinandergesetzt haben, ist das Verständnis der Entstehungsmechanismen derer noch wenig fortgeschritten. Eine Analyse von Niederwasser sollte daher die Analyse der niederwasserauslösenden Mechanismen sowie der Mechanismen innerhalb eines Einzugsgebietes bzw. innerhalb einer Region vorrausgehen. • Weiters müssen die Auswirkungen der Vielzahl an anthropogenen Einflüssen, welchen die Flüsse unterworfen sind, genauer verstanden werden. • Viele Untersuchungen beschäftigen sich mit dem Einfluss des Einzugsgebietscharakters auf das Gewässer. Jedoch werden dabei oft die anthropogenen Einflüsse zu wenig untersucht. Deswegen sollte eine Datenbank mit allen anthropogenen Einflüssen erstellt werden. • Mit dem steigenden Druck auf die Wasserwirtschaft sollte (a) die zeitliche Auflösung der hydrologischen Daten gesteigert werden und (b) kleine Einzugsgebiete genauer untersucht werden. <p>Im Zuge dieser Arbeit wurde angestrebt diese vier Punkte zu erfüllen.</p>

Bundes- ministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2009	<p>Der Nationale Gewässerbewirtschaftungsplan für Österreich hat die Erhaltung und Erreichung eines guten Zustands der Gewässer zum Ziel und setzt so den Fokus auf den qualitativen Zustand des Gewässers im Gegensatz zum quantitativen Zustand, welcher durch das Q95 beschrieben wird. Im Bericht werden die Probleme bei Niederwasser fast ausschließlich im Bereich von Ausleitungen zur Wasserkraftnutzung gesehen. Andere Wasserentnahmen bzw. Einleitung liegen üblicherweise unter einer festgelegten Signifikanzschwelle für den ökologischen Zustand. Bewässerungen sind nur für den Süden und Südosten Österreichs von Bedeutung, die Umweltziele werden durch diese jedoch weiterhin erreicht.</p> <p>Da jedoch Bewässerungen in Niederösterreich vor einiger Zeit noch ein Problem darstellten, wurde in dieser Arbeit ebenfalls auf diese verstärkt geachtet. Des Weiteren wurde versucht die Auswirkung von Ausleitungen näher zu untersuchen, so wie alle anderen möglichen Auswirkungen zu quantifizieren.</p>
---	---

Ergebnisse für Niederösterreich aus den Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft¹:

- **Temperatur und Niederschlag**

Im Alpenraum beträgt der Temperaturanstieg der letzten 30 Jahre in etwa 1,5 °C. Die Temperaturerhöhung war im Sommer mit fast 2 °C größer als im Winter mit ca. 1 °C. Beim Niederschlag fand in den 1970er Jahren, insbesondere im Nordosten Österreichs, ein markanter Trendwechsel statt. So sind seit der Mitte der 1970er Jahre die Jahressummen des Niederschlags überall in Österreich, mit Ausnahme des Südostens, gestiegen.

- **Oberflächengewässer**

Im östlichen Alpenraum gab es in den letzten drei Jahrzehnten steigende Trends der Jahresabflüsse der Oberflächengewässer.

- **Niederwasser**

Untersucht man den Einfluss der Klimaänderung auf die Niederwässer ist es grundlegend die Saisonalität zu beachten. In Österreich unterscheiden sich die niederwasserauslösenden Prozesse im Wesentlichen nach der Höhenlage: So treten Sommerniederwässer im Flachland des Ostens auf und Winterniederwässer bevorzugt im Alpenraum.

Man kann nun Niederösterreich in Gebiete einteilen mit überwiegend Winterniederwässer, überwiegend Sommerniederwässer und eine Zone mit gemischter Saisonalität.

Das Pannonikum charakterisiert sich durch eine stark ausgeprägte Sommersaisonalität.

Niederwässer treten generell zwischen Juli und Oktober auf, sehr selten treten Winterniederwässer auf. Das Waldviertel, welches zum Gebiet der Böhmisches Masse gehört, weist eine zeitlich verzögerte Saisonalität auf. Niederwässer treten hier meist zwischen August und November auf. Winterniederwässer treten in Niederösterreich allgemein eher selten auf.

Bezugnehmend auf den Wert des normierten Niederwasserabfluss Q95/MQ, kann man folgende Regionen in Österreich als trocken bezeichnen: Hochalpine Gebiete, Nördliche Kalkalpen, Flyschzone und Böhmisches Masse. Die drei letztgenannten umfassen weiter Teile Niederösterreichs und sind somit Teil des Untersuchungsgebietes dieser Arbeit.

Für die letzten 30 Jahre gibt es im speziellen für Niederösterreich noch keine eindeutigen Trends in den Niederwässern.

Für die Beurteilung von Niederwassersituationen bei Klimaänderung im Sommer eignet sich das

¹ SCHÖNER, W., et al. 2011, S. 48f.

Niederwasserjahr 2003 sehr gut. Dies war ein extremes Jahr und könnte auch in Zukunft wieder auftreten.

- Grundwasser

Die Neubildung von Porengrundwasser erfolgt meist im Frühjahr. Dadurch sind Änderungen des Grundwassers vor allem von den klimatischen Bedingungen in dieser Zeit abhängig.

In den letzten drei Jahrzehnten wurde im Süden des südlichen Wiener Beckens eine starke Zunahme der Grundwasserstände an den Messstellen verzeichnet. Im Süden Österreichs, Steiermark und Kärnten, sanken hingegen die Grundwasserstände.

2.2 Zusammenfassung der Literaturrecherche

- Um Niederwasser weiter zu verstehen benötigt man mehr Wissen über die Speicherkapazität des Bodens und weitere Bodeneigenschaften. Darüber hinaus müssen alle anthropogenen Maßnahmen erfasst, deren Mechanismen verstanden und deren Einflüsse auf das Niederwasser untersucht werden.
- Die Auswirkung von anthropogenen Maßnahmen nehmen mit der Größe des betrachteten Einzugsgebietes ab.
- Die Niederschlagsverteilung im Sommerhalbjahr sowie die Speichereigenschaften des Aquifers wirken sich stark auf den Zeitpunkt und die Intensität von Sommerniederschlägen aus.
- Ein für Mitteleuropa markanter Trend waren einheitlich steigende Sommer- und Winterniederschläge. Insbesondere fand Mitte der 1970er ein markanter Trendwechsel statt, und die Jahressummen des Niederschlags stiegen deutlich an.
- Für die letzten 30 Jahre gibt es im speziellen für Niederösterreich laut den derzeitigen Berechnungen noch keine eindeutigen Trends der Niederwasserabflüsse.
- Das bedeutet, dass die Niederwasserentwicklung unabhängig von der Höhenlage sowie des Klimas des Einzugsgebietes ist.

Bevor nun mit der Untersuchung der Gebiete begonnen wird soll nun im Abschnitt Grundlagen und Methodik genauer auf die Begriffe der Trendanalyse, des Niederwassers und auf die Klimavariabilität eingegangen werden. Darüber hinaus werden die Mechanismen der Beeinflussung von natürlichen und anthropogenen Prozessen (wasserbauliche Maßnahmen) beschrieben.

3 Grundlagen und Methodik

3.1 Grundlagen

3.1.1 Trendanalyse

Zu den verwendeten Werkzeugen der Trendanalyse gehören der Theil-Sen Schätzer und der Mann-Kendall Test. Diese werden in weiterer Folge beschrieben.

3.1.1.1 *Theil-Sen Schätzer*

In der parameterfreien Statistik, ist der Theil- Sen Schätzer, eine Methode zur robusten linearen Regression. Diese bildet aus allen Wertepaaren Geraden und gibt anschließend den Median dieser wieder. Er kann effizient berechnet werden und ist unempfindlich gegenüber Ausreißern. Weiters ist er signifikant genauer als normale lineare Regression.

3.1.1.2 *Mann- Kendall Test*

Um zu erkennen ob ein berechneter Trend über einem gewissen Signifikanzniveau liegt wird der parameterfreie Mann- Kendall Test oft benützt und gebraucht. Er ist nicht abhängig von (1) der Größe der Daten, wobei eine Mindestgröße von 4-10 Datenpunkten empfohlen wird, (2) einer Verteilungsfunktion, (3) fehlenden Datenpunkten und (4) unregelmäßigen Aufzeichnungen von Daten.

Darüber hinaus fließt die Größe des Niederwassers nur als relativer Wert zu den anderen Niederwässern ein und ist somit nicht sensitiv auf Ausreißer.

3.1.2 Niederwasser

3.1.2.1 *Definition*

Niederwasser, auch Niedrigwasser, bezeichnet einen niedrigen Wasserstand von Gewässern, der deutlich unter einem als normal definierten Zustand liegt.²

Unter natürlichen Bedingungen treten Niedrigwasserperiode dann auf, wenn geringer Niederschlag und hoher Verbrauch, in Form von Verdunstung oder Entnahme, herrscht. Ebenso in Perioden des Rückhalts, z.B. in Form von Schnee und Eis tritt Niedrigwasser auf. Zeitpunkt und Dauer sind auf diese Weise mit dem Abflussregime verknüpft.

So treten die Niederwässer in den alpinen Gebieten Österreichs im Winter im Flachland des Ostens Österreichs im Sommer auf. Sommerniederwässer treten zufolge Verdunstung auf und

² LECHER, LÜHR, ZANKE [Hrsg.] 2001, S. 362.

Winterniederwässer zufolge Schnee bzw. Gefrierprozesse. Die Berücksichtigung der Saisonalität ist somit bei der Analyse von Niederwasserdaten sehr wichtig.

3.1.2.2 Anthropogene Einflüsse

Vielfach werden den natürlichen Einflüssen, Niederschlag und Temperatur, anthropogene Nutzungen überlagert. Diese sind z.B. Ein-, Aus- und Überleitungen sowie Abflussregelungsmaßnahmen durch Speicher³.

Niedrigwasser kann zu einigen Problemen führen. Beispielsweise zur Einschränkung bei Betrieben, welche auf Kühl- oder Betriebswasser angewiesen sind. Des Weiteren kann es zu Behinderungen in der Binnenschifffahrt führen. Bei der Einleitung von Schadstoffen kommt es durch die geringe Verdünnung zu erhöhten Schadstoffkonzentrationen. Bei gleichzeitigem Auftreten von niedrigen Fließgeschwindigkeiten und hohen Temperaturen kann es zu einem geringen Sauerstoffgehalt im Wasser kommen, welcher die Gefahr des Fischsterbens erhöht. Durch wasserwirtschaftliche Maßnahmen kann Niedrigwasser positiv (Bsp.: Stauhaltung zur Schiffbarkeit) als auch negativ (Wasserentnahme) beeinflusst werden.

Bevor man mit der Auswertung von Niedrigwasserabflüssen beginnt muss daher zuerst das Abflussregime definiert werden und das Niedrigwasserregime auf mögliche Beeinflussungen untersucht werden.

Kurzfristige Beeinflussungen spielen bei der Analyse der Niedrigwasser-Abflüsse eine untergeordnete Rolle. Ausschlaggebend sind längerfristige und dauerhafte Maßnahmen, wie zum Beispiel:

- Große Baumaßnahmen im Einzugsgebiet des Gewässers (Bsp.: Versiegelung, Dränung),
- Neue Kanalisationen und Kläranlagen,
- Maßnahmen am Fluss selbst: Begradigungen, Sohlbefestigung, Regulierungsmaßnahmen,
- Wechselnde Wasserrechte zur Entnahme und Wiedereinleitung in das Gewässer (Wasserrechte können „erlöschen“ und „neu erteilt“ werden).⁴

Je nach den Nutzungen und ökologischen Anforderungen eines Gewässers werden anschließend die dementsprechenden Bemessungsgrößen gewählt.^{5,6}

³ DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft 120, 1983, S. 1.

⁴ DVWK-Regeln zu Wasserwirtschaft 121, 1992, S. 3.

⁵ SCHÖNER, W., et al. 2011

⁶ LECHER, LÜHR, ZANKE [Hrsg.] 2001, S. 362.

3.1.2.3 *Verwendete Kenngrößen*

Im Gegensatz zu Hochwässern, wo meist Abflüsse einer bestimmten Überschreitungswahrscheinlichkeit (Jährlichkeit) untersucht werden, werden bei Niederwässern je nach Fragestellung unterschiedlichste Kenngrößen unterschieden.

Hauptwerte nach DIN 4049-1 bzw. DIN 4049-3: Zur Beschreibung von Niedrigwasserverhältnissen werden in DIN 4049 die folgenden Hauptwerte angegeben:

- *„NNQ, den niedrigsten bekannten Wert aus der Beobachtungsreihe;*
- *NQ, den niedrigsten Wert des betreffenden Jahres;*
- *MNQ, den mittleren niedrigsten Wert der Jahresreihe (arithmetisches Mittel der Niedrigstwerte verschiedener Abflussjahre, Zeitraum ist anzugeben)*

Diese Werte werden in Durchfluss pro Zeiteinheit angegeben und sind Momentanwerte, die bei anthropogener Beeinflussung künstlichen Schwankungen unterliegen können. Um Schwankungen im Tagesverlauf auszuschließen, kann nach ÖNORM B 2400 auch ein Tag als Bezugsbasis zur Definition der folgenden Werte dienen: NQ_T , MNQ_T . In den hydrologischen Jahrbüchern werden oft neben den auf das Jahr bezogene Werte auch die monatsbezogene Werte angegeben.“⁷

Weitere gewässerkundliche Hauptzahlen sind:

- MQ – mittlerer Durchfluss: arithmetisches Mittel der Durchflüsse im betrachteten Zeitraum.
- MHQ – mittlerer Hochwasserdurchfluss: mittlerer oberer Grenzwert der Durchflüsse, arithmetisches Mittel der oberen Grenzwerte mehrerer gleichartiger Zeitabschnitte.
- HQ – Hochwasserdurchfluss: oberer Grenzwert der Durchflüsse in einem betrachteten Zeitraum (kein Tagesmittel, sondern Zeitwert).
- HHQ – höchster Hochwasserdurchfluss: oberster bekannter Grenzwert der Durchflüsse, Maximum aller oberen Grenzwerte)⁸

Eine weitere Kenngröße, welche in den USA einen höheren Bekanntheitsgrad erlangt hat als in Europa ist der „**Base-flow Index**“ (BFI). Dieser ist ein Wert für die Speicherkapazität eines Einzugsgebietes. Ein Wert von 0,15 bis 0,20 steht dabei für ein undurchlässiges Einzugsgebiet mit schnellem Abflussverhalten. Ein Wert von 0,95 wäre ein Einzugsgebiet mit hoher Speicherfähigkeit und stabilem Abflussregime.

⁷ LECHER, LÜHR, ZANKE [Hrsg.] 2001, S. 363.

⁸ DYCK, Siegfried; PESCHKE, Gerd, 1995, S. 127.

Die Ermittlung des BFI erfolgt in 6 Schritten:

- Unterteilung der Tagesabflussreihe in Segmente zu je 5 Tagen
- Ermittlung des Minimum eines jeden Segments Q_m
- Wendepunkte identifizieren
- Durch verbinden der Wendepunkte erhält man den „Base-Flow Hydrograph“
- Interpolation der Punkte für jeden Tag um für diese einen Wert des Baseflows zu erhalten. Ist der Baseflow größer ist als der Abfluss, so wird der Wert des Abflusses für den neue Baseflow verwendet
- Wahl eines Bezugszeitraumes und ermitteln der Volumina unter dem Hydrographen. Das Volumen des Baseflows dividiert durch das Volumen der Ganglinie⁹ ergibt den BFI.

3.1.2.3.1 Dauerwerte

Für Einleitungen in Gewässer wird oft der Q_{347} bzw. Q_{95} , also der Abfluss, der im Durchschnitt in 95 % der Tage erreicht oder überschritten wird, verwendet. So werden in Bezug zu diesem Wert Einschränkungen auf Einleitungen gestellt. Dieser Wert wird mithilfe der Dauerlinie¹⁰ ermittelt und wird häufig in der Praxis verwendet (siehe Abbildung 2).

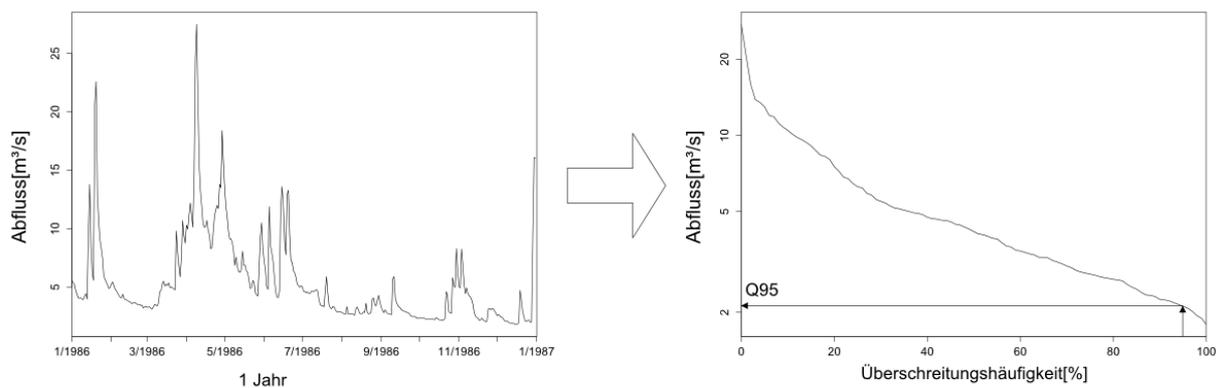


Abbildung 2: links ist die Ganglinie eines Flusses abgebildet. Rechts die Dauerlinie des selbigen Flusses und Jahres. Dabei werden die Abflüsse nach Ihrer Größe sortiert. Wenn 95 % der Werte im Jahr größer sind, nennt man das eine Überschreitungshäufigkeit von 95 %. Der dazugehörige Abfluss Q_{95} ist im Diagramm eingezeichnet.

Da Niederwasserabflussmengen primär von ihrer Gebietsgröße abhängen sagen diese im Vergleich mit anderen Gebieten wenig über eine Region aus. Um Aussagen zu tätigen ob eine Region trocken

⁹ Die graphische Darstellung hydrologischer Daten in der Reihenfolge ihres zeitlichen Auftretens wird als Ganglinie bezeichnet.

¹⁰ Die Dauerlinie ist die graphische Darstellung statistisch gleichwertiger Einzelbeobachtungen in der Reihenfolge ihrer Größe. Dabei ordnet man eine Ganglinie der Größe nach und trägt die neue Datenreihe aufsteigend oder absteigend in einem rechtwinkligen Koordinatensystem auf.

oder feucht ist bzw. ob ein starkes oder ein schwaches Niederwasserereignis auftritt verwendet man normierte Niederwasserabflüsse wie z.B. Q_{95}/MQ .

3.1.2.3.2 Dauerwerte auf Basis geschlossener Unterschreitungsphasen

Eine ebenfalls verwendete Kenngröße für Niedrigwasseranalysen ist der NM_xQ . Der NM_xQ , der Niedrigwasser- Abfluss, wird als das kleinste arithmetische Mittel von x aufeinanderfolgenden Tageswerten des Abflusses definiert. Das „ x “ bezeichnet dabei die Dauer in Tagen, welche für die Mittelwertbildung der Abflüsse verwendet wird. Üblicherweise werden für „ x “ folgende Werte verwendet: 1, 7, 15, 30 etc. bis maximal 183. Je nach wasserwirtschaftlicher Fragestellung (z.B. Vegetationsperiode) oder Abflussregime wird ein gewisser Zeitabschnitt als Auswertungszeitraum definiert. Gleichzeitig wird ein Bezugszeitraum BZ definiert, welche den zeitlichen Abstand zum nächsten Zeitabschnitt angibt. Im Allgemeinen wird der Bezugszeit mit $BZ = 1$ Jahr gewählt, um jahresbezogene Wahrscheinlichkeiten angeben zu können. In Österreich liefert das Q_{95} sehr ähnliche Werte wie das NM_7Q und kann daher in ähnlicher Weise verwendet werden. Um Saisonalitäten zu erkennen wurde im Zuge dieser Arbeit der Bezugszeitraum neben einem Jahr auf vier jeweils 3-monatige Intervalle festgelegt. Diese sind Dezember, Jänner, Februar (DJF); März, April, Mai (MAM); Juni, Juli, August (JJA) und September, Oktober, November (SON).¹¹

Als weitere Kenngrößen werden in den DVWK-Regeln zu Wasserwirtschaft 121 (1992, S. 1) angeführt:

- *„Dauer der Unterschreitung eines Schwellenwertes (...)“*
 - *maxD in Tagen* *Längste Unterschreitungsdauer eines Schwellenwertes Q_s innerhalb des Zeitabschnittes ZA.*
 - *ΣD in Tagen* *Summe aller Unterschreitungsdauern eines Schwellenwertes Q_s innerhalb des Zeitabschnittes ZA.*
- *Abflussdefizit (...)“*
 - *maxV in m^3* *Größte Fehlmenge zwischen Schwellenwert Q_s und der Ganglinie $Q(t)$ innerhalb des Zeitabschnittes ZA.*
 - *ΣV in m^3* *Summe aller Fehlmengen zwischen Schwellenwert Q_s und der Ganglinie $Q(t)$ innerhalb des Zeitabschnittes ZA.“*

Der Niedrigwasser-Abfluss sowie die Dauer der Unterschreitung eines Schwellenwertes können auch für Wasserstände definiert werden.

Um nun die Einflüsse des Menschen von denen der Klimavariabilität unterscheiden zu können wird vorerst ein wenig zum Begriff der Klimavariabilität erklärt.

¹¹ LECHER, LÜHR, ZANKE [Hrsg.] 2001, S. 363.

3.1.3 Klimavariabilität

3.1.3.1 Definition Klima

Der Begriff „Klima“ ist von *klinein*, dem griechischen Wort für „neigen“, abgeleitet, denn Sommer und Winter sind Folge der Neigung der Erdachse relativ zur Bahnebene der Erde um die Sonne.

Als Klima bezeichnet man den charakteristischen Verlauf des Wetters an einem Ort oder einem bestimmten Raum über einen längeren Zeitraum hinweg. Klima ist also eine Statistik des Wetters, bei der kurzfristige Schwankungen kaum Gewicht haben.

Um aussagekräftige Ergebnisse über das Klima zu erhalten wird in der Regel eine Zeitspanne von mindestens 30 Jahren als Bezugszeitraum herangezogen. Diese werden Klimanormalperioden genannt und umfassen die Zeiträume von 1901 bis 1930, 1931 bis 1960 usw. Derzeit befinden wir uns in der Periode von 1991 bis 2020. So wird zum Beispiel für derzeitige Prognosen üblicherweise der Zeitraum 2021 – 2050 betrachtet.

3.1.3.2 Definition Klimavariabilität

Die Klimavariabilität bezeichnet die natürlichen Schwankungen des Klimas. Klimawandel bezeichnet die durch den Menschen beeinflussten Änderungen (entspricht etwa der Änderungen der letzten 40 Jahre).

Das Klimasystem ist ein nichtlineares System mit komplexer Dynamik. Somit unterliegt es einer natürlichen Variabilität mit natürlichen internen Prozessen und äußeren Einflüssen. Interne Prozesse werden auch als interne Variabilität bezeichnet. Äußere Einflüsse, auch externe Variabilität genannt, können natürlichen Ursprungs sein, wie z.B. Sonnenaktivität und Vulkanismus oder anthropogenen Ursprungs, wie z.B. Treibhausgasemissionen. Da die Auswirkungen der Klimavariabilität auch auf Niederösterreich einen Einfluss haben wird im Zuge dieser Arbeit auch dieser näher untersucht.¹²

Wenn also mehrere Flüsse einen gemeinsamen Trend haben, kann dieser durch die Schwankungen zufolge Klimavariabilität verursacht worden sein. Wenn ein Fluss einen anderen Trend hat, als Flüsse in der unmittelbaren Umgebung, dann ist das ein Indiz für entweder eine besondere Situation der Messstelle (z.B. Tal, Wetternische,...) oder für wasserbauliche Maßnahmen.

3.1.3.3 Klimageschichte

Auch wenn sich diese Arbeit mit einer verhältnismäßig kleinen Region beschäftigt, so möchte ich kurz auf das globale Klima und die aktuelle Klimadiskussion eingehen.

¹² Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 2009, Webseite: Zugriff 1.10.2013.

Klimageschichtlich betrachtet wird das aktuelle Zeitalter als quartäres Eiszeitalter bezeichnet. Ein Eiszeitalter gilt als solches, solange mindestens ein Pol der Erde vergletschert ist. Innerhalb dieses Eiszeitalters befinden wir uns aktuell in einer Warmzeit, dem Holozän, welches seit etwa 11.700 Jahren vorherrscht.

In den letzten 150 Jahren hat sich das direkt gemessene Jahresmittel der Lufttemperatur erhöht. Nach Erkenntnissen der Klimaforschung, verändern die anthropogenen Treibhausgasemissionen, welche in die Atmosphäre gelangen die Strahlungsbilanz der selbigen und tragen zu einer globalen Erwärmung, dem Treibhauseffekt, bei. Die globalen Durchschnittstemperaturen haben im Lauf des 20. Jahrhunderts um $0,74\text{ °C} \pm 0,18\text{ °C}$ zugenommen. Am deutlichsten ist die Erwärmung von 1976 bis heute zu erkennen, die globale Lufttemperatur nahm um etwa $0,5\text{ °C}$ im Mittel zu. Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts rechnen Klimaforscher mit einer Erderwärmung um $1,1$ bis $6,4\text{ °C}$. Dies ist abhängig vom zukünftigen Verhalten der Menschheit.¹³

Die Folgen dieses Klimawandels sind vielseitig. Laut IPCC¹⁴ führt die globale Erwärmung zu steigenden Meeresspiegel und öfter auftretenden Hitzewellen. Gleichzeitig verdunstet mehr Wasser, insbesondere aus dem Meer, und die Niederschläge nehmen zu. Jedoch verschieben sich die Klimazonen langsam und bereits trockene Gebiete werden noch trockener.

In den letzten 15 Jahren überlagerten sich die natürlichen Schwankungen und der menschliche Einfluss auf das Klima so, dass sie sich in Hinsicht auf die Temperatur im Durchschnitt neutralisierten, und sich die weltweite Temperaturkurve derzeit auf einem „Plateau“ befindet. Betrachtet man jedoch die letzten 100 Jahre, ist diese derzeitige kurze Erwärmungspause zu vernachlässigen.

Exakte Aussagen in Bezug auf den Klimawandel sind schwer zu treffen. Noch schwieriger gestaltet sich die Aufgabe den Klimawandel in einer kleinen Region wie Niederösterreich zu beschreiben. Die Auswirkungen der letzten 30 Jahre wurden in Kapitel 2.1 zusammengefasst.

Im folgenden Kapitel soll eine kurze Einteilung für das Klima Niederösterreichs gegeben werden.

3.1.3.4 Niederösterreichs Klima

Betrachtet man das Klima Österreichs und versucht dabei eine Einteilung in Klimaräume zu definieren so ergibt sich nach HARLFINGER, O. und KNEES, G. (1999, S. 16 ff.) die folgende Einteilung für Niederösterreich. Im Osten, sowie im Norden das *Pannonikum*, im Nordwesten das *Waldviertel* und im Westen sowie im Südwesten der *alpine Bereich*. Diese Einteilung lässt einen tieferen Einblick

¹³ LUDWIG, Karl- Heinz 2006, S. 125.

¹⁴ IPCC, 2013, S. 8.

in die klimatischen Unterschiede und ist hilfreich, bei der Suche nach unglaubwürdigen oder nicht repräsentativen Daten.

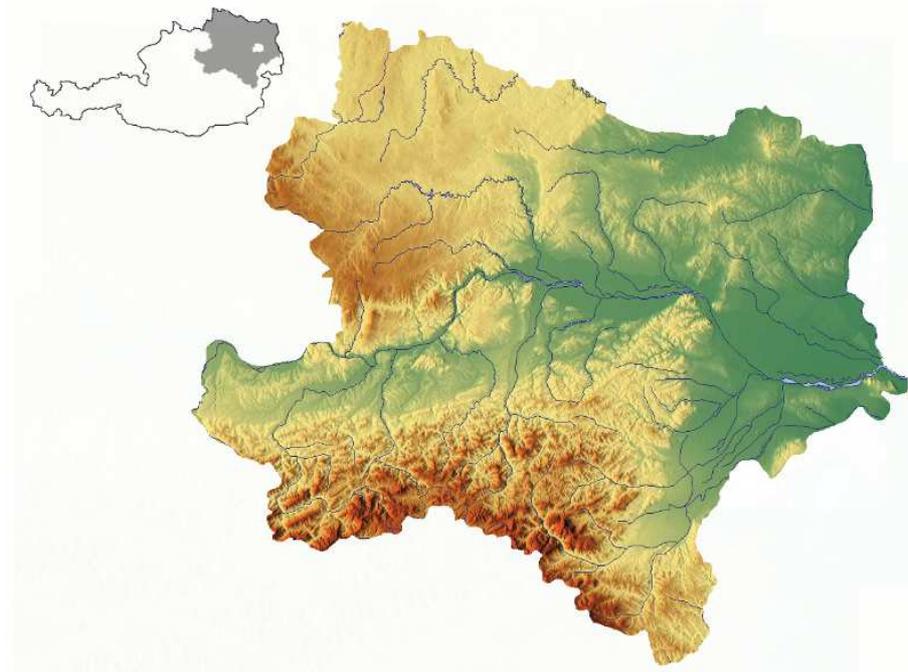


Abbildung 3: Reliefkarte Niederösterreichs mit Flüssen. Klimatisch gliedert sich Niederösterreich in 3 Bereiche. Im Osten, sowie im Norden das *Pannonikum*, im Nordwesten das *Waldviertel* und im Westen sowie im Südwesten der *alpine Bereich*.

Der **alpine Bereich**, von dem sich die Ausläufer in Niederösterreich befinden, besitzt ein ozeanisch beeinflusstes Klima, welches sich von West nach Ost vermindert. Hier herrschen Staueffekte vor. Im Westen befinden sich die niederschlagsreichsten Gebiete, wohingegen im Alpenvorland die Niederschlagsmenge regional bis unter 800 mm reichen.

Im **Pannonikum** herrscht ein pannonisches Klima vor. Dieses zeichnet sich durch Niederschlagsarmut und häufige Trockenperioden aus. Die Jahresniederschlagsmenge beträgt etwa unter 600 mm. Weiters gehört das Pannonikum zu den wärmsten Gebieten Österreichs.

Das **Waldviertel** wird von Kontinentalität geprägt. Es gehört zum pannonisch geprägten Hochlandklima. Infolge der Höhenlage ist das Temperaturmittel geringer als im Pannonikum, und weist relativ kalte Winter auf. Die höchsten Jahresniederschlagsmengen liegen in den Gipfellagen um die 1000 mm und sonst zwischen 500 mm und 800 mm.

3.1.4 Mechanismen der Beeinflussung

Nun betrachten wir die Faktoren, unabhängig von der Klimavariabilität, welche die Niederwasserdurchflüsse beeinflussen und beeinflussen können.

3.1.4.1 Natürliche Prozesse

Als natürliche Prozesse werden alle Prozesse im Wasserhaushalt der Erde bezeichnet, welche nicht durch den Menschen beeinflusst werden. Im Folgenden wird deshalb der allgemeine Wasserhaushalt eines Einzugsgebietes beschrieben.

3.1.4.1.1 Wasserhaushalt

Der Wasserhaushalt beschreibt die Aufnahme und Abgabe von Wasser in unterschiedlichen Systemen, z.B. das Einzugsgebiet eines Messpegels. Im langjährigen Durchschnitt gilt für ein Einzugsgebiet die Wasserhaushaltsgleichung:

$$\text{Niederschlagshöhe} = \text{Abflusshöhe} + \text{Verdunstungshöhe}$$

Obige Gleichung vernachlässigt Speicherprozesse, wie Schnee und Bodenspeicherung. Für kürzere Zeiträume dürfen die im und auf dem Boden befindlichen Wasservorräte jedoch nicht vernachlässigt werden.

In einer Wasserbilanz für Österreich betragen die Anteile am Wasserkreislauf folgende Werte. Diese sind Durchschnittswerte aus den Jahren 1961 – 2000 angegeben in mm/Jahr.

Der Jahresniederschlag bezogen auf ganz Österreich beträgt hierbei 1100 mm, und für den Abfluss 600 mm, daraus abgeleitet ergibt sich durch die Wasserhaushaltsgleichung die Kenngröße für die Verdunstung zu jährliche 500 mm bzw. 45 % des Niederschlags.¹⁵

Haushalte entnehmen 8 mm und geben über Kläranlagen behandeltes kommunales Abwasser von 6 mm zurück in den Kreislauf. Die Industrie entnimmt 20 mm und führt 18 mm behandeltes industrielles Abwasser zurück in die Oberflächengewässer. Die Landwirtschaftliche Bewässerung entnimmt bezogen auf ganz Österreich 2 mm pro Jahr. Die Differenz zwischen Entnahme und Abgabe lässt sich auf Verluste und Verdunstung zurückführen. Dies entspricht insgesamt einer Wassernutzung von 6 % des jährlichen Niederschlags und einer Verdunstung von etwa einem Prozent des Niederschlags.

Eine Schätzung der Wassernutzung aus den Bereichen der Industrie¹⁶, Haushalte und der Landwirtschaft ergab einen Wassergebrauch von 2,5 Milliarden m³ Wasser pro Jahr bzw. sieben Prozent des auf Österreich fallenden Niederschlags. Von diesen sieben Prozent entfallen

- 56 % auf die Industrie mit Wasser aus eigenen Brunnen oder Oberflächenwasser,
- 39 % auf die Trinkwasserversorgung, einschließlich der mitversorgten Gewerbe- und Industriebetriebe und

¹⁵ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2003.

¹⁶ Industrie, ausgenommen kalorische Kraftwerke.

- 5 % auf die Landwirtschaft.

Die Landwirtschaft ist der kleinste Verbraucher, da Österreich kein Bewässerungsland ist. Genauer wird dies jedoch in Kapitel 4.1 im Marchfeld untersucht werden, da hier ein großer Anteil der Flächen bewässert wird.¹⁷

3.1.4.1.2 Abflussbildung

Man unterscheidet bei der Bildung des Abflusses grob in drei unterschiedliche Kategorien. Der Oberflächenabfluss, der Niederschlag der oberflächlich abrinnt, der Zwischenabfluss oder auch Interflow, der Niederschlag der versickert und in Zwischenschichten nahe der Oberfläche abrinnt, und der Grundwasserabfluss. Der Grundwasserabfluss liegt tiefer als der Interflow und bezeichnet den Niederschlag, der im Boden versickert und den Grundwasserleiter erreicht. Dieser ist um einiges langsamer als der Interflow, und dieser wiederum langsamer als der Oberflächenabfluss.

Weiters unterscheidet man nach dem Abflussregime. Das Abflussregime bezeichnet die saisonale Verteilung des Abflusses beziehungsweise die Verteilung des Abflusses über das Jahr gesehen. In Niederösterreich ist das Abflussregime nicht so stark vom Schneeeinfluss geprägt, wie in den alpinen Bereichen. Das Abflussregime ist stark durch den Niederschlag dominiert. Dadurch treten die Niederwässer über das Jahr verteilt auf, verstärkt jedoch im Sommer, da hier die Verdunstung höher ist.

3.1.4.1.3 Verdunstung

Wie hoch die Verdunstung ist, hängt stark von der vorherrschenden Temperatur ab. Die genaue Erfassung dieser ist ein derzeit noch nicht gelöstes Problem in der Wissenschaft. Bis dato wird über die Wasserhaushaltsgleichung auf die Verdunstung rückgerechnet.

Betrachtet man die Verdunstung in einer Wasserbilanz so lassen sich deren Komponenten folgendermaßen unterteilen in

- die Transpiration, dies ist die Verdunstung von Wasser über die Spaltöffnungen in den Blättern der Pflanzen (70 % der gesamten Verdunstung),
- die Bodenverdunstung, dies bezeichnet die Verdunstung von unbewachsenen Böden (10%),
- die Interzeptionsverdunstung, der Niederschlag, der von der Oberfläche der Vegetation aufgefangen wird und dort verdunstet (16 %),
- die Verdunstung des Wassers direkt im Fluss (2%),
- und das vom Menschen genutzte Wasser (2 %) in der:
 - Industrie, in
 - Haushalten und Kleingewerbe und in der
 - Landwirtschaft.¹⁸

¹⁷ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Webseite: Zugriff 31.3.2014.

Ein Teil des vom Menschen genutzten Wassers verdunstet und der Rest gelangt in den Vorfluter. Die Höhe der Verdunstung lässt sich auch in diesem Fall nur schätzen.

3.1.4.1.4 Niederschlag

Niederschlag gehört neben Abfluss und Verdunstung zu den Hauptkomponenten des Wasserkreislaufes. Niederschlag wird über Niederschlagsmessgeräte gemessen. Dies sind Auffanggefäße, die in Wetterstationen in einer Höhe von 1 m über der Erdoberfläche, unbeeinflusst von Hindernissen aufgestellt werden. Etwa 55 % des Niederschlags gelangen zum Abfluss, die restlichen 45 % verdunsten. Um Schlüsse aus dem Niederschlag auf den Niederwasserabfluss zu ziehen, wurden die Jahreswerte, sowie Ganglinien von Niederschlagstagesummen untersucht. Der Niederschlag wurde, so Daten vorhanden waren, auch im gefrorenen Zustand als Neuschneemengen in cm pro Tag untersucht.

3.1.4.1.5 Quellwasser

Quellwasser bezeichnet Grundwasser, welches aufgrund geologischer Formationen an der Oberfläche austritt. Bei der Nutzung von Quellwasser wird dieses mittels Fassungssträngen gefasst und anschließend über einen Behälter gesammelt und über Leitungen an den Nutzer weitergegeben.

3.1.4.1.6 Grundwasser

Grundwasser entsteht durch Versickerung des Niederschlags am Boden. Ein Teil des Niederschlags fließt oberflächlich ab, ein Teil verdunstet und ein Teil versickert und gelangt in den Grundwasserleiter. Die Niederschläge können über eine relativ kurze Sickerstrecke das Grundwasservorkommen erreichen, indem sie direkt auf das Grundwasservorkommen fallen. Andererseits können sie in äußeren Teilen des Einzugsgebietes versickern und aus angrenzenden Locker und Festgesteinsgrundwasserleitern konzentriert oder verteilt aus den Talflanken ins betrachtete Grundwasservorkommen gelangen.

Je nach Mächtigkeit des Grundwasservorkommens kann dies in ein Oberflächengewässer infiltrieren oder umgekehrt. Dies ist abhängig von der Durchlässigkeit der Sohle des Flussbettes, welche wiederum von Stauanlagen oder der Häufigkeit von Hochwässern, welche die Sohle in Bewegung bringen, abhängt. Bei kanalisierten und gestauten Flüssen geht die Interaktion mit dem Grundwasser so z.B. die Grundwasserspeisung deutlich zurück.

Änderungen im Grundwasser wirken sich durch das langsame Abfließen des Wassers im Grundwasserleiter langsam und verzögert auf den Abfluss aus.

Gegenüber dem Grundwasser besitzt das Oberflächengewässer große Schwankungen im Dargebot. Das Grundwasser dient diesem somit als Puffer bei Dargebotsschwankungen. In „Trockenzeiten“ wird

¹⁸ LECHER, LÜHR, ZANKE [Hrsg.], 2001, S. 51.

der Gewässerabfluss allein aus dem Grundwasservorrat genährt, dies wird als Trockenwetterabfluss bezeichnet.

Um zu erkennen ob das Oberflächengewässer vom Grundwasser gespeist wird (Effluenz) oder umgekehrt (Influenz) werden in der Analyse die vorhandenen Grundwasserstände mit den Abflüssen verglichen. Im Falle von Niedrigwasserständen ist jedoch von effluentem Abflussverhältnis auszugehen.

Anmerkung: Grundwassermessstellen in der Nähe von Oberflächengewässern werden stark von deren Abflussverhalten geprägt und sind deshalb für die Aussage über die Entwicklung eines Grundwasserkörpers nur von bedingtem Wert. Handelt es sich um ein großes Oberflächengewässer schwankt der Grundwasserstand der Messstelle mit dem Wasserstand des Gewässers mit.

Bei der Grundwasseruntersuchung ist die Untersuchung der geologischen Schichten ebenfalls von entscheidender Bedeutung. So tritt Grundwasser in verschiedenen Formen auf: Porengrundwasser, Kluftgrundwasser und Karstgrundwasser. Darüber hinaus unterscheidet man beim Porengrundwasser in

- freies Grundwasser
- gespanntes Grundwasser
- Grundwasserstockwerke, sowie
- artesisch gespanntes Grundwasser.

Deswegen wurde im Zuge der Analyse eine grobe Analyse der geologischen Verhältnisse in Niederösterreich durchgeführt.

3.1.4.2 Wasserbauliche Maßnahmen (Anthropogene Prozesse)

Bei den anthropogenen Prozessen wird nun in Maßnahmen direkt am Fluss und denen im Einzugsgebiet unterschieden. Maßnahmen direkt im Fluss beeinflussen das Niederwasser direkt, wohingegen sich Maßnahmen im Einzugsgebiet auf Niederwasser-generierende-Prozesse auswirken.

3.1.4.2.1 Maßnahmen direkt im Fluss

3.1.4.2.1.1 Stauanlagen

Zu den Stauanlagen zählt man Talsperren und Staustufen bzw. Wehre, deren unterschiedliche Folgen nachfolgend erläutert werden.

3.1.4.2.1.1.1 Wehre

Wehre sperren einen Flussquerschnitt ab, dienen der Anhebung des Wasserspiegels und der Hebung des Grundwasserstandes sowie meist der Regelung des Abflusses. Unter anderem dienen Sie der Anhebung des Wasserspiegels für Wasserausleitungen und ermöglichen die Stromerzeugung in

Wasserkraftwerken. Es gibt feste Wehre ohne Verschlüsse und bewegliche Wehre mit Verschlüssen, mit denen sich die Abflussmenge beeinflussen lässt.

Bei Ausleitungen wird ein Teil des Wassers abgeleitet und eine gewisse Restwassermenge verbleibt im Fluss, abhängig von der Höhe des Wehres und der Einstellung der Verschlüsse.

Werden über Ausleitungen von Wehren Laufkraftwerke betrieben muss man beachten, dass diese abhängig vom Zufluss sind. Der Zufluss innerhalb eines Jahres schwankt sehr stark und kann beim Laufkraftwerk nicht gespeichert werden, sondern wird abgearbeitet wie er anfällt.

Feste Wehre beeinflussen den Niederwasserstand somit nur im Bereich von Ausleitungen, auch Mühlbäche genannt. Diese werden oftmals zur Energiegewinnung mit Laufkraftwerken verwendet und wurden früher dazu genutzt Mühlen anzutreiben. Nach dem Zusammenfließen der Ausleitungen und des ursprünglichen Flussverlaufes gibt es keine weitere Beeinflussung des Niederwasserstandes. Bewegliche Wehre können das Stauziel ändern, ändern die Abflussmenge dadurch jedoch nur kurzfristig, abhängig von der Größe des Stauraumes. Jedoch können Sie dadurch die kleinsten Jahresniederwasserdurchflüsse ändern und verwendete Kenngrößen beeinflussen.

Staustufen dienen im Allgemeinen der Hebung des Wasserspiegels um:

- eine ausreichende Wassertiefe für die Schifffahrt zu erreichen
- bei der Nutzung der Wasserkraft die Fallhöhe zu erhöhen
- durch Herabsetzen der Fließgeschwindigkeit die Erosion der Flusssohle zu verringern
- die Grundwasserverhältnisse zu verbessern
- den Abfluss zu regulieren um Entnahmen für Kühlwasser, Bewässerung, usw. zu ermöglichen.

3.1.4.2.1.1.2 Talsperren

Eine Talsperre ist eine Stauanlage bestehend aus Staubecken und Absperrbauwerk und hat die Aufgabe längerfristig Wasser zu speichern, und wird zu verschiedenen Zwecken bewirtschaftet:

- Um Schwankungen im Abfluss auszugleichen (Hochwasserschutz, Niedrigwasseranreicherung)
- Um Den Wasserbedarf vom Wasserdargebot zu entkoppeln (z.B. in der Energieerzeugung für Spitzenenergie, zur Bewässerung,...)¹⁹

3.1.4.2.1.1.3 Lauf- und Speicherkraftwerke

Bei Laufkraftwerken richtet sich das Maß der Wassernutzung nach dem Abflussregime. Laufkraftwerke nutzen die Wasserkraft ohne nennenswerte Speicherung. Laufkraftwerke bewirken zwar einen Aufstau, aber eben keine Speicherung, weshalb sie keinen nennenswerten Einfluss auf das Niederwasserregime haben.

¹⁹ KACZYNSKI, Jürgen, 1994

Bei Speicherkraftwerken, ist die Wahl des Ausbaudurchflusses in erster Linie abhängig vom Leistungsbedarf, der möglichen Speichergröße und von der Belastbarkeit der flussabwärts liegenden Gewässerstrecke. Speicherkraftwerke können über längere Zeit Wasser zurückhalten und beliebig abgeben und somit das typische Abflussregime eines Flusses verändern. So können Niederwasserabflüsse durch die Errichtung von Speicherkraftwerken erhöht werden, da durch die Regulierung Extremwerte ausgeglichen werden können.

3.1.4.2.2 Maßnahmen im Einzugsgebiet

3.1.4.2.2.1 Entwässerung

Die Errichtung von Entwässerungssystemen auf landwirtschaftlichen Flächen ist seit 1950 deutlich zurückgegangen. Nichtsdestotrotz haben diese bis heute einen großen Einfluss auf das Abflussverhalten. Offene Gräben stellen die klassische Entwässerungsmethode dar. Der Grabenabstand liegt in der Größenordnung zwischen 50 – 500 m. Oft werden zur effizienteren Bewirtschaftung die offenen Gräben durch Rohrdränung ersetzt. Entwässerungsgräben können darüber hinaus verdeckt ausgeführt werden, dabei wird der Graben mit wasserleitfähigem Material (z.B. Schotter) gefüllt. Die Verlegungstiefe orientiert sich an der nötigen Mindestabsenkung des Grundwasserspiegels und am vorhandenen Bodenprofil. Im Falle der Rohrdränung mit Kunststoffrohren liegt die Verlegungstiefe bei Ackernutzung im Allgemeinen bei etwa 1,0 m.

Im Falle von hohen Grundwasserständen senken Entwässerungssysteme somit das Niveau im gedränten Gebiet um bis zu einem Meter und führen das Wasser schneller ab, als in Gebieten ohne Entwässerung. Ausnahmefall sind dabei Sättigungsflächen, bei denen das Wasser direkt zum Abfluss gelangt und welche nach dem Errichten einer Entwässerung einen verzögerten Abfluss besitzen. Da das Grundwasser in Dürrezeiten als Speicher der Flüsse gilt, verringert ein Absenken des Grundwasserspiegels auch den Niederwasserabfluss. Je größer der Anteil an gedränten Flächen ist, desto geringer ist der Niederwasserabfluss.

3.1.4.2.2.2 Bewässerung

Bewässerung erfolgt entweder über direkte Entnahme von Wasser aus dem Vorfluter oder durch Entnahme aus dem Grundwasser. Jegliche Entnahme von Grundwasser führt zu einer Veränderung des Grundwassersystems. Wird mehr Grundwasser entnommen, als durch Niederschlag oder Uferfiltrat nachkommt sinkt der Grundwasserspiegel ab. Dadurch wird das Potenzial des Grundwassers gesenkt und der Eintritt des Grundwassers in den Vorfluter verzögert. Wird durch einen ufernahen Brunnen die Sickerlinie stark beeinflusst, kann es dazu kommen, dass der Grundwasserleiter nicht mehr in den Fluss einspeist, sondern der Fluss in diesen.

3.1.4.2.2.3 Kanalisation

In der Kanalisation werden in dem in Österreich üblichen Mischverfahren, Schmutz- und Regenwasser in unterirdischen Kanälen gesammelt und abgeleitet. Diese Abwässer gelangen anschließend zu einer zentralen Abwasserreinigungsanlage, in der diese nach der Reinigung in den Vorfluter gelangen. Bei stärkeren Regenfällen gelangt ein Teil des Abfluss über Entlastungsanlagen direkt in den Vorfluter. Die erforderlichen Bauwerke müssen deswegen so gestaltet werden, dass durch die Entlastungsanlagen das Gewässer nicht unzulässig belastet wird. Die Kanalsole von Schmutz- und Mischwasserkanälen muss sich mindestens 2,5 m unter dem Gelände befinden. Im städtischen Bereich liegen Abwasserkanäle meist in einer Tiefe von 3 bis 4 m.

Bei der Errichtung in offener Bauweise wird zuerst eine Baugrube ausgehoben und diese je nach Tiefe vor Einsturz gesichert. Liegt die Baugrube im Grundwasser ist es notwendig eine Trockenlegung der Grabensohle zu erreichen. In diesem Fall wird das Wasser in Filtergräben, welche mit Kies oder Schotter verfüllt werden, gesammelt und zu Pumpensämpfen abgeleitet, wo das Wasser abgepumpt wird. Anschließend werden die Rohrleitungen verlegt, die Filtergräben unterbrochen und anschließend die Baugrube mit oft kiesigem Material verfüllt. Oft kommt es dabei zu einer ungewollten oder auch gewollten Grundwasserabsenkung, da das Grundwasser entlang der neu geschaffenen Trasse schneller abfließen kann, da das neu verfüllte Material nicht so dicht ist, wie das ursprüngliche Material. Darüber hinaus könnte durch die Errichtung der Kanalisation ein Grundwasserstauer durchbrochen werden und das obere Grundwasserstockwerk in das untere abfließen. Diese Effekte werden im Laufe der Analyse anhand von Grundwassermessstellen überprüft werden.²⁰

3.1.4.2.2.4 Wasserversorgung

Bei der Gewinnung von Trink- und Betriebswasser werden nach Art und Herkunft unterschieden. In Niederösterreich sind 90 % der Bevölkerung an das zentrale Wasserversorgungsnetz angeschlossen, die restlichen 10 % besitzen über eigene Versorgungssysteme. Zur zentralen Wasserversorgung wird in Niederösterreich Wasser aus Brunnen und Quellen entnommen und über Leitungen in Behältern gespeichert um Verbrauchsspitzen ausgleichen zu können. Von den Behältern ausgehend wird das Wasser weiter über Versorgungsleitungen an die Haushalte, Gewerbe und Industrie verteilt. Bei Versorgung mit Betriebswasser wird neben der Nutzung der zentralen Wasserversorgung auch Oberflächenwasser entnommen.

Für Wasserversorgungsanlagen wird und wurde in Österreich fast ausschließlich der Kiesfilterbrunnen, ein Brunnentyp der Bohrbrunnen, hergestellt. Nach Durchteufen eines Grundwasserleiters von ausreichender Mächtigkeit und Wasserführung wird in die Bohrung ein

²⁰ MARTZ, Georg 1987, S. 218 ff.

Filterrohr mit Sumpfrohr eingebaut, mit Filterkies umschüttet und mit einem bis an die Oberfläche reichenden Vollwandrohr versehen. Die Tiefe des Brunnen richtet sich nach der Tiefenlage des Grundwasservorkommens und erschließt dieses entlang der gesamten Filterstrecke. Bei der Planung von Brunnen wird im Allgemeinen darauf geachtet, dass durch die Entnahme keine großen Wasserspiegel-Absenkungen auftreten. D.h. es wird darauf geachtet, dass nicht mehr Wasser entnommen wird, als nachfließt.²¹

Kommt es nicht zu Grundwasserabsenkungen kann dies aber auch daran liegen, dass der Brunnen sein Wasser aus tieferen Grundwasserleitern bezieht.

Wird ein Brunnen in Ufernähe errichtet und wird dieser durch Wasser aus dem Fluss und durch das Grundwasser gespeist so nennt man dieses Wasser Uferfiltrat.

Die für die Wasserversorgung verwendeten Versorgungsleitungen werden in einer Tiefe von 1,0 bis 1,8 m verlegt und ebenso wie Abwasserleitungsgräben wieder verfüllt. Auch hier kann es daher zu ungeplanten Grundwasserabsenkungen kommen.

3.1.4.2.2.5 Haushalte, Industrie und Landwirtschaft

Der Wasserverbrauch bzw. –gebrauch dieser Bereiche hängt stark von der lokalen Infrastruktur ab, es lassen sich jedoch grobe Abschätzungen treffen.

- Der Wassergebrauch pro Einwohner lässt sich auf etwa 40 m³ pro Einwohner und Jahr schätzen. Dabei schwankt dieser über das Jahr gesehen. Der Gebrauch im April entspricht ungefähr dem mittleren Jahresgebrauch (siehe Tabelle 1). Unabhängig von diesen Schwankungen gelangt das Wasser jedoch immer über Kläranlagen in den Vorfluter.

Siedlung	Januar	April	Juli	September	November
Dorf	5	8	12.5	10	6
Kleinstadt	6	8	11	10	7
Großstadt	7.8	8.3	8.9	8.5	8.2

Tabelle 1: Wassergebrauch pro Monat in Prozent des Jahresgebrauchs

- In der Industrie muss beachtet werden, zu welchem Zweck das Wasser verwendet wird. Es kann dabei zur Kühlung verwendet werden und wieder in den Vorfluter abgegeben werden, andererseits kann es auch in Kühltürmen verdampfen.
- Bei der künstlichen Bewässerung in der Landwirtschaft kommt es hingegen zu einem fast vollständigen Verlust des Wassers durch Verdunstung bzw. Aufnahme durch die Kulturpflanzen.

²¹ BIESKE, Erich 1997, S. 16 ff.

3.1.4.2.2.6 Versiegelung

Wenn der Untergrund so undurchlässig ist, dass keine Niederschläge versickern können, fließt der Niederschlagsabfluss allein über die Oberfläche in die Gewässer ab. Unter der Annahme eines vollkommen undurchlässigen Einzugsgebietes, würde also während eines Niederschlagsereignisses der Abfluss zunehmen und nach dessen Ende langsam abklingen, bis schließlich kein Wasser mehr abfließen würde. Da der Anteil der Versiegelungen jedoch sehr gering ist führen die Gewässer auch in Trockenzeiten Wasser. Vor allem in Niederösterreich ist der Anteil der Versiegelungen vernachlässigbar klein.²²

3.1.4.2.3 Auswirkungen der anthropogenen Maßnahmen

Es wurden nun die anthropogenen Maßnahmen beschrieben, in weiterer Folge sollen nun die Auswirkungen zusammengefasst werden. Bei den Auswirkungen unterscheidet man in die Maßnahmen, welche das Niederwasser positiv und negativ beeinflussen. Darüber hinaus wird diesmal unterschieden zwischen Auswirkungen direkt im Fluss und denen im Einzugsgebiet. Weiters muss darauf geachtet werden, ob der Einfluss auf die Niederwasserabflüsse kurzfristig durch Einzelmaßnahmen oder längerfristig durch Veränderungen im Einzugsgebiet ist.

3.1.4.2.3.1 Auswirkungen direkt im Fluss

1. **Direkte Entnahmen und direkte Einleitung für industrielle, landwirtschaftliche und kommunale Zwecke:** Die kurzfristige direkte Entnahme, wie auch die Einleitung, kann zu einer Beeinflussung der Abflusstagesmittelwerte und somit der kleinsten Jahresniederwässer führen. Durch die Wahl eines geeigneten Niederwasserkennwertes können diese Effekte jedoch beherrscht werden. Bei längerfristigen Entnahmen bzw. Einleitungen ändert sich dadurch das Niederwasserabflussregime. Daher muss man auf das Errichtungsjahr einer solchen Maßnahme achten.
2. **Direkte Einbringung von Wasser durch Kanäle:** Auch hier muss unterschieden werden zwischen kurzfristiger und langfristiger Beeinflussung. Ist sie kurzfristig muss man auf die Wahl des Niederwasserkennwertes achten, ist sie langfristig muss man auch hier auf das Jahr der Errichtung achten, da durch diese Maßnahme ab diesem Zeitpunkt das Abflussregime geändert wurde.
3. **Konstruktion von Dämmen und Regulierung von Flüssen:** Auch hier muss in kurz- bzw. langfristige Beeinflussung unterschieden werden. Kurzfristige Einflüsse mit einer Dauer von wenigen Stunden oder Tagen führen zu einer Beeinflussung der Abflusstagesmittelwerte und somit der kleinsten Jahresniederwässer. Dazu gehören Abflussschwankungen durch Wehrsteuerung, Tagesspeicherkraftwerke oder Fischteichbewirtschaftung. Wie bei Punkt 1

²² HÖLTING, Bernward; COLDEWEY, Wilhelm G., 2013, S. 98

und 2 lassen sich die Effekte dieser Maßnahmen durch die Wahl eines geeigneten Niederwasserkennwertes beherrschen. Langfristigen Auswirkungen hingegen, wie z.B. Speicherkraftwerken, permanente Aus-, Ein- und Überleitungen (Mühlbäche) führen auch hier zu einer Änderung des Niederwasserabflussregimes und man muss auf den Zeitpunkt der Errichtung achten.²³

Punkt 1 kann sich je nachdem ob es sich um Entnahme, Einleitung oder beides positiv als auch negativ auf den Durchfluss auswirken. Punkt 2 wirkt sich positiv auf den Niederwasserdurchfluss aus und Punkt 3 kann sich wiederum positiv als auch negativ auf den Abfluss auswirken. Die Größe der Einflussnahme ist jeweils abhängig von der Größe der Maßnahme, der Größe des Einzugsgebietes und dem Abflussregime im Allgemeinen.

3.1.4.2.3.2 Auswirkungen im Einzugsgebiet

1. **Grundwasserentnahmen:** Diese beeinflussen die Sickerlinienoberfläche und damit das Potenzial des Grundwassers und den Eintritt in den Vorfluter. Bei ufernahen Grundwasserpumpen kann es zum Absenken des Grundwasserspiegels führen, sodass sich die Sickerlinie so stark ändert, dass der Aquifer nicht mehr in den Fluss einspeist, sondern der Fluss in den Aquifer. Dies wirkt sich negativ auf das Habitat des Flusses aus und kann Niederwasserereignisse hervorrufen und verstärken.
2. **Künstliche Entwässerung** zum Zwecke der Landwirtschaft, für Baukonstruktionen, Bodenversiegelung bzw. durch die Auswirkung der Errichtung von Kanalisationsnetzen: Dies kann zu einem schnelleren Abfluss des Wassers des Bodenspeichers führen, was sich wiederum negativ auf Niederwasser auswirken kann.
3. **Änderung des Vegetationsregimes** durch Aufforstung oder Abholzung: Diese können das Niveau der Verdunstungsverluste ändern. Durch **Aufforstung** entsteht ein dichteres Blattwerk und die Verdunstung wird erhöht. Gleichzeitig werden dadurch die Bodenstruktur und die Bodeneigenschaften verändert. Dadurch gelangt mit hoher Wahrscheinlichkeit weniger Niederschlag in den Vorfluter.
4. Durch die **Abholzung** kann mehr Wasser abfließen und über das Grundwasser in den Vorfluter gelangen – Grundwasserspiegel und Niederwasserpegel steigen an. Andererseits kann durch eine extensive Abrodung ebenfalls ein Rückgang von Niederschlägen verursacht werden, was wiederum ein Absenken des Grundwasserspiegels verursachen würde.²⁴

²³ LAAHA, Gregor; BLÖSCHL, Günter, 2007, S. 4.

²⁴ SMAKHTIN, V.U. 2001, S. 29 f.

Punkt 1 und 2 wirken sich negativ auf den Niederwasserabfluss aus. Im Falle einer Aufforstung, wie in Punkt 3 wirkt es sich negativ aus, und im Falle einer Abholzung wirkt es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit positiv auf die Niederwasserabflüsse aus.

3.2 Methodik

Um die Auswirkungen des Klimas auf das Niederwasser methodisch zu beurteilen existieren in Österreich drei verschiedene Arten:

1. Man kann beobachtete Daten eine Trendanalyse unterwerfen. Diese Trendanalysen werden auf die Signifikanz von Trends und deren regionalen Unterschieden untersucht. Diese Trends, aus hydrologischen sowie wasserwirtschaftlichen Größen, werden anschließend mit den Trends aus der Meteorologie verglichen – Niederschläge und Lufttemperatur. Daraus werden anschließend je nach Signifikanz weiche bis harte Aussagen über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft geschlossen.
2. Weiters kann man die Klimaauswirkungen über eine Szenarienrechnung beurteilen. Dabei wird ein Klimamodell mit einem hydrologischen Modell gekoppelt, um dann die Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft festzustellen. Vorteil ist man kann die einzelne Komponenten des Systems genau analysieren, die Ergebnisse sind jedoch immer nur so sicher wie das Modell selbst.
3. Die dritte Art der Beurteilung ist es Schlüsse auf Basis von allgemeinen Überlegungen über die wichtigsten Prozesse zu ziehen. Man kann somit nachvollziehbare Zusammenhänge gut darstellen, jedoch ist es schwierig die Größenordnungen von Einflüssen zu quantifizieren.

Da die Unsicherheiten bei der Quantifizierung von wasserbaulichen Maßnahmen durch fehlende Aufzeichnungen von Wasserdurchflüssen bzw. Entnahmemengen sehr groß ist würden bei Verwendung eines Modells auch dessen Ergebnisse eine hohe Unsicherheit besitzen. Deswegen wurde versucht die Komplexität des Systems gering zu halten um Auswirkungen leichter erkennen zu können.

Die angewandte Methodik ist nun eine Mischung aus Variante 1 und 3. Wie dabei vorgegangen wurde wird im nächsten Kapitel behandelt.

3.2.1 Vorgangsweise

Ausgangspunkt der Analyse war die Studie über die Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft, einer Studie der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik und der Technischen Universität Wien im Auftrag von Bund und Ländern. Im ersten Schritt wurden die Niederwassertrends aus dieser Studie nachgebildet. Dabei wurden die Trends der Q95 Jahreswerte in

der Periode 1950 bis 2007 (mind. 45 Jahre) sowie die der Vierteljahresniederwasserdurchflüsse nachgerechnet.²⁵ Ebenso wurde die Periode 1976 bis 2007 (mind. 25 Jahre) nachgerechnet. Die genaue Vorgehensweise gliedert sich dabei in folgende Teile:

- Berechnung der Werte für Q95
- Lineare Regression mittels Theil-Sen Schätzer
- Prüfung auf Signifikanz des Trends mit Mann- Kendall Signifikanztest

Die Ausgabe des Trends in Prozent pro Jahr drückt sich in folgender Gleichung aus:

$$\text{Trend in Prozent} = \frac{\text{Steigung der Gerade}}{\text{Mittelwert der berechneten Werte für } Q_{95}} * 100$$

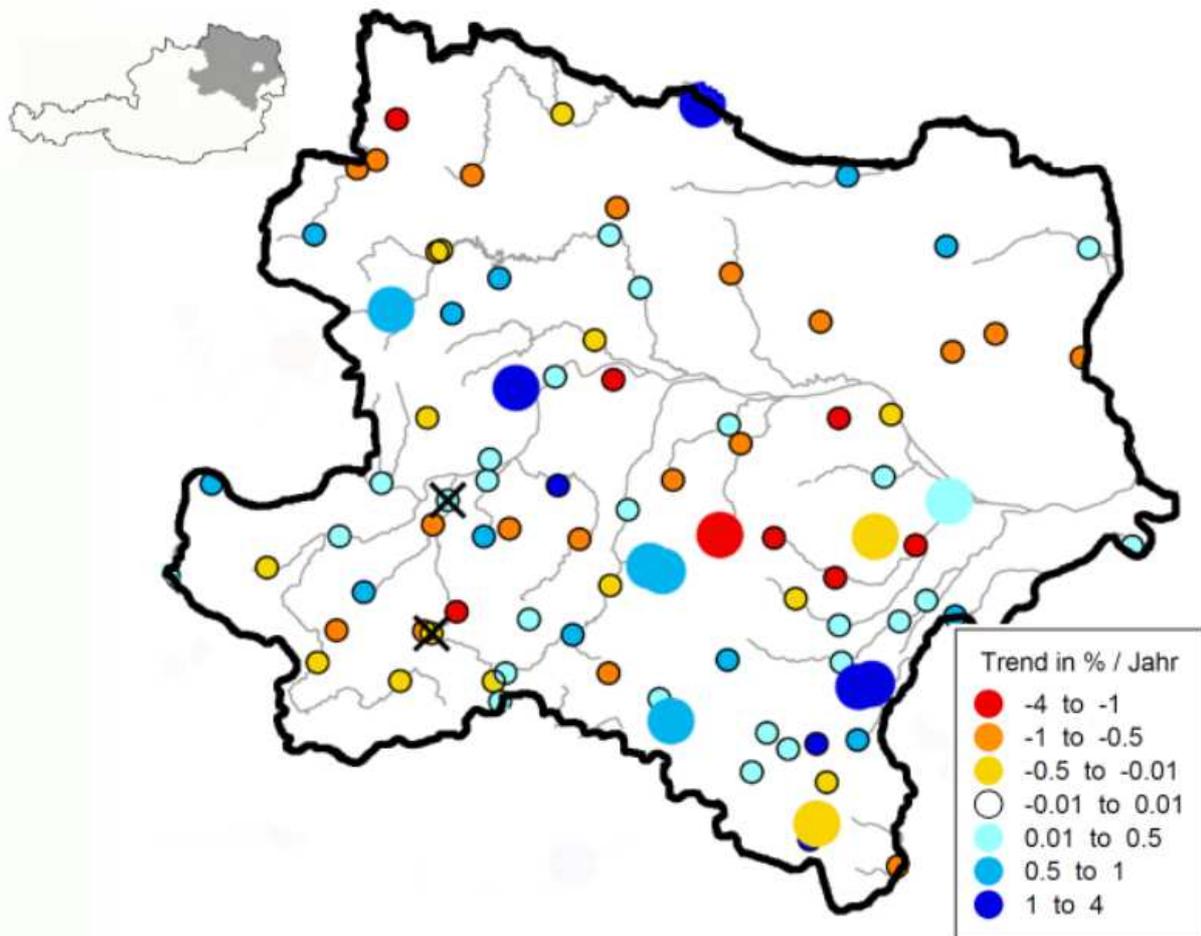


Abbildung 4: Trends der Jahresniederwasserdurchflüsse Q95 für Niederösterreich für die Periode 1976 – 2007 übernommen aus Schöner, W.; Blöschl, G. et al. (2011, S. 278 f). Pegel mit mindestens 25 Jahren Beobachtung. Die großen blauen Kreise zeigen steigende Trends, große rote Kreise zeigen fallende Trends. Kleine Kreise zeigen nicht signifikante Trends. Kreuze zeigen Pegel, die durch Überleitung/Speicher beeinflusst sind.

Die Niederwassertrends aus dieser Studie wurden nachgebildet und auf einheitliche Trends untersucht. Dabei ergaben sich für die Periode 1950-2007 für die Vierteljahresniederwässer der

²⁵ SCHÖNER, W., et al. 2011, S. 278 f.

Monate JJA (Juni, Juli, August) eher fallende Trends. Der Rest der Periode 1950 -2007 ergab keine eindeutigen Trends. Ebenso wiesen die Trends der Periode 1976 – 2007 keine eindeutigen Trends in die eine oder andere Richtung auf (siehe Abbildung 5).

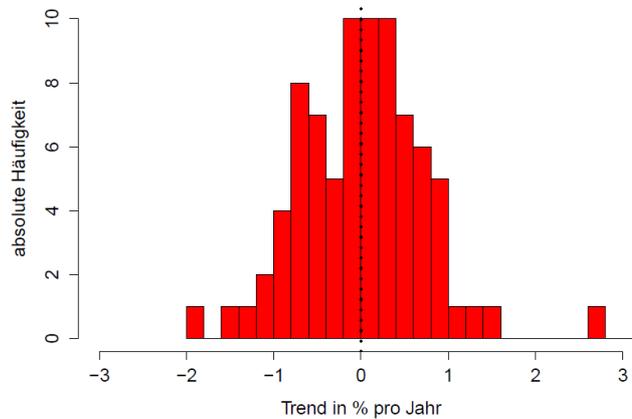


Abbildung 5: Trends der Q95 Jahresabflüsse für die Periode 1976 – 2007. Die Trends sind überwiegend steigend, signifikante Trends sind ausschließlich steigend

Daraufhin wurden die Trends der Niederschlagsjahressummen für Niederösterreich mit der gleichen Trendberechnung nachgebildet. Für diese ergaben sich hauptsächlich steigende Trends, vor allem für die Periode 1976 – 2007, signifikante Trends waren ausschließlich steigend (siehe Abbildung 6). Da dies für die Q95 Trends nicht gilt, kann man ableiten, dass wahrscheinlich die meisten Q95 Abflusstrends nicht direkt von den Trends der Niederschlagsjahressummen abhängig sind.

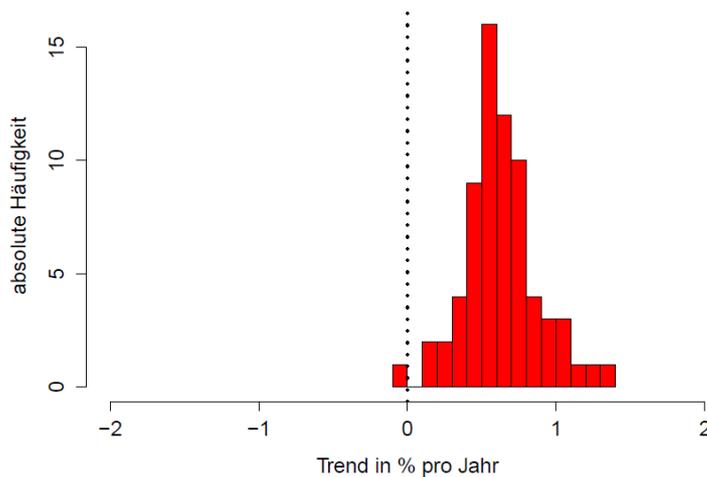


Abbildung 6: Trends der Niederschlagsjahressummen für die Periode 1976 – 2007. Die Trends sind überwiegend steigend, signifikante Trends sind ausschließlich steigend

Im nächsten Schritt wurden die Abflussmessstellen nach beeinflussten und unbeeinflussten Flüssen nach einer Einteilung in Schöner, W.; Blöschl, G. et al. (2011, S. 279) und unter Rücksprache mit Gregor Laaha unterschieden. Für die Messstellen waren dabei nur Pegelmessstellen, die seit 1976 gemessen wurden inkludiert. Darüber hinaus wurden diese auf Beeinflussungen laut

Hydrographischen Jahrbuch und mit der ÖK 50 Karte auf Überleitungen und Kraftwerksstandorte überprüft, sowie visuell die kontinuierlichen Ganglinie (Stundenwerte oder höher aufgelöst) überprüft. Aufbauend darauf wurden die Messstellen in beeinflusste und unbeeinflusste unterteilt.

Von den untersuchten Messstellen in Niederösterreich sind etwa 20 % beeinflusst und 80 % unbeeinflusst. Anschließend wurden die Q95 Jahrestrends der beeinflussten und der unbeeinflussten Messstellen miteinander verglichen. Die beeinflussten Messstellen folgen dabei einem ähnlichen Trend wie die unbeeinflussten Messstellen (siehe Abbildung 7). Durch diese erste grobe Analyse ließ sich also kein markanter Unterschied in den Trends feststellen. Dies lässt den ersten Schluss zu, dass der menschliche Einfluss kleiner als der Einfluss der Klimavariabilität ist. Da jedoch die Stichprobe relativ klein ist, ist diese Aussage mit Vorsicht zu genießen.

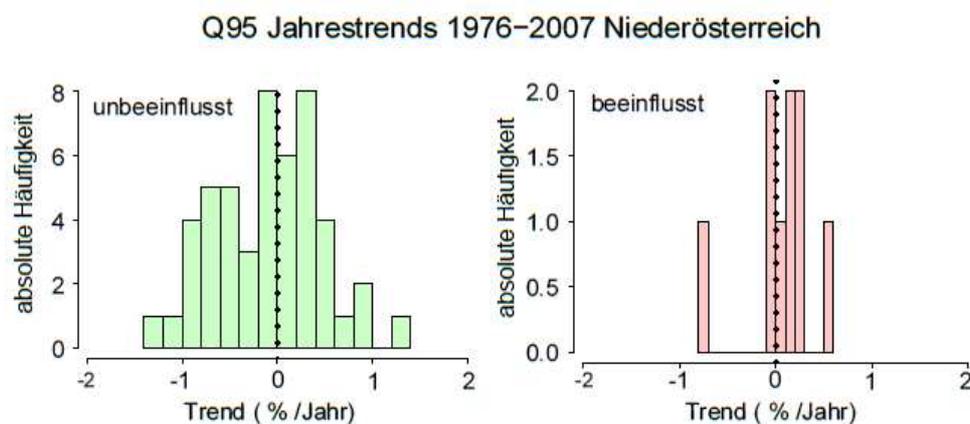


Abbildung 7: Von den untersuchten Messstellen in Niederösterreich sind etwa 80 % unbeeinflusst (grün) und 20 % beeinflusst (rot). Die Unterteilung nach beeinflussten und unbeeinflussten Messstellen erfolgte nach einer Einteilung in Schöner, W.; Blöschl, G. et al. (2011, S. 279). Die Q95 Jahrestrends der beeinflussten und der unbeeinflussten Messstellen wurden miteinander verglichen. Die beeinflussten Messstellen folgen dabei einem ähnlichen Trend wie die unbeeinflussten Messstellen.

Daraufhin wurde die Trendanalyse nur an vereinzelt Messstellen unter zusätzlicher Berücksichtigung der wasserbaulichen Maßnahmen untersucht. Das Ziel dabei war es herauszufinden, ob sich die Trends allein durch die Klimavariabilität ergeben, oder ob eine Beeinflussung des Menschen im Spiel ist.

Die Summe an wasserbaulichen Maßnahmen ist sehr groß und es ist mitunter überaus aufwändig bis unmöglich diese zu quantifizieren. Eine ausführliche Beschreibung über die Datensammlung befindet sich im nächsten Kapitel (siehe 3.2.3 Anthropogene Einflüsse).

Die Untersuchungsgebiete wurden nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewählt. Da, wie in den vorhergegangenen Untersuchungen gezeigt wurde, dass die Klimavariabilität einen großen Einfluss auf die Niederwassertrends besitzt wurden nach Möglichkeit Gebiete mit starker Beeinflussung der

den Menschen ausgewählt. Weiters wurde darauf geachtet schon in dieser Phase mögliche Sprünge in den Zeitreihen zu identifizieren, welche später auf mögliche menschliche Beeinflussung zurückschließen lassen könnte.

Anschließend wurden die gesammelten Informationen zusammengetragen, verglichen und Schlüsse gezogen. Dabei wurden die Daten aus folgenden Messstellen verwendet:

- Durchfluss- Tagesmittel von Oberflächengewässer (gemittelt aus den Werten von Schreibpegel mit Abflussangabe) in m³/s
- Niederschlagstagesummen in mm/Tag
- Grundwasserstands- Monatsmittel in m ü.A.
- Mittlere Monats- und Jahres Temperaturen in °C

Diese Daten wurden qualitativ interpretiert und anschließend mit den anthropogenen Einflüssen verglichen: Dabei wurden die Errichtung von

- Wehren, Talsperren und Kraftwerken,
- Fischteichen,
- Entwässerungsanlagen,
- Kanalisationen,
- Bewässerungsanlagen,
- Kommunale Wasserversorgung,
- die Änderungen in der Landnutzung

betrachtet.

Dabei wurde der Fokus, je nach Einzugsgebiet, auf die Maßnahmen mit den größten Einwirkungen auf den Niederwasserdurchfluss gelegt.

Nach Abschluss aller Interpretationen, wird beurteilt ob und wie viel vom berechneten Trend der Studie²⁶ tatsächlich dem Klimawandel zuzuschreiben ist, und wie viel durch den Menschen verursacht wurde.

Im nächsten Kapitel soll kurz auf die Trendanalyse eingegangen werden und dabei aufgetretene Probleme aufgezeigt werden.

²⁶ SCHÖNER, W., et al. 2011, S. 278 f.

3.2.2 Allgemeines zur Trendanalyse

Bei der angewandten Trendanalyse wurde die lineare Regression mittels Theil- Sen Schätzer verwendet. Nun verhält es sich mit Klimaeinflüssen so, dass diese nicht linear verlaufen, sondern meist in Kurven und Perioden. Mit der linearen Regression wird somit einerseits über diese Kurven hinweg gemittelt und andererseits fallen beim Theil- Sen Schätzer durch dessen Berechnungsverfahren die Anfangs- und Endwerte einer Datenreihe mehr ins Gewicht als andere. Somit kann ein Trend je nach Wahl der Beobachtungsdauer stark variieren.

Die Probleme waren somit die Folgenden:

- Starke Abhängigkeit von Anfangs- und Endwerten
- Klimavariabilität verläuft in Kurven
- Sprünge werden im Trend nicht erfasst

Es wurde mittels kubischer Splines der Verlauf der Q95 Abflüsse nachgebildet. Diese Ausgleichskurven bildeten die Variabilität und somit den Verlauf der Klimavariabilität nach. Anschließend wurden diese Kurven mit anderen Messstellen in der Umgebung und ähnlichen klimatischen Bedingungen verglichen. Dies wurde solange gemacht, bis sich für mehrere Messstellen eine einheitliche Kurve für die Klimavariabilität fand.

Nun soll bevor mit der Beschreibung der Analysen begonnen wird noch auf die Datensammlung der anthropogenen Einflüsse eingegangen werden.

3.2.3 Anthropogene Einflüsse

Bei anthropogen beeinflussten Flüssen gibt es 2 Arten den natürlichen Abfluss festzustellen. Einerseits durch ermitteln aller anthropogenen Einflüsse und einer Bilanzierung dieser oder durch eine Regionalisierung. Da die Genauigkeit einer Regionalisierung geringer ist als die einer Bilanzierung, wurde die Bilanzierung gewählt.

Informationen über eventuelle Beeinflussungen eines Gewässerabschnittes sind anhand von Kommentaren und Fußnoten bzw. in dem Verzeichnis „ Durch Zuleitungen, Ableitungen und Speicherungen in Österreich beeinflusste Messstellen“ des Hydrographischen Jahrbuches festgehalten. Zur tatsächlichen Analyse eines Gewässerabschnittes sind diese Informationen, jedoch nur für eine erste grobe Abschätzung hilfreich. Anschließend muss die Bilanzierung mit der Onlinedatenbank des Wasserbuchs weitergeführt und vertieft werden.

Im Wasserbuch sind alle menschlichen Maßnahmen, welche mit Wasser in Berührung kommen, enthalten. Diese sind georeferenziert und für das Land Niederösterreich im „NÖ-Atlas“ enthalten (siehe Abbildung 11).

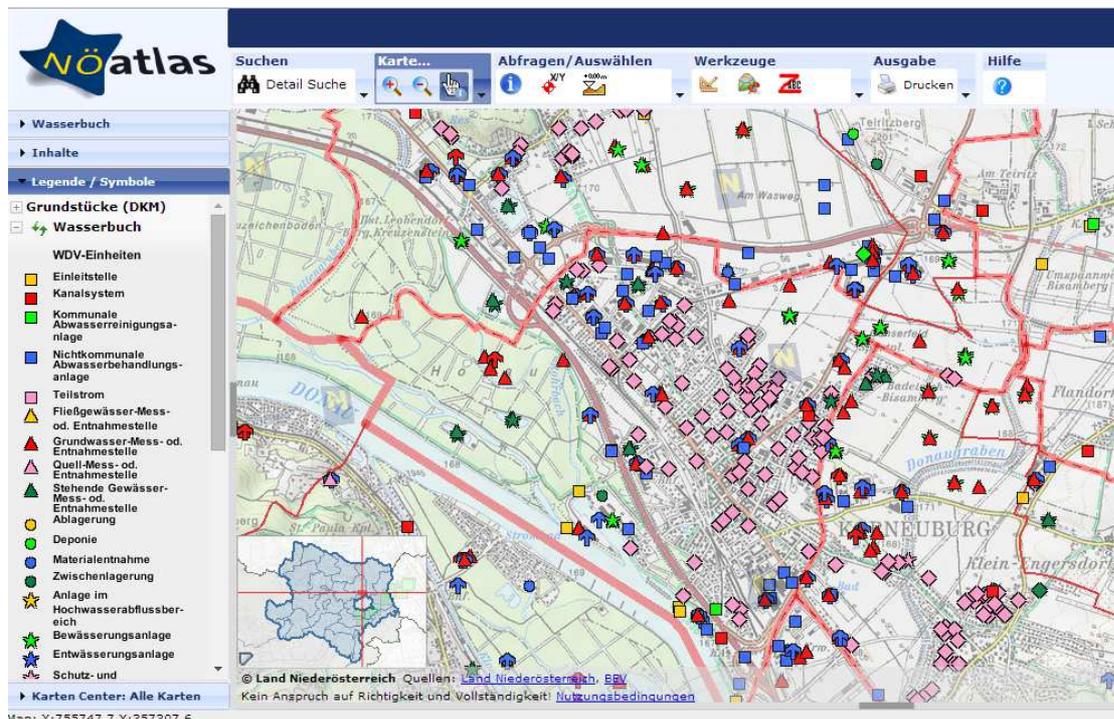


Abbildung 8: Ansicht des Wasserbuchs auf der online- Plattform des NÖ-Atlas. Über die einzelnen georeferenzierten Symbole, welche unterschiedliche Wassernutzungen darstellen, kann man auf den jeweiligen Wasserbuchauszug zugreifen.

Mit dem NÖ-Atlas kann man somit auf das Wasserbuch zugreifen und somit auf den Wasserbuchauszug. In diesem wird z.B. festgehalten, wie viel Wasser pro Jahr/ Tag/ Sekunde maximal entnommen werden darf. Ebenso wird angegeben, wann der Bewilligungsbescheid für eine Maßnahme erteilt wurde, und wann der Überprüfungsbescheid freigegeben wurde. Dieser überprüft nach der Fertigstellung einer Maßnahme, z.B. Brunnen, ob dieser die bewilligten Entnahmemengen vorschriftsmäßig einhält. Eine weitere Kontrolle oder Aufzeichnung der Entnahmen gibt es allerdings nicht.

Die Regelung bei Wassermangel ist im Wasserbuch folgendermaßen geregelt:

„Einschränkung bestehender Wasserbenutzungsrechte bei Wassermangel

§ 25. Wenn wegen eingetretenen Wassermangels bereits bestehende Wasserbenutzungsrechte nicht vollständig befriedigt werden können, hat in Ermangelung von Übereinkommen die Wasserrechtsbehörde das vorhandene Wasser unter Wahrung des nach § 13 den Gemeinden, Ortschaften und einzelnen Ansiedlungen zustehenden Anspruches nach Rücksichten der Billigkeit, namentlich durch Festsetzung gewisser Gebrauchszeiten oder durch andere, den Gebrauch entsprechend regelnde Bedingungen, durch Bescheid in der Art zu verteilen, dass jeder Anspruch aus einem bestehenden Wasserbenutzungsrecht bei wirtschaftlicher Wasserbenutzung und

allfälliger Verwendung einfacher, behelfsmäßiger Einrichtungen so weit wie möglich befriedigt wird.“²⁷

Problem bei der Analyse der Maßnahmen auf diese Art, ist dass man den tatsächlichen Verbrauch nur schätzen kann, und das man den genauen Zeitpunkt der Fertigstellung nur auf die Zeit zwischen Bewilligungs- und Überprüfungsbescheid einschränken kann. Darüber hinaus wurden teilweise Wasserversorgungsanlagen, Wehre oder Kanalisationen, welche in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts errichtet wurden erst Jahre nach der Errichtung im Wasserbuch erfasst. In diesem Fall sind nur das Jahr der Bestandsaufnahme und die jeweiligen Wasserrechte aufgezeichnet. Der Versuch, die genauen Wasserverbrauchsmengen zu eruieren führte dazu direkt bei den Wasserverbrauchern nachzufragen, welche aber in den meisten Fällen nur unzureichende Aufzeichnungen besitzen, oder diese erst gar nicht herausgeben wollen. Wahrscheinlich befürchten diese eine Mahnung, da Sie möglicherweise in dem einen oder anderen Jahr mehr Wasser entnommen haben, als bewilligt gewesen wäre.

Der nächste Abschnitt beschäftigt sich mit der Wahl geeigneter Kenngrößen um Vergleiche mit den Q95 Abflüssen aufzustellen.

3.2.4 Gewählte Einheiten

Für den Vergleich mit den Q95 Abflüssen wurden die folgenden Einheiten gewählt. Aus den Niederschlagstagesummen wurden Niederschlagsjahressummen gebildet. Warum dies so geschah wird unter 3.2.4.1 erklärt. Für die Grundwasserstände wurden direkt die Grundwasserstands-Monatsmittel übernommen. Für die Temperatur wurde das Jahresmittel bzw. Monatsmittel gewählt.

Wehre, Talsperren und Kraftwerke wurden Anzahlmäßig erfasst, wobei erfasst wurde ob es sich um Staukraftwerke, Laufkraftwerke oder Wehre zur Fischteichbewirtschaftung handelte. Große Speicherkraftanlagen können das Abflussregime stark beeinflussen, Laufkraftwerke haben hingegen keine großen Speicher, können den Wasserstand jedoch kurzzeitig ändern. Diese Art der Änderungen wurde jedoch durch die Wahl des Q95 Abflusses als ausgeschlossen angesehen.

Fischteiche wurden über ihr Volumen quantifiziert, mit der Annahme, dass die Entnahmemenge, proportional zum Teichvolumen stieg.

Für Kanalisationen und Entwässerungen wurde die beeinflusste Fläche ermittelt. Je größer die kanalisierte Fläche, desto schneller fließt das Grundwasser ab und desto geringer ist der Grundwasserstand, was sich negativ auf den Niederwasserabfluss auswirkt.

²⁷ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2013, Wasserrechtsgesetz - WRG 1959 idF BGBl. I Nr. 98/2013, S.18

Bewässerungsanlagen und Kommunale Wasserversorgungen wurden über die Anzahl der Brunnen erfasst. Teilweise konnten Verbrauchszahlen für kommunale Wasserversorgungen eruiert werden. In den meisten Fällen ist es jedoch schwierig bis unmöglich an die Verbrauchsdaten zu gelangen.

Die Änderung der Landnutzung wurde laut Corine Landscape festgestellt und in Prozent angegeben.

3.2.4.1 Niederschlag

Der Q95 Abfluss ist eine Kenngröße aufbauend auf der Dauerlinie, welche sich aus der Ganglinie des Abflusses zusammensetzt und somit nur eine Abflussmenge zu einem fiktiven Zeitpunkt beschreibt. Um eine adäquate Größe für den Niederschlag zu finden wurde zuerst eine Dauerlinie für die Niederschläge erstellt. Da es jedoch meist an 50 % der Tage nicht regnet, ist die Wahl einer 95 %-igen Überschreitungshäufigkeit sinnlos (siehe Abbildung 9). Ein Wert mit einer 45 %-igen Überschreitungshäufigkeit ist ebenso nicht sinnvoll, da der Abfluss nicht allein vom Niederschlag, sondern ebenso vom Abflussregime abhängt und mit der Wahl eines solchen ein hoher Informationsverlust einhergehen würde.

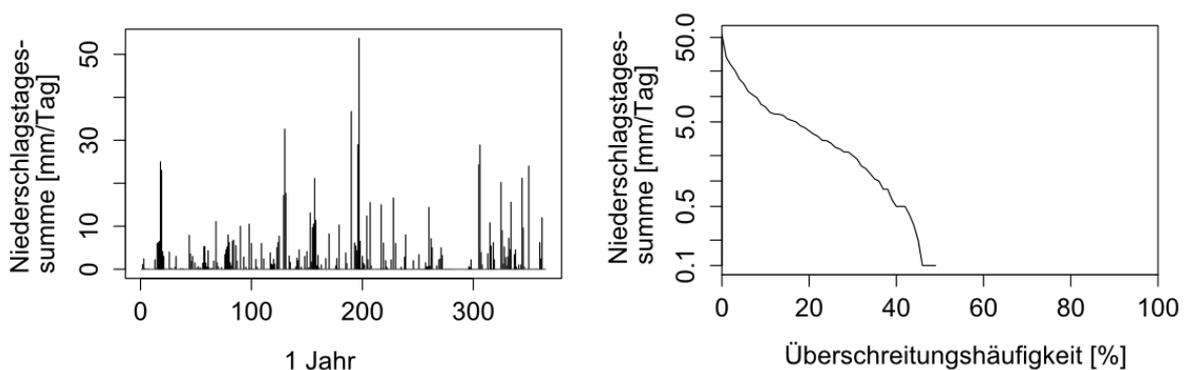


Abbildung 9: Vergleich der Niederschlagstagesummen aufgetragen über ein Jahr, mit der zugehörigen Dauerlinie. Die Wahl einer ähnlichen Kenngröße wie dem Q95 Abfluss fällt bei Niederschlägen schwer.

Anschließend wurde die Dauer von Dürren mit einer maximalen Obergrenze in mm/Bezugsdauer festgelegt. Nach mehreren Vergleichen von Q95 Abflüssen und Dürredauern wurde diese Kenngröße jedoch auch verworfen.

Schließlich wurde die Jahresniederschlagssumme zum Vergleich mit den jährlichen Q95 gewählt. Hierbei wird der Informationsverlust möglichst gering gehalten und man konnte Zusammenhänge in der Niederschlags-Abfluss Beziehung erkennen.

Der nächste Abschnitt wird sich nun mit der schrittweisen Analyse der verschiedenen Einzugsgebiete beschäftigen.

4 Analyse

4.1 1. Analyse – Leopoldsdorf im Marchfeld/ Rußbach

Die Messstation Leopoldsdorf im Marchfeld/ Rußbach liegt etwa im Zentrum des Marchfelds. Dieses wurde aufgrund seiner besonderen Geschichte und Charakteristik ausgewählt. In diesem Gebiet wurde keine der Trendanalyse in der Studie²⁸ durchgeführt, da es durch die Fertigstellung des Marchfeldkanals im Jahre 1992 zu einem Sprung kam und eine lineare Trendanalyse in diesem Fall keinen Sinn machte. Deswegen wurde in diesem Fall auch von meiner Seite keine Trendanalyse gemacht, sondern ausschließlich Schlüsse auf Basis von allgemeinen Überlegungen über die wichtigsten Prozesse gezogen, wie im Abschnitt 3.2 beschrieben.

4.1.1 Lage

Geographisch liegt das Marchfeld in der Nordhälfte des Wiener Beckens, das entlang der Donau etwa 60 Kilometer breit ist. Es weist eine Fläche von etwa 1.000 km² auf, wovon ca. 70 % landwirtschaftlich genutzt werden.



Abbildung 10: Übersichtskarte des Einzugsgebiets der Messstelle Leopoldsdorf im Marchfeld/ Rußbach. Bereiche des Marchfeldes sind dunkelgrau unterlegt.

4.1.2 Geologie

Das Marchfeld ist mit quartär und tertiären Schichten verfüllt und lässt sich grob in die Niederterrasse (auch Praterterrasse) unterhalb des Rußbaches und die Hochterrasse (Gänserndorfer Terrasse) oberhalb des Rußbaches, welche ca. 10 m höher liegt, unterteilen.

²⁸ SCHÖNER, W., et al. 2011, S. 278 f.

Der Grundwasserstauer besteht aus tertiären Schichten, die vom Weinviertler Hügelland in Richtung Osten abfallen. Die Höhenstreckung reicht von ca. 150 m ü. A. im Westen bis zu ca. 125 m ü. A. im Osten und wird durch drei tiefe Mulden unterbrochen. Diese Mulden sind die Aderklaaer Wanne, die Glinzendorfer Wanne und die Lasseer Wanne. Im Osten bildet das Tertiär eine kegelförmige Aufwölbung, die Schloschofer Platte. In diesem Bereich liegen sehr inkonsistente Grundwasserverhältnisse vor.

Der über dem Tertiär liegende Grundwasserkörper besteht aus sandigem Schottern, verteilt in Schichten unterschiedlicher Durchlässigkeit.

4.1.3 Landwirtschaft

Das Marchfeld ist für die Landwirtschaft Österreichs ein sehr wichtiges Gebiet. Es wird seit jeher als Kornkammer Österreichs bezeichnet. Die Böden hier sind sehr fruchtbar und es herrscht ein relativ warmes und trockenes Klima vor. Hohe Erträge können daher nur unter Zuhilfenahme künstliche Bewässerung erreicht werden. Diese wird größtenteils aus dem Grundwasser gespeist. Da die Entnahmemengen des Grundwassers die Neubildungsmengen dieses überstiegen, war der Grundwasserspiegel des Marchfeldes über viele Jahre am Sinken.

Lang geplant, wurde schließlich im Jahr 1992 der Marchfeldkanal fertiggestellt und dessen Wehre geöffnet. Dieser führte eine deutliche Verbesserung der Situation herbei. Durch den Marchfeldkanal gelangt Donauwasser auf Höhe von Langenzersdorf in den Marchfeldkanal und wird weiter in die Vorfluter des Marchfeldes eingespeist. Dabei wird durch mehrere Versickerungsanlagen Grundwasser, welches zu Stabilisierung der Grundwasserniveaus dient, eingespeist. Im Nahbereich der Versickerungsstellen kam es seither wieder zu einem Steigen des Grundwasserspiegels.

In Abbildung 11 sind die Ganglinien zweier Grundwassermessstellen dargestellt. Die linke ist unmittelbar in der Nähe einer Versickerungsstrecke, die rechte befindet sich etwa 5 km südöstlich. Man erkennt, dass sich mit Inbetriebnahme der Anlage im Jahr 1992 der Grundwasserspiegel erhöhte. Der starke Anstieg im Winter 1995/96 ist auf die stärkere Winterniederschläge in dieser Zeit zurückzuführen.

4.1.1 Klima

Das Marchfeld gehört dem pannonischem Klimabereich an und weist durchschnittliche Jahresniederschlagsmengen von etwa 515 mm auf. Gleichzeitig gehört es zu den wärmsten Zonen Österreichs. Durch die große Sommerwärme und den Windreichtum wird die Verdunstung wesentlich gefördert. Eine Abschätzung für die Sommermonate ergab einen Richtwert von 112 mm Verdunstungshöhe für das Marchfeld. Die Verdunstung steigt im Mai stark an und ist im Juli am höchsten.

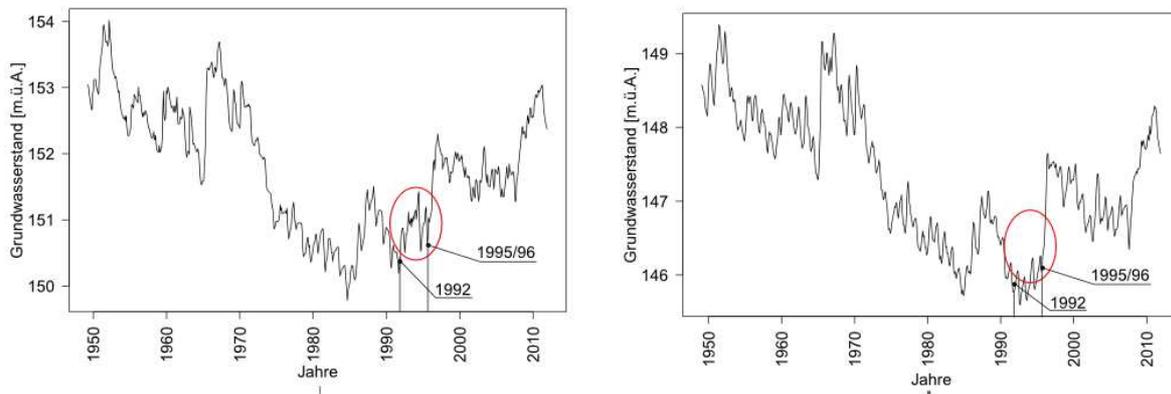


Abbildung 11: Die beiden Grundwassermessstellen (links HZBNr.²⁹ 305029, rechts HZBNr. 304709) befinden sich im südlichen Marchfeld. Die linke Grundwassermessstelle befindet sich unmittelbar, etwa 100m, in der Nähe des Rußbaches, sowie einer im Jahr 1992 errichteten Versickerungsstrecke, die rechte Messstelle befindet sich etwa 5 km südöstlich der ersten Messstelle und den Versickerungsanlagen. Man erkennt, dass sich nach dem Abschluss der Versickerungsanlage im Jahr 1992 der Grundwasserspiegel erhöhte. Der starke Anstieg im Winter 1995/96 ist auf die stärkeren Winterniederschläge in dieser Zeit zurückzuführen.

4.1.2 Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch in trockenen Jahren kann von 20 bis zu 65 Mio. m³ Grundwasser betragen. Durch anhaltende niedrige Niederschlagssummen wurden in den 1970er Jahren immer mehr Brunnen gebaut und damit künstlich bewässert.

Dabei wird der Anteil der Grundwasserentnahmen der Landwirtschaft hauptsächlich über den Sommer entnommen. In den Wintermonaten gelangt der meiste Niederschlag in den Grundwasserkörper. In der Vegetationsperiode hingegen wird der Großteil durch die Kulturpflanzen aufgenommen bzw. verdunstet. Etwa 5-10 % des Niederschlags gelangen übers Jahr gesehen in das Grundwasser.

Eine Wasserbilanz über das Einzugsgebiet der untersuchten Messstelle für die Jahre 1981 -1990 ergab für die Komponenten Niederschlag (inkl. Neuschnee), Abfluss und Verdunstung die folgende Verteilung. Der in Wasser (515 mm/Jahr) und Schnee (543 mm/Jahr) auftreffende Niederschlag verteilt sich zu 2,5 % auf den Abfluss (23 mm/Jahr bzw. 0,32 m³/s) und zu 97,5 % auf Verdunstung. Diese extremen Verhältnisse verdeutlichen die Situation im Marchfeld. In andern Einzugsgebieten, wie dem Einzugsgebiet der Erlauf liegt die Verdunstung im Schnitt zwischen 45 bis 55 Prozent.

4.1.3 Marchfeldkanalsystem

1992 wurde der Marchfeldkanal fertiggestellt und geflutet. Das gesamte Wasserverteilungsnetz, bestehend aus dem Marchfeldkanal, dem Obersiebenbrunner Kanal sowie dem Rußbach und dem Stempfelbach wurde bis 1995 fertiggestellt. Das Wasser gelangt aus der Donau über den Marchfeldkanal in den Rußbach. Weiters wird über ein Wehr der Obersiebenbrunner Kanal dotiert,

²⁹ Über die HZB-Nummer sind alle Messstellen der online-Datenbank ehyd abrufbar.

welcher den Stempfelbach mit Wasser versorgt. Insgesamt werden die Durchflussmengen über 8 Wehranlagen gesteuert.

Darüber hinaus befinden sich 3 Anlagen zur künstlichen Grundwasseranreicherung dezentral entlang der Fließstrecke im mittleren Marchfeld verteilt. Diese kompensieren im Bedarfsfall, d.h. bei unausgeglichenem Grundwasserhaushalt, die Defizite im Grundwasser. Das Wasser wird dabei über Dotationsbauwerke aus dem Oberflächengewässer entnommen. Maximal zulässige Versickerungsmengen betragen:

- Versickerungsanlage Stallingerfeld: 100 l/s
- Versickerungsanlage Rußbach-Mühlbach: 70 l/s
- Versickerungsanlage Speltengarten: 50 l/s

Ist der Grundwasserhaushalt ausgeglichen wird kein Wasser über die Versickerungsanlagen zugeführt.^{30,31,32,33}

4.1.4 Abfluss

Untersucht wurde die Messstelle Leopoldsdorf im Marchfeld/ Rußbach (HZBNr. 208454) und dessen Einzugsgebiet. Die Grenzen des Einzugsgebietes wurden soweit möglich aus der Online - Datenbank eHYD übernommen. Das Einzugsgebiet der Messstelle beträgt (ohne Marchfeldkanal) 437,5 km². Zur Ermittlung der zu untersuchenden Grundwassermessstellen wurde für das Grundwasser dasselbe Einzugsgebiet angenommen. Auf diese Weise wurden 22 Grundwassermessstellen im Gebiet gefunden. Der Niederschlag wurde durch 9 sich im Gebiet befindlichen Messstellen untersucht.³⁴

In der Abflussganglinie in Abbildung 12 sieht man die Abflussganglinie vor und nach der Errichtung des Marchfeldkanals. Niedrige Wasserstände Ende der 70er und während der 80er Jahre prägen den Abfluss. Dies ist auf geringe Niederschläge bei gleichzeitiger zunehmender Entnahme zur Bewässerung für die Landwirtschaft auf Kosten der Grundwasservorräte zurückzuführen. Die rote Trendlinie zeigt einen fast waagrechten, leicht abfallenden Verlauf. Durch die erhöhten Grundwasserentnahmen wäre hier bei effluenten Verhältnissen (Grundwasser speist Fluss) ein deutlicher Abwärtstrend der Ganglinie zu erwarten gewesen. Der Vergleich mit den Grundwasserständen im Marchfeld ergab jedoch, dass im betrachteten Bereich des Marchfeldes die Grundwasserstände schon vor den 1970er weit tiefer (im Durchschnitt 4- 7 m unter dem Gelände)

³⁰ Marchfeldkanal Betriebsgesellschaft, 2014, Webseite, Zugriff: 3.4.2014.

³¹ DIEBERGER, Andreas 1992, S. 77 ff.

³² JANETSCHKE, Hubert, 1992, S. 13 ff.

³³ HANSY, Hermann, 1979, S.9 ff.

³⁴ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Webseite: <http://ehyd.gv.at/>, Zugriff: 2014

lagen als die Flusssohle und dadurch influente (Fluss speist Grundwasser) Verhältnisse herrschten. In Niederwasserperioden ergab sich somit keine Veränderung für den Rußbach.

Nach einem Datenausfall vom 07.03.1991 bis 09.07.1992 ist der Marchfeldkanal bereits fertiggestellt und geflutet. Man erkennt die neu zugeführte Wassermenge von etwa 3 m³/s, welche im Laufe der nachfolgenden Jahre leicht erhöht wurde. In der rechten Abbildung ist der Verlauf des jährlichen Q95 dargestellt. Der Niederwasserabfluss vor Errichtung des Marchfeldkanals betrug im Schnitt 0,07 m³/s und stieg nach Errichtung des Marchfeldkanals von etwa 1,5 m³/s auf 4,2 m³/s.

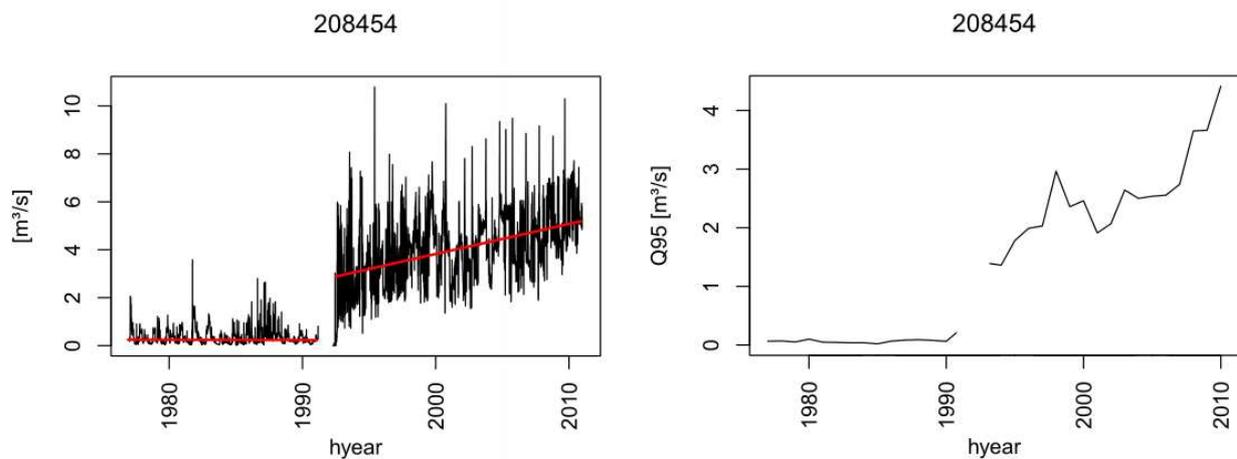


Abbildung 12: links: Abflussganglinie der Messstelle Leopoldsdorf/ Rußbach. Niedrige Wasserstände Ende der 70er und während der 80er Jahre prägen den Abfluss. Die rote Trendlinie zeigt einen fast waagrechten, leicht abfallenden Verlauf. Nach einem Datenausfall, während der Errichtung des Marchfeldkanals vom 07.03.1991 bis 09.07.1992 ist dieser bereits fertiggestellt und geflutet. Man erkennt die neu zugeführte Wassermenge von etwa 3 m³/s, welche im Laufe der nachfolgenden Jahre leicht erhöht wurde. In der rechten Abbildung ist der zugehörige Verlauf des jährlichen Q95 dargestellt. Der Niederwasserabfluss vor Errichtung des Marchfeldkanals betrug im Schnitt 0,07 m³/s und stieg nach Errichtung des Marchfeldkanals von etwa 1,5 m³/s auf 4,2 m³/s.

4.1.5 Niederschlag

Vergleicht man diese Messungen mit den Niederschlägen der Messstelle HZBNR. 108571 im Marchfeld in Abbildung 13 sieht man, dass in den 1970er Jahren weniger Niederschläge herrschten. Durch die geringeren Niederschläge und den weiteren Ausbau von Brunnen und deren Nutzung zur Bewässerung der Landwirtschaft sanken die Grundwasserstände langsam immer weiter nach unten. Etwa um 1990 stiegen die Niederschläge wieder an, und damit nach und nach auch wieder die Grundwasserstände.

Der Anstieg der Grundwasserniveaus ist somit ein Produkt aus den Maßnahmen des Marchfeldkanals und aus den Niederschlägen.

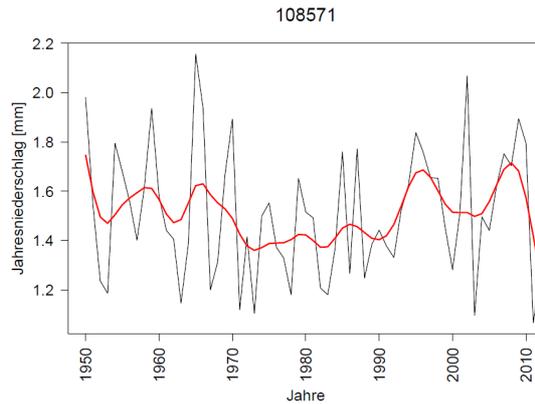


Abbildung 13: Jahressummen des Niederschlags an der Messstelle Pilichsdorf/Rußbach (HZBNr. 108571) im Marchfeld. In rot wurden eine Ausgleichskurve eingezeichnet. Man kann erkennen, dass in den 1970er Jahren weniger Niederschläge herrschten. Nach 1990 stiegen die Niederschläge wieder.

4.1.6 Grundwasser

Nun zum Vergleich mit den Grundwassermessstellen: Bis in die 1970er Jahre waren hohe Grundwasserstände typisch für das Marchfeld. Periodische Vernässungen in Geländetiefen waren keine Ausnahme. Ab 1970 führten geringere Niederschläge zu einer Intensivierung der Grundwasserentnahmen zur Bewässerung für die Landwirtschaft. Dadurch sank der Grundwasserstand im Laufe der Jahre um bis zu 2 m. Fallweise wurde dieser Abwärtstrend von niederschlagsreichen Perioden, wie um das Jahr 1988, unterbrochen.

Mit der Fertigstellung der Versickerungsanlagen im Jahre 1992 und intensiven Niederschlägen im Winter 1995/1996 (siehe Abbildung 14) stieg der Grundwasserspiegel wieder deutlich an.

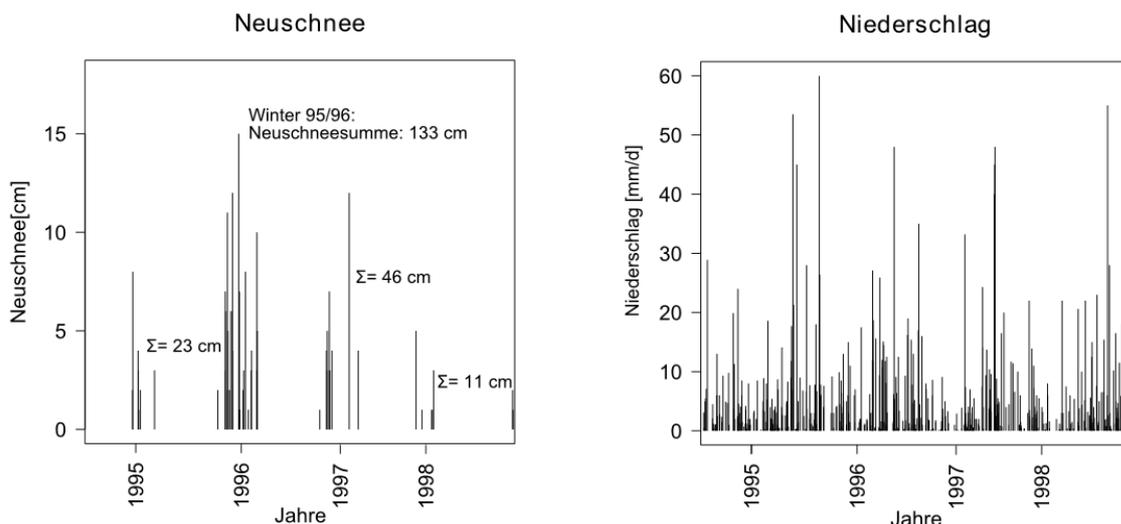


Abbildung 14: Die linke Grafik zeigt die Neuschneemengen in cm/Tag (HZBNr. 117093). Im Winter 1995/96 fallen überdurchschnittlich hohe Niederschläge, welche in weiterer Folge zu einem Anstieg des Grundwasserspiegels führen. Zur Vollständigkeit ist rechts die Niederschlagsmenge in mm/Tag (HZBNr. 108167) im gleichen Zeitraum aufgetragen.

In den 18 Grundwassermessstellen ist ein klarer Anstieg ab dem Jahre 1996 festzustellen. Dies wird einerseits auf den zunehmende Niederschlag, wie auch die Fertigstellung aller Versickerungsanlagen

zurückgeführt. Abbildung 15 zeigt eine exemplarisch ausgewählte Grundwassermessstelle, welche das Verhalten im Marchfeld charakteristisch wiedergibt.

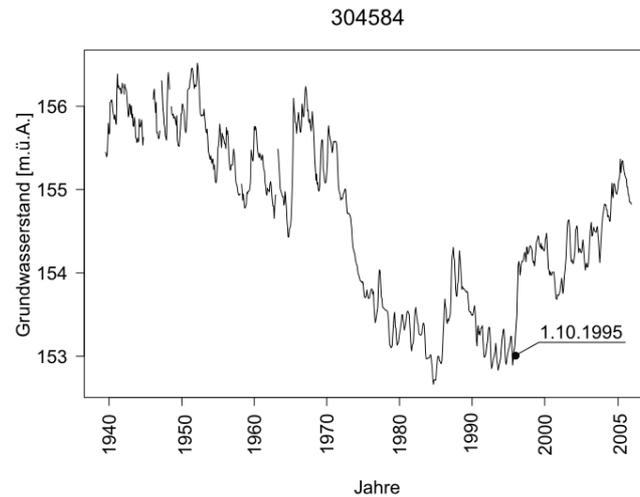


Abbildung 15: Die Messstelle HZBNR. 304584 zeigt den für das Marchfeld charakteristischen Verlauf des Grundwasserstandes seit 1940. Hohe GW- Stände bis Mitte der 1970er, Abfall bis 1988, steigende Grundwasserstände durch höhere Niederschläge. Starker Grundwasseranstieg im Winter 1995/96. Langsam steigende Grundwasserstände in den letzten Jahren.

Der starke Grundwasseranstieg im Winter 1995/96 ist in der nachfolgenden Aufstellung zu sehen. Dies zeigt, wie sehr Niederschläge im Winter und im Frühjahr zur Grundwassererneuerung beitragen können. Innerhalb von 7 Monaten stieg der Grundwasserspiegel um bis zu 1,5 m an.

Grundwasserstände für HZBNr. 304584:

Datum	m. ü. Adria
• 01.10.1995	153.06
• 01.11.1995	153.09
• 01.12.1995	153.15
• 01.01.1996	153.29
• 01.02.1996	153.39
• 01.03.1996	153.50
• 01.04.1996	153.81
• 01.05.1996	154.08

In den letzten Jahren kam es sogar zu einem zu einem derartigen Anstieg des Grundwassers, sodass einige Keller überflutet wurden. Diese Keller wurden allerdings in einer Zeit mit geringen Niederschlägen und niedrige Grundwasserniveaus errichtet.

4.1.7 Temperatur

Der Anstieg der Temperatur um etwa 1,5 °C in den letzten 30 Jahren lässt sich aus Abbildung 16 ablesen. Da ein Anstieg der Temperatur einerseits die Verdunstung erhöht, andererseits auch die

Niederschläge im gleichen Zeitraum zunahmen, ergeben sich dadurch keine eindeutigen Auswirkungen auf das Niederwasser.

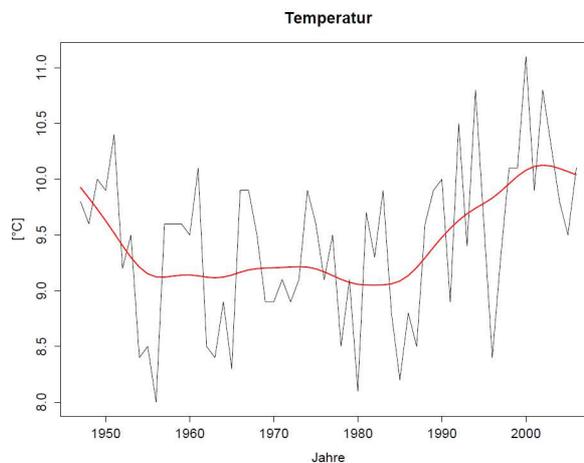


Abbildung 16: Temperaturverlauf im Marchfeld in den letzten 60 Jahren. Der Anstieg der Temperatur um etwa 1 °C in den letzten 30 Jahren ist deutlich zu erkennen

4.1.8 Klimavariabilität

In weiterer Folge wurde versucht einen einheitlichen Klimatrend zu erkennen. So wurde über die Q95 Jahresabflüsse von 4 Messstationen in der Umgebung eine Ausgleichskurve, „smoothing splines“, gelegt und diese mit der untersuchten Messstation verglichen (siehe Abbildung 17). Es ist zu erkennen, dass die untersuchte Messstelle eine sehr viel höhere Variabilität hat als, die anderen Messstellen. Da diese örtlich sehr nahe liegen, können klimatische Ursachen ausgeschlossen werden. Der Sprung deutet auf eine wasserbauliche Maßnahme hin.

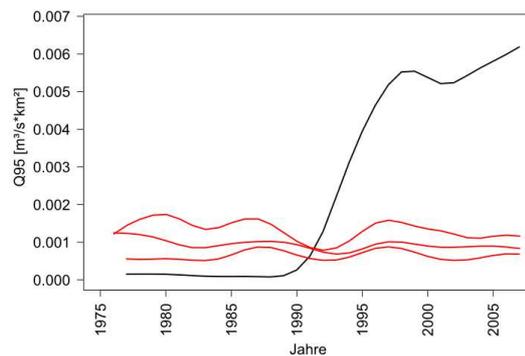


Abbildung 17: Vergleich der Q95 Abflüsse von 4 Messstellen in der Umgebung (rot) von der untersuchten Messstelle (schwarz). Es ist zu erkennen, dass die untersuchte Messstelle eine sehr viel höhere Variabilität hat als, die anderen Messstellen.

4.1.9 Wasserbauliche Maßnahmen

Nun zur Analyse der wasserbaulichen Maßnahmen, welche mit dem Datum des Bewilligungsbescheids im Wasserbuch festgehalten werden. In Abbildung 18 ist das Einzugsgebiet der untersuchten Messstelle des Oberflächengewässers Rußbach dargestellt.

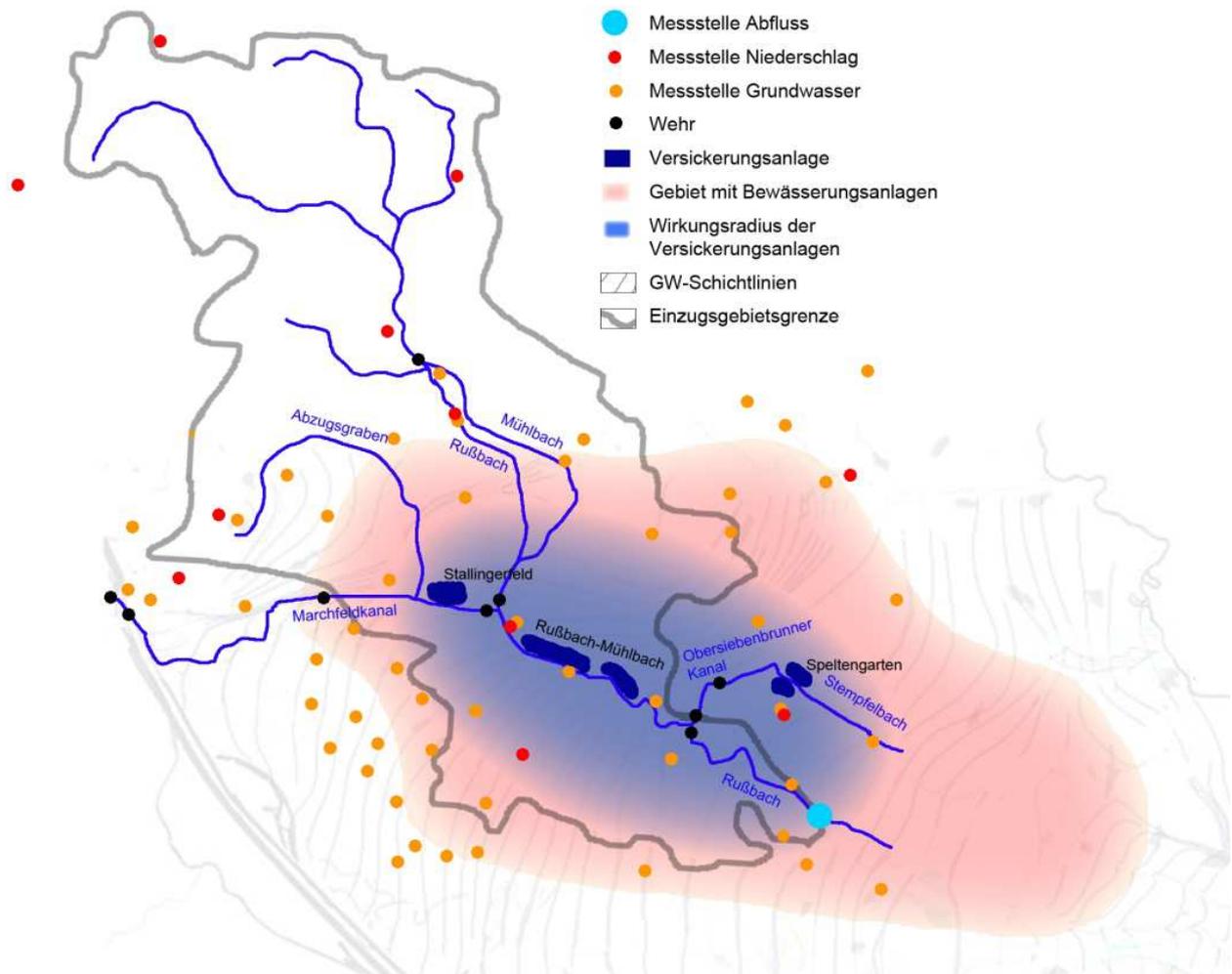


Abbildung 18: Einzugsgebiet der Abflussmessstelle Leopoldsdorf im Marchfeld/Rußbach

4.1.9.1 **Bewässerung**

Die Hochrechnung der Maßnahmen im Einzugsgebiet ergab folgende Ergebnisse: Es gibt 1539 Brunnen, welche der Bewässerung dienen. Diese wurden in den Jahren 1950 bis heute errichtet. Vermehrt wurden die Brunnen dabei ab Mitte der 70er Jahre errichtet, da die Niederschläge in dieser Zeit immer weiter zurückgingen (siehe Abbildung 19).

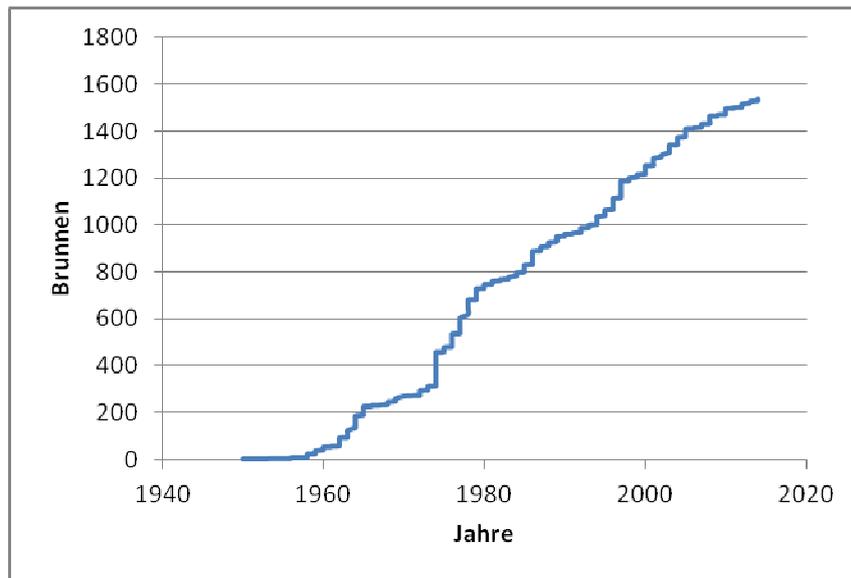


Abbildung 19: Errichtung von Brunnen im Einzugsgebiet der Messstelle Leopoldsdorf im Marchfeld im Laufe der letzten 60 Jahre.

4.1.9.2 Entwässerungsanlagen

Weiters wurden die Entwässerungsanlagen gezählt und es ergab sich eine entwässerte Fläche von 10,02 km² (siehe Abbildung 20). 7,19 km² davon wurden mit dem Datum des Bewilligungsbescheides erfasst. Im Vergleich zum gesamten Einzugsgebiet, welches eine Fläche von 437,50 km² besitzt sind die Auswirkungen auf den Durchfluss zu klein um diese festzustellen. Eine Senkung des Grundwasserstandes konnte nicht eruiert werden, da entweder keine Grundwassermessstellen im Nahbereich der entwässerten Flächen vorhanden sind bzw. die Aufzeichnungsdauer nicht bis zur Errichtung der Drainierung zurückreicht. Es fällt auf, dass Entwässerungsanlagen in bzw. meist kurz nach regenreichen Zeiten errichtet werden.

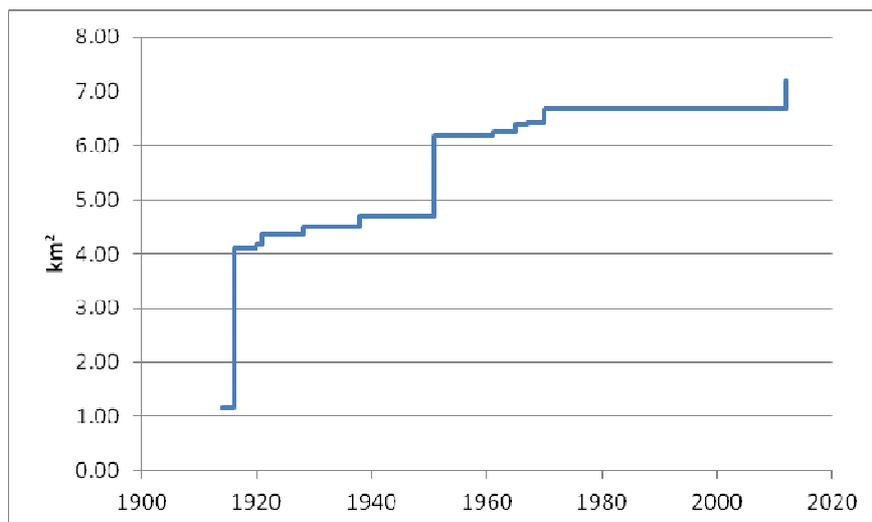


Abbildung 20: Errichtung von Entwässerungsanlagen nach Jahren und drainierten Flächen

4.1.9.3 Kanalisation

Die Errichtung von Kanalisationen reicht soweit zurück, dass sie in den meisten Fällen nicht im Wasserbuch verzeichnet sind. So wurden oftmals nur die Erweiterungen des Kanalnetzes, jedoch ohne Tiefenlage und genaue Verortung angegeben. Dies macht die Analyse der Auswirkungen praktisch unmöglich.

Es fand sich im Wasserbuch oft der Vermerk, dass Kanalisationen auch zum Zwecke der Entwässerung errichtet wurden, leider fand sich im Marchfeld keine Gemeinde mit ausreichender Datengrundlage um dies auch zu verifizieren. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Analyse kurz beschrieben:

- Glinzendorf und Markgrafneusiedl haben den exakt gleichen Verlauf des GW-Spiegels. Durch den Bau der Kanalisation in Markgrafneusiedl im Jahr 1992 - 1995 wurde der GW- Spiegel nicht beeinflusst, weil dieser unterhalb des erbauten Netzes liegt.
- Leopoldsdorf im Walde hat im Wasserbuch keine Einträge über die Errichtung der Kanalisation. Es ist jedoch ein kleiner Unterschied zwischen den Grundwasser- Messstellen zu erkennen, welcher auf unterschiedliche Niederschläge zurückgeführt wurde.
- In Parbasdorf dient bis dato eine Sickergrube den Zwecken des Abwassers, daraus ergibt sich keine Beeinflussung des Grundwasserspiegels.
- In Deutsch Wagram wurde die Kanalisation 1933 errichtet. Es bestehen keine Informationen über die Tiefenlage der Kanalisation im Wasserbuch und die lokale Grundwasser- aufzeichnungen begannen erst im Jahre 1940.
- Die Kanalisation von Kapellerfeld wurde im Jahr 1989 bewilligt, es finden sich jedoch keine Informationen über die Tiefenlage der Kanalisation. Darüber hinaus bestehen Grundwasser- aufzeichnungen erst seit 1995.
- Eibesbrunn: Bewilligung der Kläranlage im Jahre 1957, Grundwasserdaten existieren jedoch erst seit 01.02.1963
- Pilichsdorf: Hier ist die Grundwassermessstelle direkt von der Wasserführung des Rußbaches beeinflusst. Der Grundwasserstand schwankt mit dem Wasserstand des Flusses – diese Messstelle ist deshalb zu Analyse von wasserbaulichen Maßnahmen wenig geeignet.
- Wolkersdorf: Im Wasserbuch sind nur Regenwasserkanäle registriert. Diese reichen nur in eine Tiefe von einem Meter, währenddessen der Grundwasserspiegel meist 4 – 5 Meter unter dem Ortsgebiet liegt.

4.1.9.4 Wasserversorgung

Neben den Entnahmen aus dem Grundwasser für Bewässerung wurden ebenfalls die Entnahmen für Industrie, Gewerbe und allgemeiner Wasserversorgung untersucht. Jedoch konnten hier keine Zusammenhänge festgestellt werden. So wurden keine auffälligen Grundwassersenkungen durch neu entstandene Industriegebiete gefunden. Dies liegt daran, dass bei jeder Wasserversorgung eine Prüfung auf die Nachhaltigkeit einer Grundwasserentnahme durchgeführt wird. Dabei wird geprüft ob durch die Entnahme während eines Prüfungszeitraums mehr Grundwasser entnommen wird als nachfließt. Fällt diese negativ aus, wird der Brunnen nicht errichtet bzw. eine geringere Wasserentnahmemenge vorgeschrieben.

4.1.9.5 Wehre

Die Auswirkung der Wehre im Einzugsgebiet ist klar durch die Errichtung der Wehre im Zuge des Marchfeldkanals geprägt. Neben den 8 Wehren, welche im Zuge des Marchfeldkanals errichtet wurden, ist ein Wehr im Ortsbereich von Wolkersdorf verzeichnet. Dieses ist ein festes Wehr und dient der Ausleitung zu einem Mühlbach. Da dieses jedoch ein festes Wehr ist, und bereits vor 1956 errichtet wurde, somit vor dem Beginn der Abflussmessungen, lassen sich keine Auswirkungen feststellen. Es kann jedoch vermutet werden, dass entlang der Ausleitungstrecke, eine kritischere Niederwassersituation herrscht als im restlichen Bereich des Flusses. Allerdings ist in diesem Bereich keine Messstelle des Oberflächengewässers vorhanden.

4.1.9.6 Änderungen in der Landnutzung

Von 1990 bis 2006 nahmen die landwirtschaftlichen genutzten Flächen auf Kosten des Siedlungsausbaues um 2,3 % ab. Durch das stark geänderte Abflussregime seit Errichtung des Marchfeldkanals, lassen sich die geringen Auswirkungen einer solchen Änderung jedoch nicht bemerkbar.

4.1.10 Zusammenfassung

In diesem Kapitel sollen nun noch einmal alle Beobachtungen und Erkenntnisse zusammengetragen und interpretiert werden. Unter Zuhilfenahme der Zusammenfassung in Abbildung 21 werden die einzelnen Punkte genauer beschrieben.

1. Hohe Niederschläge von 1950 bis 1970 führten zu den üblichen hohen Grundwasserständen in der selbigen Zeit.
- 2a. Niedrigere Niederschläge verursachen ein stetiges Sinken der Grundwasserstände. Gleichzeitig startet die Abflussmessung an der Messstelle Leopoldsdorf, wo geringe Niederwasserabflüsse herrschen.

2b. Im selben Zeitraum steigen bedingt durch die geringen Niederschläge die Anzahl der künstlichen Bewässerungsanlagen und somit der Grundwasserentnahmen. Dies hat ein verstärktes Sinken der Grundwasserstände zur Folge

3. Kurze Niederschlagsreiche Perioden führen zu einem kurzzeitigen Anstieg der Grundwasserstände.

4. Im Jahr 1992 wird der Marchfeldkanal geflutet und die Versickerungsanlagen fertiggestellt. Dies führt zu höheren Niederwasserabflüssen im Rußbach und zu steigenden Grundwasserständen in der näheren Umgebung der Versickerungsstellen

5. Intensive Winterniederschläge führen zu einem starken Anstieg des Grundwasserspiegels um bis zu 1,5 m.

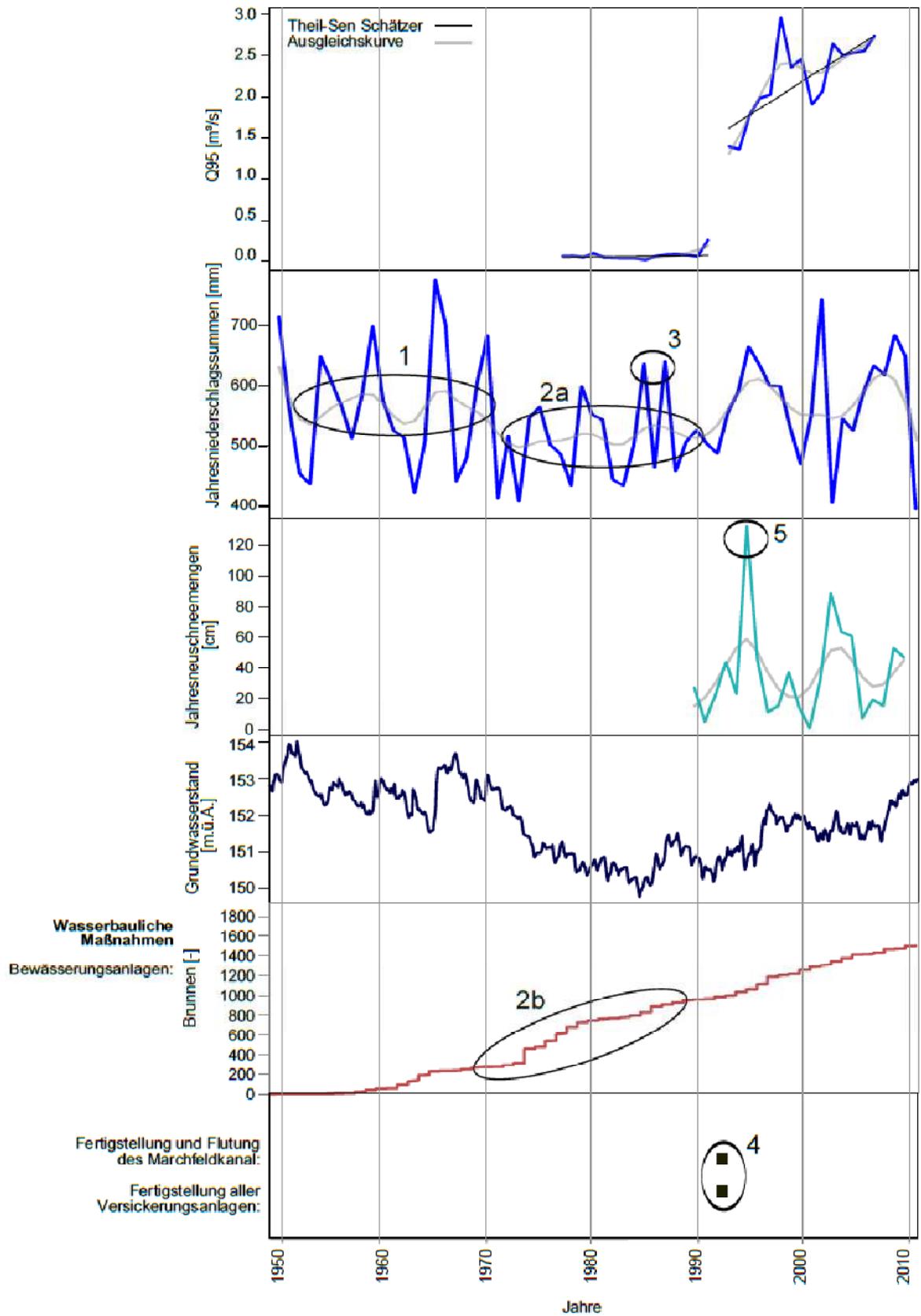


Abbildung 21: Zusammenfassung aller Messstellen und wasserbaulichen Maßnahmen. Die Erklärung zu den einzelnen Punkten findet sich in Kapitel 4.1.10

Es wurde gezeigt, dass in einem intensiv von Landwirtschaft genutzten Gebiet, wie dem Marchfeld, der Mensch eindeutige Auswirkungen auf den Niederwasserabfluss hat. Schon in den Anfängen des 19. Jahrhunderts wurden Flächen entwässert, da der Grundwasserstand teilweise höher als das Gelände war und konnte somit den Grundwasserstand lokal senken.

In den trockenen Zeiten der 1970er kann man erkennen, dass durch wenig Niederschläge und intensive Grundwasserentnahme die Grundwasserstände weit zurückgingen. Der Niederwasserabfluss in dieser Zeit änderte sich nicht, da bereits mit Beginn der Messreihe influente Verhältnisse im Marchfeld herrschten.

Ab dem Jahr 1992 erkennt man wie durch die Errichtung des Marchfeldkanals und dessen Wehranlagen das Abflussregime des Flusses geändert wurde.

Durch die Zunahme der Niederschläge in den letzten Jahren steht das Marchfeld nun eher dem Problem von zu hohen als zu niedrigen Grundwasserständen gegenüber.

4.2 2. Analyse – Einzugsgebiet der Erlauf

Das Einzugsgebiet der Erlauf stellte sich als geeignet zur Analyse von Niederwasser heraus, da die Abflussmessstellen lange Abflussmessreihen aufweisen, viele Messstellen vorhanden sind, und diese in beinahe unbeeinflussten Gebieten, wie auch in beeinflussten Gebieten vorhanden sind.

So kann man bei einer Zeitspanne von 30 Jahren in einem Gebiet beobachten, wo sich viel getan hat und einen Vergleich mit einem Gebiet aufstellen, wo sich wenig getan hat.

Im Vergleich zum Marchfeld ist das Einzugsgebiet der Erlauf ein sehr feuchtes. Es wird hier in einem seit 100 Jahren durch Mühlen und Wasserkraft beeinflussten Gebiet in erster Linie darum gehen die Auswirkungen von Ausleitungen, Wehren, Kraftwerken und Stauanlagen zu analysieren, da diese in diesem Gebiet zu den bestimmenden Einflüssen zählen. In zweiter Linie wird es darum gehen die Maßnahmen im Einzugsgebiet, wie etwa künstliche Bewässerung oder die Entnahmen durch Wasserversorgungen zu untersuchen.

4.2.1 Lage

Das Einzugsgebiet der Erlauf befindet sich im Mostviertel südlich der Donau und erstreckt sich bis zur Grenze zur Steiermark im Süden. Vom Norden in den Süden erstreckt sich das Einzugsgebiet vom Alpenvorland bis in den leicht alpinen Bereich. Dadurch ändert sich bei der Betrachtung der Niederwässer die Saisonalität. Je weiter man in den Süden geht, desto später treten die Niederwässer auf. Durchschnittlich treten die Niederwässer im Einzugsgebiet zwischen September und November auf. Im Norden eher im September, im Süden eher im November.

Im Norden ist das Gebiet verstärkt von Landwirtschaft geprägt und geht über zu Teileinzugsgebieten im Süden, welche bis zu 96 % von Wald bedeckt sind.

Ein Überblick der Messstellen ist in Abbildung 22 zu sehen. Die orange markierten Einzugsgebiete wurden nach einer Voranalyse zur genaueren Analyse ausgewählt.

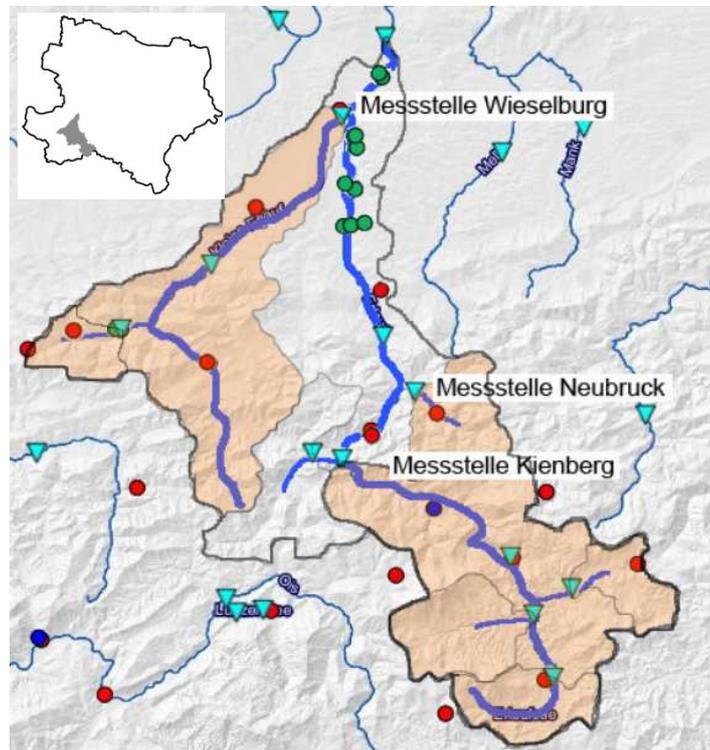


Abbildung 22: Einzugsgebiet der Erlauf mit allen Teileinzugsgebieten. Rote Punkte sind Niederschlags- und Neuschneemessstellen, grüne Punkte sind Grundwassermessstellen, blaue Punkte sind Quellwassermessstellen, hellblaue Dreiecke bezeichnen Tagesabflussmittelwerte. Die graue Begrenzung bezeichnet die Einzugsgebietsgrenzen.

4.2.2 Trends der Q95 Abflüsse

In Tabelle 2 sind die berechneten Niederwassertrends unterteilt nach Beobachtungszeitraum, Beeinflussung und Signifikanz der Trends dargestellt.

Aufgrund der schlechten Datenlage für Niederschlag und Neuschnee konnten keine längeren Reihen als ab 1976 untersucht werden. Die 3 gewählten Messstellen wurden untersucht, da jede für sich spezielle Merkmale aufweist, welche weiter unten genauer ausgeführt werden.

Die Analyse aller Trends im gesamten Gebiet der Erlauf ergab keinen eindeutigen Überhang der sinkenden noch der steigenden Trends. Wobei eine leichte Tendenz in Richtung der steigenden Trends zu erkennen war (siehe Abbildung 23). Auch die Analyse der einzelnen saisonalen Trends ließ auf keine Tendenz schließen. Dies könnte daran liegen, dass das Hinterland der großen Erlauf ab Kienberg eine leicht unterschiedliche Saisonalität der Sommer- und Winterniederwässer besitzt.

Tabelle 2: Tabelle der berechneten Niederwassertrends für die Q95 Abflüsse an der Erlauf und seinen Zubringern. Die Trends für 1950 – 2007, sowie für 1976 – 2007 wurden für den Bezugszeitraum 1 Jahr, sowie für die Vierteljahresperioden DJF(Dezember, Jänner, Februar), MAM (März, April, Mai), JJA (Juni, Juli, August) und SON (September, Oktober, November) aus der Studie³⁵ nachgerechnet und übernommen. Die fett markierten Messstellen sind laut Hydrographischem Jahrbuch durch Überleitung und Speicherung beeinflusst, kursive durch Kraftwerksbetrieb beeinflusst. Signifikante Trends sind blau hinterlegt. Nicht signifikante Trends sind grau hinterlegt. Die eingerahmten Trends wurden im Zuge der Analyse genauer untersucht.

Name	Dateiname	Q95 Trend (1950-2007)					Q95 Trend (1976-2007)				
		Jahr	DJF	MAM	JJA	SON	Jahr	DJF	MAM	JJA	SON
<i>Mitterbach/ Gr. Erlauf</i>	207704						0.0	0.2	-0.2	0.1	0.6
Wienerbruck/ Ötscherbach	207712						-0.1	-0.3	-0.4	-0.3	-0.1
Reith/ Gr. Lassingbach	207720						0.3	0.4	0.3	0.6	1.1
Kienberg/ Gr. Erlauf	207738						-0.1	0.0	-0.2	0.2	0.1
Gaming/ Gamingbach	207746						-0.6	-0.2	-0.7	-0.2	-0.3
Neubruck/ Jeßnitz	207787	0.3	0.9	0.7	0.0	0.5	-1.2	-0.6	-0.4	-0.7	-1.0
Wieselburg / kl. Erlauf	207795	-0.5	-	-0.1	0.8	-0.5	-0.5	-0.1	-0.2	-0.7	-0.4
Niederndorf/ Erlauf	207803				-	0.5					
Schliefau/ Schliefaubach	209403	0.3	0.4	0.3	0.1	0.5	0.3	0.3	0.1	0.3	0.6
							0.941	2.01	0.2	0.29	1.14

<i>Durch Kraftwerksbetrieb beeinflusst</i>
Durch Überleitung und Speicherung beeinflusst

Trend signifikant
Trend nicht signifikant
Untersuchte Trends

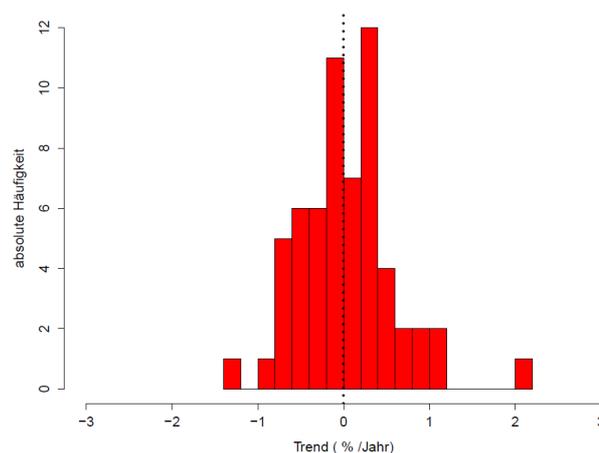


Abbildung 23: Verteilung aller Q95 Trends im Einzugsgebiet der Erlauf

4.2.3 Niederschlag

Anschließend an die Analyse der Trends der Q95 Abflüsse wurden jene der Niederschläge und der Neuschneemengen berechnet. Dabei wurden die Tagessummen der Niederschläge summiert und die

³⁵ SCHÖNER, W., et al. 2011, S. 278 f.

Entwicklung über die Jahre betrachtet. Die Niederschläge zeigten fast ausschließlich steigende Trends. Signifikante Trends waren ausschließlich steigend. Weiters ließ sich der Abwärtstrend in den 1970er Jahren erkennen und die Trends von 1976-2007 waren immer größer als die der Periode 1950-2007, so die Datenreihe so weit zurückreichte.

Die Neuschneemengen wurden jeweils für einen Winter aufsummiert, da diese eine große Auswirkung auf die Grundwasserneubildung im Frühjahr haben. Bei diesen ergaben sich keine signifikanten Trends in die eine oder andere Richtung.

Niederschlagstrends und Q95 Trends sind also in erster Linie nicht voneinander abhängig.

Die Analyse der Trends ergab jedoch, dass sich am Einzugsgebietsauslass bei Niederndorf für die Q95 Jahresabflüsse ein Anstieg um etwa die Hälfte, wie der Trend der Jahresniederschläge ergab.

4.2.4 Grundwasser

Die 11 Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet sind in Abbildung 22 als grüne Punkte markiert. Die Grundwassertrends werden bei lokalen Untersuchungen, so sich große lokale Wasserentnahmen im Gebiet finden, weiter untersucht.

4.2.5 Temperatur

Die Temperatur wurde aus der Datenbank HISTALP³⁶ übernommen. Hierfür war der nächstgelegene Messpunkt die Wetterstation in Waidhofen a. d. Ybbs. Diese ist mit maximal 30 km Entfernung von den drei untersuchten Messstellen ausreichend nah, um eine Verwendung zu rechtfertigen. In Abbildung 24 ist der Temperaturverlauf der letzten 70 Jahre zu sehen.

³⁶ ZAMG, 2012, Webseite, Zugriff: 1.4.2014

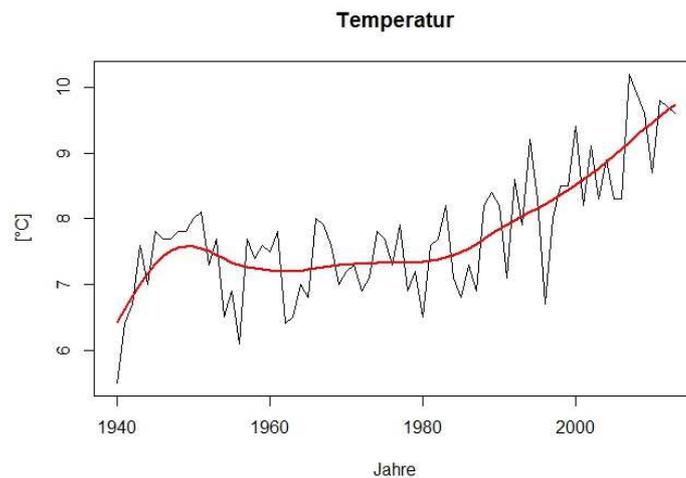


Abbildung 24: Temperaturverlauf der Messstelle in Waidhofen a. d. Ybbs. Der steigende Trend der letzten 30 Jahre ist durch die rot eingezeichnete Ausgleichskurve erkennbar

Aufbauend auf diesen Voruntersuchungen konnte nun mit der Analyse der wasserbaulichen Maßnahmen begonnen werden.

4.2.6 Klimavariabilität

In weiterer Folge wurde versucht einen einheitlichen Klimatrend zu erkennen. So wurde über alle Q95 Jahres- und Vierteljahresabflüsse an allen 10 Messstationen eine Ausgleichskurve, eine sog. kubische Spline, gelegt und diese miteinander verglichen. Anschließend wurde versucht ähnliche Kurven örtlich und zeitlich miteinander abzugleichen, jedoch waren die Kurven so verschieden, dass sich keine eindeutigen Schwankungen hervorheben ließen. Dies lässt darauf schließen, dass die Einzugsgebietcharakteristika der unterschiedlichen Einzugsgebiete, trotz ihrer Ähnlichkeiten größer sind als die Klimavariabilität.

4.2.7 Wasserbauliche Maßnahmen

Im nächsten Schritt wurden die Maßnahmen und Landnutzungen im gesamten Gebiet erhoben und drei Untersuchungsgebiete mit unterschiedlichen Beeinflussungen ausgewählt.

Die **Landnutzung** wurde mithilfe der Corine Landcover Datenbank durchgeführt, welche jedoch nur bis in das Jahr 1990 zurückreicht.

Es wurde versucht den **Wasserverbrauch** einzelner Landwirte festzustellen. Es konnte jedoch nur der Anspruch an Wasser, welcher im Wasserrecht geregelt ist erfasst werden. Darüber hinaus fehlten Daten über Viehbesatz und Ernteertrag, woraus ein theoretischer Wasserverbrauch auszurechnen gewesen wäre. Im Landwirtschaftsbericht wird darüber berichtet, dass ein stetiger Rückgang der Viehbestände herrscht. Gleichzeitig sinken die Anzahl der in einem Betrieb tätigen Bauern sowie die Anzahl der Betriebe, im Gegenzug dazu werden die Betriebe immer größer. Gleichzeitig werden diese Betriebe effizienter und moderner auch im Hinblick auf Ihren Wasserverbrauch. Daraus ergab sich

die Annahme, dass in den letzten 30 Jahren, bei Intensivierung der Viehwirtschaft keine Zunahme im Wasserverbrauch herrscht.

Im Zusammenhang mit **Kraftwerken** ist die Niederwassersituation im Bereich der Ausleitungskraftwerke am kritischsten. Hier verbleibt dem Fluss nur eine geringe Restwassermenge, welche im Falle einer Dürre noch geringer wird, als bei Mittelwasserständen.

Da in Ausleitungsstrecken keine Messstellen errichtet wurden, können die Auswirkungen nur quantitativ betrachtet werden.

Weiters wurden die meisten Kraftwerke, vor allem die größeren vor Beginn der Messreihen errichtet und entziehen sich so einer weiteren Untersuchung. Viele frühere Kraftwerksanlagen, waren früher Mühlräder bzw. Wasserräder, welche der lokalen Eisenindustrie zum Antrieb ihrer Maschinen diente. Diese wurden mit der aufkommenden Industrialisierung Anfang des 19. Jahrhunderts zu Kraftwerken mit Turbinen umgebaut und dienten der Elektrizitätserzeugung. Teilweise wurden einzelne Kraftwerke weiter modernisiert. So wurden beispielsweise elektrische Wehre eingebaut sowie Fernüberwachungen installiert. Teilweise kam es zu Staumaßerhöhungen und Erneuerungen, jedoch nur mit kleinen Änderungen.

Alle weiteren Maßnahmen wurden ebenfalls über die Einträge im Wasserbuch erfasst und sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Die drei Stationen liegen im Einzugsgebiet (EZG) der Erlauf und sind in ihren Einzugsgebietsgrößen, sowie Beeinflussungen unterschiedlich. Das Einzugsgebiet von der Messstelle Neubruck ist am wenigsten beeinflusst, Wieselburg ist verstärkt von landwirtschaftlicher Nutzung und Fischteichen geprägt und Kienberg hat den höchsten Waldanteil und wird von der Speicherkraftwerkskette Wienerbruck/ Erlaufboden beeinflusst.

Der BFI, der Baseflow Index gilt als Maß für die Speicherfähigkeit eines Gebietes und ist bei Kienberg am höchsten. Je höher der BFI, desto höher ist die Speicherfähigkeit. Ein Grund dafür könnten also die Stauanlagen sein, Wieselburg hat 13 im Einzugsgebiet, wie auch Kienberg, welches darüber hinaus 4 Speicherseen besitzt.

Die Landnutzung änderte sich in den Jahren 1990 bis 2006 in allen drei Gebieten nicht gravierend und es wird angenommen, dass diese in den letzten 30 Jahren ebenfalls keinen gravierenden Veränderungen unterzogen war.

Tabelle 3: Zusammenfassung aller Maßnahmen in den Einzugsgebieten der 3 ausgewählten Messstellen

	Neubruck/ Jeßnitz	Wieselburg/ kl. Erlauf	Kienberg/Gr. Erlauf
HZBNR	207787	207795	207738
Pegelnulldpunkt in Höhe [m ü.A.]	352.92	247.97	380.73
Einzugsgebietsgröße [km ²]	32.2	167.5	203.3
Hydrographisches Jahrbuch	-	durch Hochwasserrückstau der Erlauf beeinflusst	durch Kraftwerksbetrieb beeinflusst (Tagesspeicher)
BFI	0.48	0.51	0.64
Änderung in der Landnutzung (1990-2006) [%]			
Versiegelungen	-	0.37	0
Landwirtschaftlich genutzte Flächen	-	0.41	0.59
Waldflächen	-	-0.78	-0.59
Landnutzung 2013			
Bebaute Flächen	1	2	1
Landwirtschaftliche Flächen	0	20	0
Wiesen und Weiden	22	43	9
Wasser- und Feuchtflächen	0	0	0
Wälder und naturnahe Flächen	77	35	90
Maßnahmen			
Wehre/Wasserkraftanlagen	4	13	13
Staukraftwerke	0	0	1
Teiche [Volumen in m ³]	1473	89503	25935
Entwässerungsanlagen [drainierte Fläche in km ²]	0	0.69	0.33
Kanalisation [km ²]	0.2	~4.5	0.3
Bewässerungsanlagen (Brunnenentnahmen)	0	2	0
Kommunale Wasserversorgung [Grundwasserentnahme in m ³ /s]	<0.001	0.01	0.001

Das Einzugsgebiet von Neubruck/Jeßnitz ist sehr wenig beeinflusst. Es gibt insgesamt 4 kleine Wasserkraftanlagen, weiters einige Fischteiche, jedoch insgesamt ist das kleine Einzugsgebiet hauptsächlich von Wald und Wiesen bedeckt.

Das Einzugsgebiet von Wieselburg an der kleinen Erlauf ist um einiges größer und wurde ausgewählt, da hier die landwirtschaftlich genutzten Flächen höher sind und es vor allem viel mehr Wehre zur Stromerzeugung oder zur Fischteichbewirtschaftung besitzt. Die Anzahl der Entwässerungsanlagen wurde erfasst, wie auch die kanalisierten Flächen, diese liegen jedoch gesamt bei etwa 3 % der Gesamtfläche und sind damit zu gering um eine Auswirkung zu haben. Genauso ist die Anzahl der Bewässerungsanlagen im EZG der Erlauf verschwindend klein.

Das Einzugsgebiet von Kienberg an der großen Erlauf ist wiederum hauptsächlich von Wald bedeckt, und die einzige größere Siedlung im Einzugsgebiet ist Mitterbach. Jedoch wird durch den Erlaufsee,

den Erlaufstausee, den Stausee Wienerbruck und den Speicher Stierwaschboden sehr viel Stauhaltung im Einzugsgebiet betrieben.

Eine Wasserhaushaltsbilanz über das Einzugsgebiet an den drei Messstellen ergab für den Zeitraum von 20 Jahren (1991 – 2010) eine Verteilung auf die Komponenten Niederschlag, Abfluss und Verdunstung die folgende Aufteilung - fehlende Daten wurden interpoliert.

Tabelle 4: Verteilung der abflussbildenden Komponenten in den 3 Einzugsgebieten

Anteile [%]	Neubruck	Wieselburg	Kienberg
Niederschlag	100	100	100
Abfluss	45	55.3	43.8
Verdunstung	55	44.7	56.2

Vergleicht man nun die Landnutzung mit den Werten der Verdunstung kann man folgendes erkennen. Die Verdunstung in Neubruck ist um etwa 10% höher als in Wieselburg. Daraus wurde die Aussage bestätigt, dass durch die von Wald bedeckten Flächen mehr Wasser verdunstet als auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. In Kienberg verdunstet leicht mehr als in Neubruck. Im EZG Kienberg ist der Anteil an Wäldern am höchsten, gleichzeitig liegt es auch höher als die andern Gebiete, wodurch eine geringere Temperatur herrscht und die Verdunstung nur leicht höher als im Einzugsgebiet von Neubruck ist.

Nun werden im nächsten Kapitel die Maßnahmen im Detail betrachtet.

4.2.7.1 Maßnahmen im Detail

Die wasserbaulichen Maßnahmen wurden über Ihre Eintragungen im Wasserbuch erhoben und nach dem Datum Ihrer Bewilligung über die Zeit aufgetragen. Nach dem Zeitpunkt der Bewilligung wurden die Maßnahmen im Abstand von 1 bis 10 Jahren nach Ihrer Bewilligung fertiggestellt. Das genaue Datum der Fertigstellung ist im Wasserbuch nicht verzeichnet, sondern nur das Datum des Überprüfungsbescheides.

Da das Ausmaß an entwässerten Flächen unter einem Prozent der Gesamteinzugsfläche lag wurde auf die weitere Untersuchung der Auswirkung von Entwässerungsanlagen verzichtet. Ebenso wurde auf die weitere Untersuchung der im Einzugsgebiet der Messstation bei Wieselburg vorhandenen 2 Bewässerungsanlagen verzichtet. Weiters wurde der Wasserverbrauch durch die Brunnen der Kommunalen Wasserversorgung erhoben. So ergab sich für das Einzugsgebiet Wieselburg eine Wasserentnahmemenge aus dem Grundwasser von 0,009 m³/s im Winter und 0,01 m³/s im Sommer. Das entspricht etwa 1/30-stel des niedrigsten Q95 Abflusses. Dies ist so gering, dass die Auswirkungen der Wasserversorgungen nicht weiter betrachtet wurden.

Die Kanalisationen wurden im EZG erhoben und nach dem Ausmaß der kanalisierten Fläche aufgetragen. Durch Kanalisationen wird der Grundwasserspiegel lokal gesenkt und der Abflussbeiwert erhöht. Dadurch werden Niederwasserabflüsse indirekt gesenkt.

Die Teiche, welche durch Quellen, Zubringer oder direkt aus der Erlauf Wasser entnehmen wurden nach deren Teichvolumen erfasst und ebenfalls über die Zeit aufgetragen. Teiche entnehmen somit je nach Verdunstung Wasser aus den Flüssen um den Wasserspiegel im Teich beizubehalten.

Wehre und Wasserkraftanlagen wurden nach deren Bewilligungszeitpunkt über die Zeit aufgetragen. Da neben wenigen großen, welche Anfang des 19. Jahrhunderts nur Kleinkraftwerke errichtet wurden, wurde nur die Anzahl der Kraftwerke und Wehre erhoben. Je größer deren Anzahl und je größer deren Speichervolumen ist, desto mehr wird das Abflussregime verändert.

4.2.7.2 Kraftwerk Erlaufboden

Im Bereich der Tormäuer nahe dem Ötscher gibt es zwei Kraftwerksanlagen, Kraftwerk Wienerbruck und Kraftwerk Erlaufboden. Diese wurden 1911 bewilligt und bis 1924 errichtet. Sie sind in Serie geschaltet und werden durch den Erlaufstausee, den Stausee Wienerbruck und den Speicher Stierwaschboden gespeist. Der Speicher Stierwaschboden hat einen Nutzinhalt von rd. 45000 m³ und dient als Tagesspeicher zum Ausgleich von Lastspitzen im Schwellbetrieb, welche durch das oberhalb liegende Kraftwerk Wienerbruck verursacht werden. Im Jahr 1998/99 wurde eine weitere Hochwasserentlastung für den Speicher Stierwaschboden errichtet. Durch diese Staukraftwerke wird das Abflussregime stark verändert.

Nach Durchlaufen des Kraftwerkes wird das Wasser in einem 70 m langem Unterwassergraben dem Erlaufflussbett zurückgegeben.³⁷

Im nächsten Schritt wurden die Maßnahmen mit den Q95 Abflüssen, den Niederschlägen und Neuschneemengen verglichen und auf Auffälligkeiten untersucht.

4.2.1 Messstelle Wieselburg an der kleinen Erlauf

Durch das Fehlen längerer Niederschlags- und Neuschneereihen konnte bei der Messstelle Wieselburg an der kl. Erlauf nur die Periode 1981 – 2007 betrachtet werden.

Die Abflusswerte Q95 für die Jahresreihe wurden mit den vorhandenen Zeitreihen der Jahresniederschläge und der Jahresneuschneemengen verglichen. In Abbildung 26 ist die Analyse der Jahresreihe Q95 von 1976 – 2007 eingezeichnet. Neben den ermittelten Werten für Q95 wurden die

³⁷ Amt der NÖ Landesregierung, Webseite, Zugriff: 1.5.2014

Ausgleichskurven für Q95, den Niederschlag und den Neuschnee, sowie deren Trendentwicklung eingezeichnet. Der Neuschnee wurde jeweils von 1. September bis 31. August aufsummiert.

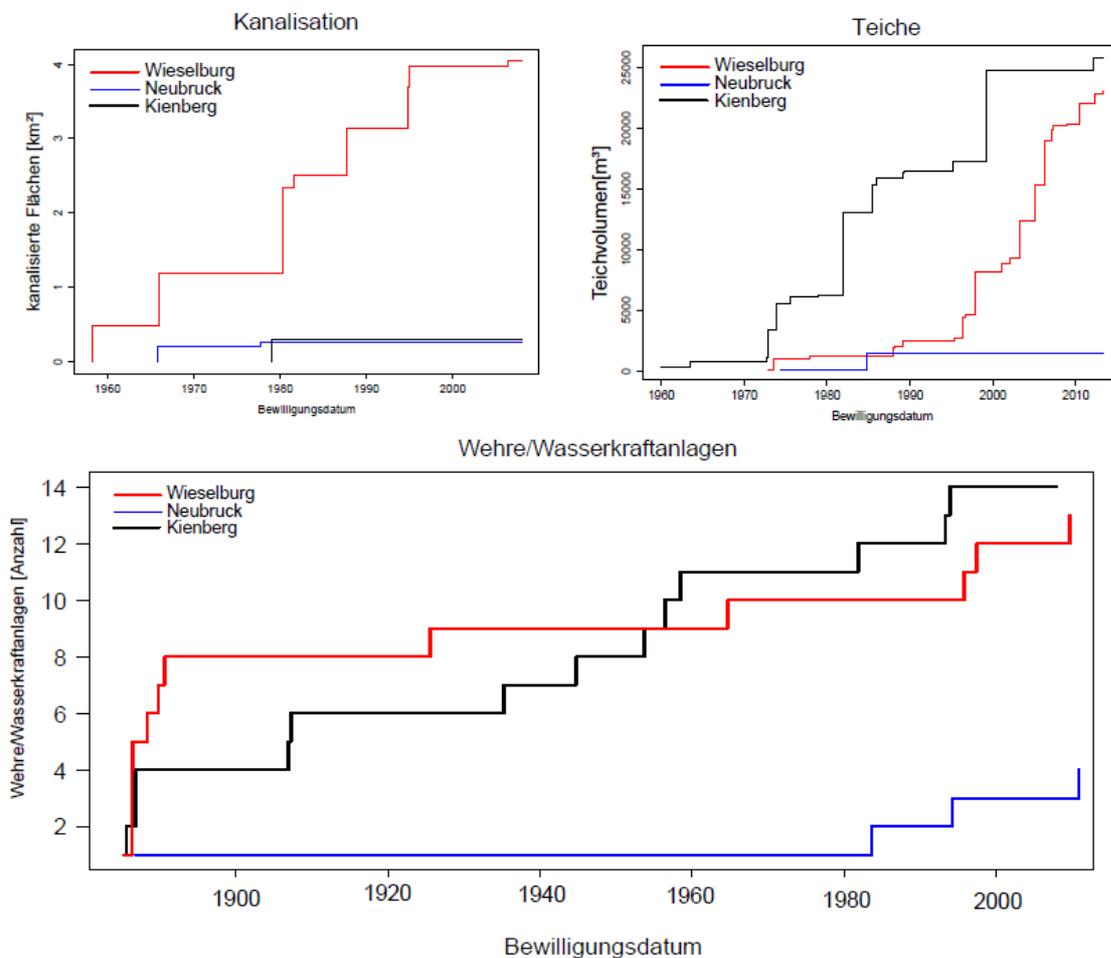


Abbildung 25: Die wasserbaulichen Maßnahmen wurden nach dem Datum der Bewilligung laut Wasserrecht erhoben und über die Zeit aufgetragen. Bei Kanalisationen wurde die kanalisierte Fläche gemessen und über die Zeit aufgetragen. Teiche wurden über deren Teichvolumen quantifiziert und ebenfalls über die Zeit aufgetragen. Wehre und Wasserkraftanlagen wurden anzahlmäßig erhoben und über die Zeit aufgetragen. Maßnahmen im Einzugsgebiet der Messstelle Wieselburg sind rot, Neubruck blau und Kienberg schwarz markiert.

Es ergab sich durch die wasserbaulichen Maßnahmen, welche im unteren Bereich der Abbildung eingezeichnet wurden, keine Auswirkungen, welche eine Veränderung in den Q95 Abflüssen verursacht hätte.

Die Errichtung der Kanalisationen war, wie auch die der zwei Wehre/Wasserkraftanlagen hatte keine großen Auswirkungen, da bereits in den Jahren vor Beginn der Niederschlagsmessreihen einige Baumaßnahmen dieser Art getätigt wurden und das Abflussregime bereits stark verändert wurde. Bei den zwei errichteten Wehren/Wasserkraftanlagen handelt es sich darüber hinaus einerseits um eine Wasserkraftanlage in einer Ausleitungstrecke - diese besitzt eine Fallhöhe von 4,03 m und leitet anschließend wieder in die kl. Erlauf ein. Andererseits handelt es sich um ein 0,5 m hohes Stauwehr an einem Zubringer der kl. Erlauf.

Erstaunlich ist hingegen, dass die Auswirkungen der Errichtung der 26 Teiche mit einem Wasservolumen von insgesamt 23.000 m³ nicht sichtbar sind. Die Teiche werden meist von kleinen Zubringern oder Quellen gespeist. Da diese im Frühjahr aufgefüllt werden könnte eine Auswirkung in den Frühjahrestrends größer sein.

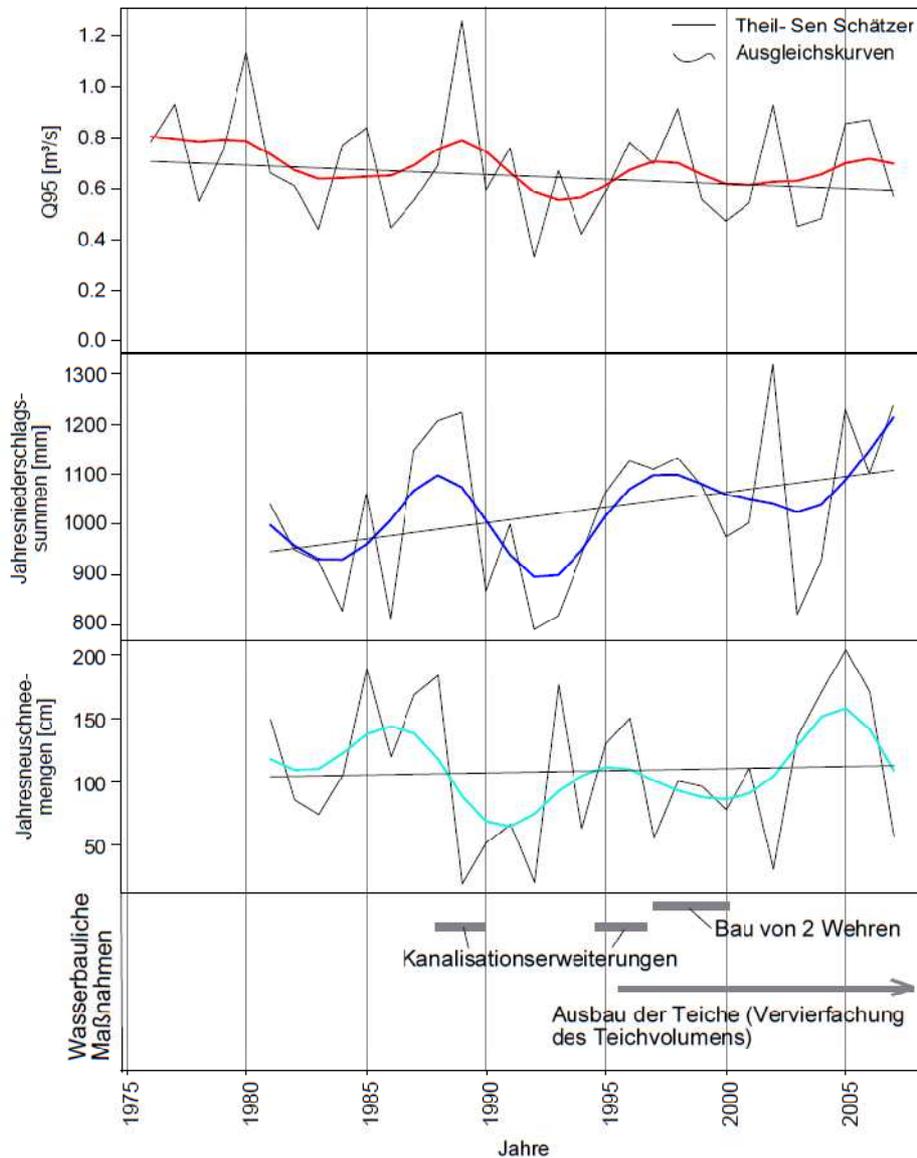


Abbildung 26: Vergleich der Q95 Abflüsse mit den Jahresniederschlagssummen, Jahresneuschneemengen und den wasserbaulichen Maßnahmen für das EZG Wieselburg. Farbiger dazu wurden die Ausgleichskurven eingezeichnet. In schwarz die mit dem Theil-Sen Schätzer ermittelten Trendgeraden. Es ergab sich durch die wasserbaulichen Maßnahmen keine Auswirkungen, welche eine Veränderung in den Q95 Abflüssen verursacht hätte

4.2.2 Messstelle Neubruck an der Jeßnitz

Bei der Messstelle Neubruck an der Jeßnitz wurde die Periode 1980 – 2007 betrachtet, da längere Aufzeichnungen über Niederschlag und Neuschnee nicht vorhanden waren.

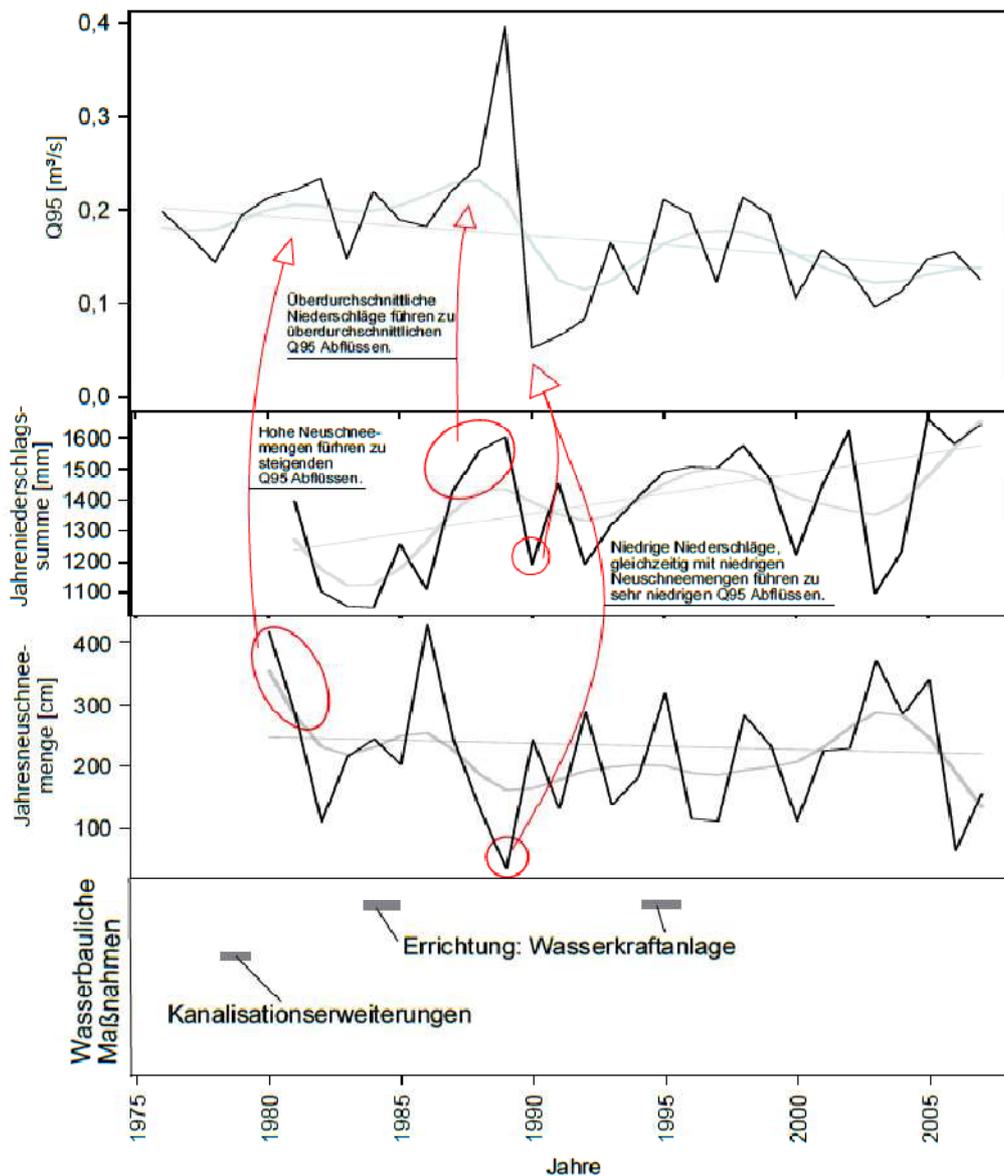


Abbildung 27: Vergleich der Q95 Abflüsse mit den Jahresniederschlagssummen, Jahresneuschneemengen und den wasserbaulichen Maßnahmen für das EZG Neubruck an der Jeßnitz. In grau wurden die Ausgleichskurven und Trendgeraden eingezeichnet. Die Auswirkungen der wenigen Maßnahmen in diesem Einzugsgebiet waren nicht zu erkennen. Dafür konnte nachgewiesen werden, wie stark der Schneefall im Winter die Abflusswerte beeinflusst

Die Auswirkungen der wenigen Maßnahmen in diesem Einzugsgebiet waren nicht zu erkennen. Dafür konnte nachgewiesen werden, wie stark der Schneefall im Winter die Abflusswerte beeinflusst.

Der große Sprung in den Jahreswerten der Q95 in den Jahren 1989 auf 1990 ließ anfangs den Einfluss einer wasserbaulichen Maßnahme vermuten. Die berechneten Ausgleichskurven scheinen nicht zu einander zu passen. Deswegen wollen wir die Situation genauer untersuchen. Betrachtet man die Neuschneemengen pro Jahr kann man erkennen, dass diese im Jahr 1989/90 sehr niedrig waren und dadurch zu den niedrigen Q95 Abflüssen beigetragen haben.

Mäßig hohe Neuschneemengen in den Jahren 1980 und 1981 führen zu einem leichten Anstieg in den Q95 Abflüssen der Jahre 1981 und 1982. Überdurchschnittlich hohe Niederschläge in den Jahren 1987/88/89 führen zu einem lokalen Maximum der Q95 Abflüsse im Jahr 1989. 1990 sinkt der Abfluss rapide ab, da im Winter 1989/90 die Neuschneemengen überdurchschnittlich gering ausfallen, und die Jahresniederschläge unter dem Durchschnitt liegen.

4.2.3 Messstelle Kienberg an der großen Erlauf

Bei der Messstelle Kienberg an der großen Jeßnitz wurde die Periode 1992 – 2007 betrachtet, da längere Aufzeichnungen über Niederschlag und Neuschnee nicht vorhanden waren.

Die meisten Kraftwerke, so auch das Staukraftwerk Erlaufboden wurden vor Beginn der Messstellenaufzeichnungen errichtet. So verhält es sich so, dass wir bei der Analyse einen bereits stark anthropogen beeinflussten Zustand betrachten.

Die Auswirkungen durch Neuerrichtungen von kleinen Wasserkraftanlagen in den letzten Jahren haben so gut wie keine Auswirkungen, da diese durch den Speicher Stierwaschboden abgefedert werden bzw. durch das Kraftwerk Erlaufboden überlagert werden.

Eine Zusammenfassung aller Ergebnisse findet sich im nächsten Kapitel.

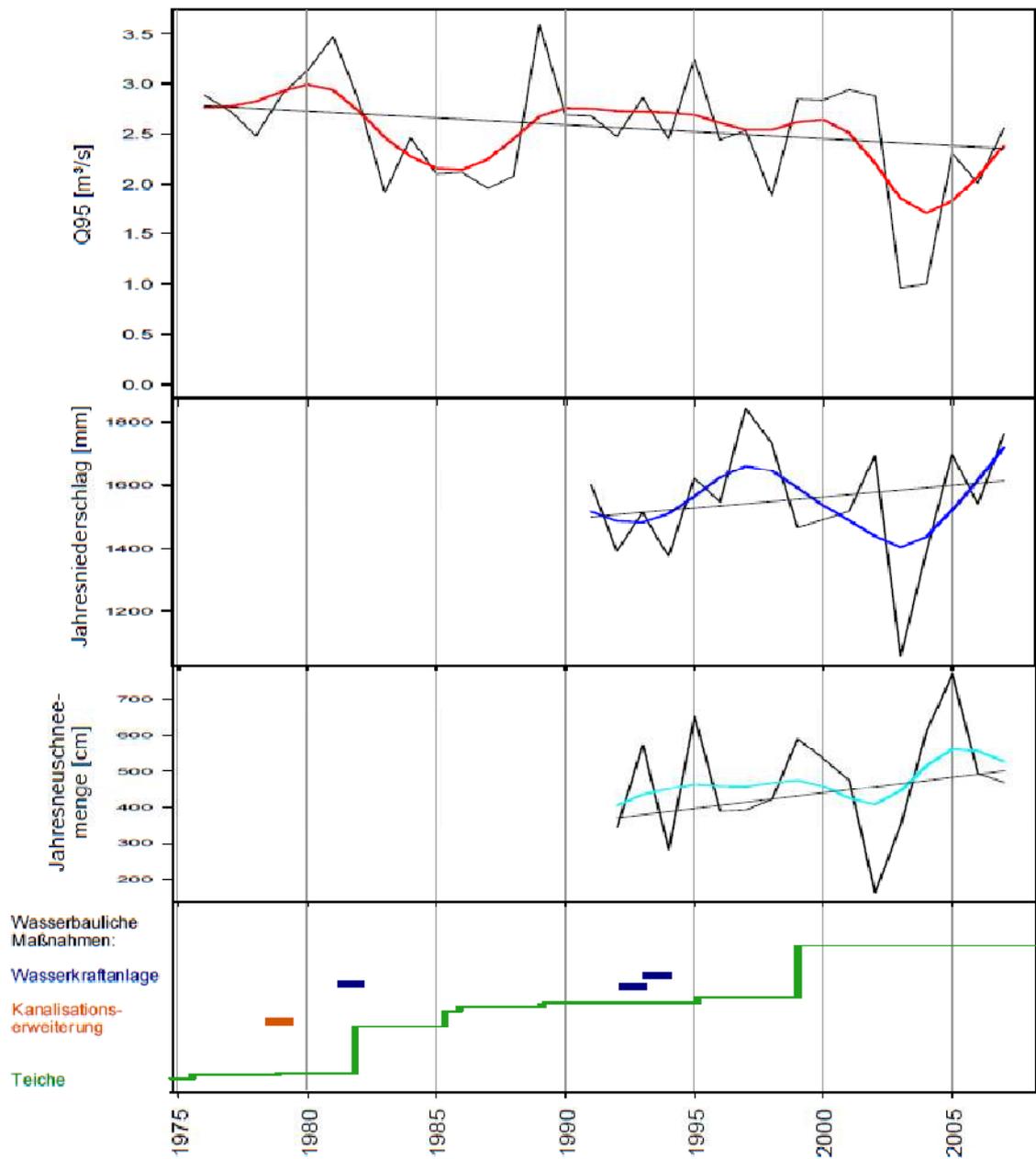


Abbildung 28: Vergleich der Q95 Abflüsse mit den Jahresniederschlagssummen, Jahresneuschneemengen und den wasserbaulichen Maßnahmen für das EZG Kienberg an der großen Erlauf. In grau wurden die Ausgleichskurven und Trendgeraden eingezeichnet

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

In weiterer Folge erinnern wir uns noch einmal zurück an die Ausgangssituation. Was waren in Bezug auf das Thema Niederwasser bereits bekannten Beobachtungen in der Literatur und konnten diese bestätigt werden? Wie war die genaue Vorgehensweise und was waren die einzelnen Schritte im Zuge dieser Arbeit? Und was sind die neuen Erkenntnisse aus der vorliegenden Arbeit im Vergleich zur bekannten Literatur?

5.1 Diskussion & Schlussfolgerung

Es werden nun zuerst die Vorgehensweise und alle Ergebnisse zusammengefasst präsentiert, anschließend werden diese mit den Ergebnissen aus der Literaturrecherche verglichen. Darüber hinaus wird die ursprüngliche Fragestellung „Sind die Auswirkungen von Klimavariabilität und wasserbaulichen Maßnahmen auf die Q95 Abflusstrends unterscheidbar und wie groß sind deren Einflüsse?“ beantwortet.

Ausgangspunkt der Analyse war die Studie über die Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft³⁸, einer Studie der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik und der Technischen Universität Wien im Auftrag von Bund und Ländern. Insbesondere wurden im Zuge der Arbeit die Niederwassertrends in Niederösterreich untersucht. Da sich für diese keine einheitliche Entwicklung in die eine oder andere Richtung erkennen ließ, stellte sich die Frage, ob die unterschiedlichen Trends möglicherweise das Produkt vieler unterschiedlicher, durch den Menschen beeinflusster Flüsse ist.

Im ersten Schritt wurden die Trends der Niederschlagsjahressummen für Niederösterreich simuliert und mit den Q95 Abflusstrends verglichen. Dabei ergaben sich durchwegs steigende Trends für die Niederschläge, jedoch keine eindeutigen Tendenzen für die Q95 Abflusstrends. Von dieser Unterschiedlichkeit in den Trends, kann man ableiten, dass wahrscheinlich die meisten Q95 Abflusstrends nicht direkt von den Trends der Niederschlagsjahressummen abhängig sind, sondern sich viel mehr aus dem Zusammenspiel von Winterniederschlägen und sommerlicher Dürrezeiten zusammensetzen.

Anschließend wurden die untersuchten Messstationen nach einer groben Einteilung in der Studie³⁷ und in Rücksprache mit Herrn Gregor Laaha in unbeeinflusste und beeinflusste Messstationen unterteilt und deren Trends untersucht. Dabei folgten die beeinflussten Messstellen einem ähnlichen Trend wie die der unbeeinflussten. Durch diese erste grobe Analyse ließ sich also kein markanter Unterschied in den Trends feststellen. Man konnte jedoch ableiten, dass der menschliche

³⁸ SCHÖNER, W., et al. 2011, S. 278 f.

Einfluss in Niederösterreich zumindest kleiner als der Einfluss der Klimavariabilität ist. Da jedoch die Stichprobe relativ klein war, ist diese Aussage mit Vorsicht zu genießen.

Diese Voruntersuchungen führten zu dem Entschluss einzelne Messstationen auszuwählen und diese genauer zu untersuchen. Aus diesem Grund wurden vier Untersuchungsgebiete gewählt und alle wasserbaulichen Maßnahmen erfasst. Die Auswahl der Untersuchungsgebiete richtete sich dabei nach Besonderheiten der Einzugsgebiete in Hinsicht auf deren Maßnahmen. So wurden landwirtschaftlich intensiv genutzte Gebiete, durch Speicherkraftwerke beeinflusste Gebiete und weitgehend unberührten Gebiete untersucht. Die 4 untersuchten Messstationen waren die Folgenden:

Leopoldsdorf im Marchfeld/ Rußbach: Für diese Messstation wurden im Zuge der Studie der Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft keine Niederwassertrends berechnet, da diese stark beeinflusst ist. Deshalb war es jedoch umso mehr ein Grund diese Messstation im Zuge der Arbeit zu untersuchen. Das Marchfeld liegt östlich von Wien und wird landwirtschaftlich intensiv genutzt, gleichzeitig herrscht ein relativ trockenes Klima.

Wieselburg an der kleinen Erlauf: Dieses Gebiet wurde aufgrund seiner zahlreichen Stauanlagen zur Energieversorgung und zahlreicher Ausleitung für Fischteiche ausgewählt. Es liegt wie die weiteren beiden untersuchten Gebiete im Einzugsgebiet der Erlauf, welches sich durch ein feuchtes Klima auszeichnet.

Neubruck an der Jeßnitz: Dieses Gebiet wurde gewählt, da es weniger beeinflusst war und so kleine Änderungen leichter zu erkennen waren. Darüber hinaus hatte der Verlauf der Q95 Abflüsse über die Jahre einen Sprung, welcher auf wasserbauliche Maßnahmen hindeutete.

Kienberg an der großen Erlauf: Dieses Gebiet wird ebenfalls stark durch Stauanlagen beeinflusst, vor allem durch eine Kraftwerkskette mit mehreren Speicherseen. Weiters diente es der Analyse der Auswirkungen durch unterschiedliche Landnutzungen, welche sich im Wasserhaushalt widerspiegeln.

Im Weiteren werden nun die Erkenntnisse der Untersuchung der Auswirkungen der einzelnen wasserbaulichen Maßnahmen beschrieben.

- **Bewässerungsanlagen**

Je mehr Bewässerungsanlagen errichtet werden, desto größer ist die Grundwasserentnahme, und desto stärker sinkt der Grundwasserspiegel. Zusammen mit niedrigen Niederschlägen geschah dies im Marchfeld. Die Abflussmessungen begannen

zu einem Zeitpunkt als die Niederschläge und Grundwasserstände bereits sehr niedrig waren. Dadurch waren stetig niedrige Q95 Niederwasserstände zu beobachten, jedoch kein Trend in die eine oder andere Richtung.

- Wehre, Talsperren und Kraftwerke

- Durch die im Jahr 1992 erfolgte Flutung des Marchfeldkanals, bei dem die Wasserführung durch 8 Wehre gesteuert wird, stieg der Niederwasserabfluss Q95 im Rußbach von 0,07 m³/s auf etwa 1,5 m³/s und wurde in den darauffolgenden Jahren weiter erhöht. Diese Auswirkung ist eindeutig durch den Menschen verursacht und nicht durch Klimavariabilität.
- Die Auswirkungen von Laufkraftwerken auf den Niederwasserabfluss waren, wie in der Literatur beschrieben sehr gering und nicht nachweisbar.
- Speicherkraftwerke hingegen beeinflussen den Niederwasserabfluss stärker, jedoch wurde das einzige Speicherkraftwerk lange vor den Abflussaufzeichnungen errichtet und es konnten keine Auffälligkeiten im Abflussregime festgestellt werden.

- Fischteiche

Die vermuteten Auswirkungen durch Fischteiche waren in den Q95 Jahresabflüssen nicht sichtbar. Da diese jedoch im Frühjahr neu aufgefüllt werden, könnte man bei intensiver Fischteichnutzungen im Einzugsgebiet Auswirkungen in den Vierteljahrestrends MAM (März, April, Mai) erkennen.

- Entwässerungsanlagen

In der Theorie wird davon ausgegangen, dass durch Entwässerungsanlagen, der Grundwasserspeicher gesenkt und bei einem hohen Anteil an entwässerten Flächen im Einzugsgebiet der Niederwasserabfluss gesenkt wird. Diese wurden zumeist in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts errichtet und da weder die Abflussmessungen noch die Grundwassermessungen nicht so weit zurückreichten, konnten keine Auswirkungen dieser festgestellt werden. Darüber hinaus umfassten die drainierten Flächen meist unter 2 % des Einzugsgebiets.

- Kanalisationen

Die möglichen Auswirkungen von Kanalisationen wurden im Detail untersucht. Dabei wurden die Grundwassermessstellen mit den Errichtungen der Kanalisationen verglichen. Jedoch ließen sich keine Auswirkungen feststellen, da entweder der Grundwasserspiegel

ohnehin niedriger war als die neue Kanalisation oder die Messreihen nicht so weit zurückreichten.

- Kommunale Wasserversorgung

Für die Kommunale Wasserversorgung wurden die Wasserentnahmemengen aus den Grundwasserbrunnen erhoben. Und es ergab sich ein relativ geringer Anteil der Entnahme. So wurde im Einzugsgebiet der Messstelle Wieselburg durchschnittlich im Sommer etwa 1/30-stel des kleinsten Q95 Abflusses der letzten 30 Jahre aus dem Grundwasser entnommen. Neben diesem geringen Anteil, wird davon ein Großteil über Kläranlagen wieder in den Fluss zurückgeführt. Der Anteil des Verbrauches (über Verdunstung) der Industrie wurde stichprobenartig erhoben. Diese schätzten die Verdunstung auf etwa 1 % des Gebrauchswassers. Somit sind die Auswirkungen der kommunalen Wasserversorgung als vernachlässigbar zu beurteilen.

- Änderungen in der Landnutzung

- Je größer der Anteil an von Wald bedeckter Fläche in einem Einzugsgebiet ist, desto höher ist dessen Verdunstung.
- Je höher die Temperaturen und je trockener das Klima, desto höher ist auch die Verdunstung. Der Vergleich zwischen der Messstelle im Marchfeld, mit einer Verdunstung von 97,5 % und der Messstelle Wieselburg, mit einer Verdunstung von 44,7 % zeigt wie groß die Unterschiede innerhalb Niederösterreichs sein können.
- Direkte Auswirkungen der Änderung in der Landnutzung konnten jedoch nicht festgestellt werden, da in Niederösterreich weder große Abholzungen noch Aufforstungen vollzogen wurden.

Im Weiteren werden nun die Erkenntnisse der Untersuchung der Auswirkungen der einzelnen natürlichen Prozesse beschrieben.

- Lang anhaltende unterdurchschnittliche Niederschläge führen zu einem Auslaufen der Grundwasserspeicher und somit zu einem Sinken der Grundwasserspiegel und damit auch der Niederwasserabflüsse. Dies konnte durch Beobachtungen in den untersuchten Gebieten bestätigt werden.
- In den drei untersuchten Gebieten im Einzugsgebiet der Erlauf waren die Trends der Niederschlagsjahressummen und die Q95 Abflusstrends gegenläufig und sind somit weitgehend als unabhängig voneinander zu betrachten.
- Je höher die relative Höhenlage des Einzugsgebietes ist, desto geringer ist die Verdunstung.

- Hohe Winterniederschläge erhöhen in weiterer Folge die Grundwasserstände und somit die Niederwasserabflüsse.
- Überdurchschnittlich hohe Niederschläge können bei moderaten Winterniederschlägen zu gesteigerten Niederwasserabflüssen führen.
- Wie in der Literatur beschrieben, konnte bei den Niederschlagstrends in den letzten 30 Jahren ein Anstieg beobachtet werden. Dieser Trend konnte ebenso für Niederösterreich bestätigt werden.

Im Weiteren werden die Ergebnisse der Trendentwicklung zusammengefasst dargestellt.

- In der Literatur fanden sich noch keine eindeutigen Trends für die Niederwässer in Niederösterreich, diese konnten auch durch die Analyse in dieser Arbeit nicht detaillierter unterschieden werden.
- Die Klimavariabilität überwiegt mit hoher Wahrscheinlichkeit die Einflüsse des Menschen. Jedoch sind die Einflüsse des Menschen bis heute nicht eindeutig quantifizierbar.
- Sprunganalyse: Es konnten zwei Sprünge in den Zeitreihen untersucht werden. Der erste wurde im Falle der Messstelle im Marchfeld eindeutig durch den Menschen verursacht, durch die Errichtung des Marchfeldkanals gelangten ab 1992 durch Ausleitung aus der Donau und Einleitung in den Rußbach etwa $3 \text{ m}^3/\text{s}$ zusätzlich in den Fluss. Der zweite Sprung wurde im Falle der Messstelle Neubruck a. d. Jeßnitz vermutet und ließ sich auf Jahre starker Niederschläge mit anschließenden unterdurchschnittlichen Niederschlägen zurückführen.

5.2 Ausblick

Folgende Probleme traten während der Untersuchung der Niederwasser auf und sollen bei weiteren Untersuchungen in diesem Bereich helfen:

- Viele der großen Baumaßnahmen am Fluss und im Einzugsgebiet des Flusses wurden bereits vor Beginn der Messreihen getätigt. So können Veränderungen im Abflussregime nur bedingt erfasst werden.
- Aufzeichnungen über genaue Wasserentnahmen fehlen zum Großteil bzw. wurden erst in den letzten Jahren vereinzelt vorgenommen und werden weiterhin nur dezentral gesammelt.
- Zur Untersuchung der Q95 Trends ist möglicherweise die Wahl einer anderen Vergleichsgröße als die der Niederschlagsjahressummen anzudenken.
- Zur Analyse von Entnahmen durch Teiche muss möglicherweise der Fokus verstärkt auf Frühjahresniederwässer gelenkt werden, da zu diesem Zeitpunkt die Teiche wieder aufgefüllt werden.

6 Literatur und Abbildungen

6.1 Literaturverzeichnis

Akademie für Raumforschung und Landesplanung. 2009. [Online] ARL Hannover, 2009. [Zitat vom: 1. 10 2013.] <http://www.klima-und-raum.org/klimavariabilit%C3%A4t>.

Amt der NÖ Landesregierung. Wasserbuch. [Online] [Zitat vom: 1. 5 2014.] [http://atlas.noelandsregierung.at/webgisatlas/\(S\(owu1bzm1bbic0qgih5thvbhf\)\)/init.aspx?karte=atlas_wasserbuch&cms=atlas_wasser](http://atlas.noelandsregierung.at/webgisatlas/(S(owu1bzm1bbic0qgih5thvbhf))/init.aspx?karte=atlas_wasserbuch&cms=atlas_wasser).

BIESKE, Erich. 1997. *Bohrbrunnen*. Oldenbourg : Oldenbourg Industrieverlag, 1997. 3835663887.

BLÖSCHL, Günter et al. 2007. At what scale do climate variability and land cover change impact on flooding and low flows. *Hydrological Processes*. Invited Commentary, 2007, Bd. 21, 1241 - 1247.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. [Online] [Zitat vom: 31. 3 2014.] <http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserkreislauf/Wasserbilanz.html>.

—. [Online] [Zitat vom: 1. 5 2014.] <http://ehyd.gv.at/>.

—. **2003.** *Hydrologischer Atlas Österreichs*. Wien : Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, 2003. 3854372507.

—. **2009.** *Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan*. Wien : s.n., 2009.

—. **2013.** Wasserrechtsgesetz - WRG 1959 idF BGBl. I Nr. 98. 2013.

DIEBERGER, Andreas. 1992. Darstellung vernetzter Zusammenhänge im Marchfeld. Wien : s.n., 1992. AC00539521.

DVWK-Regeln zu Wasserwirtschaft 121. 1992. *Niedrigwasseranalyse Teil 2: Statistische Untersuchung der Unterschreitungsdauer und des Abflussdefizits*. Hamburg und Berlin : Verlag Paul Parey, 1992. 3-490-12097-3.

DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft 120. 1983. *Niedrigwasseranalyse Teil 1: Statistische Untersuchung des Niedrigwasser-Abflusses*. Hamburg und Berlin : Verlag Paul Parey, 1983. 3-490-12197-X.

DYCK, Siegfried und PESCHKE, Gerd. 1995. *Grundlagen der Hydrologie*. Berlin : Verlag für Bauwesen, 1995. 3-345-00586-7.

FIALA, Theodor, OUARDA, Taha B.M.J. und HLADNY, Josef. 2010. Evolution of low flows in the Czech Republic. *Journal of Hydrology*. 2010, Bd. 393, 206–218.

Food and agriculture organization of the united Nations. 2000. *The State of food and agriculture*. Rom : s.n., 2000.

HANSY, Hermann. 1979. Wasserwirtschaft und Raumplanung im nördlichen Marchfeld. Wien : s.n., 1979.

HARLFINGER, O. und KNEES, G. 1999. *Klimahandbuch der österreichischen Bodenschätzung, Klimatographie, Teil 1*. Innsbruck : Wagner, 1999. 3-7030-0341-3.

HISDAL, Hege, et al. 2001. Have streamflow droughts in europe become more severe or frequent? *INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY*. 2001, 21: 317–333.

HÖLTING, Bernward und COLDEWEY, Wilhelm G. 2013. *Hydrogeologie: Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie*. s.l. : Spektrum Akademischer Verlag, 2013. 9783827423535.

IPCC. 2013. *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*. Genf : s.n., 2013.

JANETSCHEK, Hubert. 1992. Wirtschaftlichkeit der Feldberegnung auf der Hochterrasse des Marchfeldes. Wien : Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, 1992. 3-7040-1131-2.

KACZYNSKI, Jürgen. 1994. *Stauanlagen, Wasserkraftanlagen*. s.l. : Werner, Neuwied, 1994. 3804145744.

LAAHA, Gregor und BLÖSCHL, Günter. 2006. Flächendeckende Bestimmung von Niederwasser-Kenngrößen in Österreich. *Wiener Mitteilungen*. 2006, Bd. 197.

—. **2003.** Saisonalität von Niederwasserspenden in Österreich. *Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich*. 2003, Bd. 82.

LECHER, LÜHR, ZANKE [Hrsg.]. 2001. *Taschenbuch der Wasserwirtschaft*. Hamburg [u.a.] : Parey, 2001. 3528025808.

LUDWIG, Karl- Heinz. 2006. *Eine kurze Geschichte des Klimas*. München : Beck, 2006. 978-3-406-54746-1.

Marchfeldkanal, Betriebsgesellschaft. 2014. *marchfeldkanal.at*. [Online] 2014. [Zitat vom: 3. 4 2014.] <http://www.marchfeldkanal.at/home.htm>.

MARTZ, Georg. 1987. *Siedlungswasserbau Teil 2: Kanalisation.* Düsseldorf : Werner-Verlag, 1987. 3804126790.

SCHÖNER, W., et al. 2011. *Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft.* Wien : Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011. 486 Seiten.

SMAKHTIN, V.U. 2001. Low flow hydrology: a review. *Journal of Hydrology.* 2001, Bd. 240, 147–186.

Tagungsband 14. Klimatag. CCCA. 2013. Wien : s.n., 2013.

ZAMG. 2012. HISTALP. [Online] Central Institute for Meteorology and Geodynamics, 2012. [Zitat vom: 1. 4 2014.] <http://www.zamg.ac.at/histalp/dataset/station/csv.php>.

6.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Einzugsgebietsgröße und Auswirkung von Landnutzung bzw. Klimavariabilität.....	9
Abbildung 2: links ist die Ganglinie eines Flusses abgebildet. Rechts die Dauerlinie des selbigen Flusses und Jahres. Dabei werden die Abflüsse nach Ihrer Größe sortiert. Wenn 95 % der Werte im Jahr größer sind, nennt man das eine Überschreitungshäufigkeit von 95 %. Der dazugehörige Abfluss Q95 ist im Diagramm eingezeichnet.	15
Abbildung 3: Reliefkarte Niederösterreichs mit Flüssen. Klimatisch gliedert sich Niederösterreich in 3 Bereiche. Im Osten, sowie im Norden das <i>Pannonikum</i> , im Nordwesten das <i>Waldviertel</i> und im Westen sowie im Südwesten der <i>alpine Bereich</i>	19
Abbildung 4: Trends der Jahresniederwasserdurchflüsse Q95 für Niederösterreich für die Periode 1976 – 2007 übernommen aus Schöner, W.; Blöschl, G. et al. (2011, S. 278 f). Pegel mit mindestens 25 Jahren Beobachtung. Die großen blauen Kreise zeigen steigende Trends, große rote Kreise zeigen fallende Trends. Kleine Kreise zeigen nicht signifikante Trends. Kreuze zeigen Pegel, die durch Überleitung/Speicher beeinflusst sind.	31
Abbildung 5: Trends der Q95 Jahresabflüsse für die Periode 1976 – 2007. Die Trends sind überwiegend steigend, signifikante Trends sind ausschließlich steigend.....	32
Abbildung 6: Trends der Niederschlagsjahressummen für die Periode 1976 – 2007. Die Trends sind überwiegend steigend, signifikante Trends sind ausschließlich steigend.....	32
Abbildung 7: Von den untersuchten Messstellen in Niederösterreich sind etwa 80 % unbeeinflusst (grün) und 20 % beeinflusst (rot). Die Unterteilung nach beeinflussten und unbeeinflussten Messstellen erfolgte nach einer Einteilung in Schöner, W.; Blöschl, G. et al. (2011, S. 279). Die	

Q95 Jahrestrends der beeinflussten und der unbeeinflussten Messstellen wurden miteinander verglichen. Die beeinflussten Messstellen folgen dabei einem ähnlichen Trend wie die unbeeinflussten Messstellen.....	33
Abbildung 8: Ansicht des Wasserbuchs auf der online- Plattform des NÖ-Atlas. Über die einzelnen georeferenzierten Symbole, welche unterschiedliche Wassernutzungen darstellen, kann man auf den jeweiligen Wasserbuchauszug zugreifen.....	36
Abbildung 9: Vergleich der Niederschlagstagesummen aufgetragen über ein Jahr, mit der zugehörigen Dauerlinie. Die Wahl einer ähnlichen Kenngröße wie dem Q95 Abfluss fällt bei Niederschlägen schwer.	38
Abbildung 10: Übersichtskarte des Einzugsgebiets der Messstelle Leopoldsdorf im Marchfeld/ Rußbach. Bereiche des Marchfeldes sind dunkelgrau unterlegt.....	39
Abbildung 11: Die beiden Grundwassermessstellen (links HZBNr. 305029, rechts HZBNr. 304709) befinden sich im südlichen Marchfeld. Die linke Grundwassermessstelle befindet sich unmittelbar, etwa 100m, in der Nähe des Rußbaches, sowie einer im Jahr 1992 errichteten Versickerungsstrecke, die rechte Messstelle befindet sich etwa 5 km südöstlich der ersten Messstelle und den Versickerungsanlagen. Man erkennt, dass sich nach dem Abschluss der Versickerungsanlage im Jahr 1992 der Grundwasserspiegel erhöhte. Der starke Anstieg im Winter 1995/96 ist auf die stärkeren Winterniederschläge in dieser Zeit zurückzuführen.....	41
Abbildung 12: links: Abflussganglinie der Messstelle Leopoldsdorf/ Rußbach. Niedrige Wasserstände Ende der 70er und während der 80er Jahre prägen den Abfluss. Die rote Trendlinie zeigt einen fast waagrechten, leicht abfallenden Verlauf. Nach einem Datenausfall, während der Errichtung des Marchfeldkanals vom 07.03.1991 bis 09.07.1992 ist dieser bereits fertiggestellt und geflutet. Man erkennt die neu zugeführte Wassermenge von etwa 3 m ³ /s, welche im Laufe der nachfolgenden Jahre leicht erhöht wurde. In der rechten Abbildung ist der zugehörige Verlauf des jährlichen Q95 dargestellt. Der Niederwasserabfluss vor Errichtung des Marchfeldkanals betrug im Schnitt 0,07 m ³ /s und stieg nach Errichtung des Marchfeldkanals von etwa 1,5 m ³ /s auf 4,2 m ³ /s.	43
Abbildung 13: Jahressummen des Niederschlags an der Messstelle Pilichsdorf/Rußbach (HZBNr. 108571) im Marchfeld. In rot wurden eine Ausgleichskurve eingezeichnet. Man kann erkennen, dass in den 1970er Jahren weniger Niederschläge herrschten. Nach 1990 stiegen die Niederschläge wieder.....	44
Abbildung 14: Die linke Grafik zeigt die Neuschneemengen in cm/Tag (HZBNr. 117093). Im Winter 1995/96 fallen überdurchschnittlich hohe Niederschläge, welche in weiterer Folge zu einem Anstieg des Grundwasserspiegels führen. Zur Vollständigkeit ist rechts die Niederschlagsmenge in mm/Tag (HZBNr. 108167) im gleichen Zeitraum aufgetragen.	44

Abbildung 15: Die Messstelle HZBNR. 304584 zeigt den für das Marchfeld charakteristischen Verlauf des Grundwasserstandes seit 1940. Hohe GW- Stände bis Mitte der 1970er, Abfall bis 1988, steigende Grundwasserstände durch höhere Niederschläge. Starker Grundwasseranstieg im Winter 1995/96. Langsam steigende Grundwasserstände in den letzten Jahren.....	45
Abbildung 16: Temperaturverlauf im Marchfeld in den letzten 60 Jahren. Der Anstieg der Temperatur um etwa 1 °C in den letzten 30 Jahren ist deutlich zu erkennen	46
Abbildung 17: Vergleich der Q95 Abflüsse von 4 Messstellen in der Umgebung (rot) von der untersuchten Messstelle (schwarz). Es ist zu erkennen, dass die untersuchte Messstelle eine sehr viel höhere Variabilität hat als, die anderen Messstellen.	46
Abbildung 18: Einzugsgebiet der Abflussmessstelle Leopoldsdorf im Marchfeld/Rußbach.....	47
Abbildung 19: Errichtung von Brunnen im Einzugsgebiet der Messstelle Leopoldsdorf im Marchfeld im Laufe der letzten 60 Jahre.	48
Abbildung 20: Errichtung von Entwässerungsanlagen nach Jahren und drainierten Flächen	48
Abbildung 21: Zusammenfassung aller Messstellen und wasserbaulichen Maßnahmen. Die Erklärung zu den einzelnen Punkten findet sich in Kapitel 4.1.10	52
Abbildung 22: Einzugsgebiet der Erlauf mit allen Teileinzugsgebieten. Rote Punkte sind Niederschlags- und Neuschneemessstellen, grüne Punkte sind Grundwassermessstellen, blaue Punkte sind Quellwassermessstellen, hellblaue Dreiecke bezeichnen Tagesabflussmittelwerte. Die graue Begrenzung bezeichnet die Einzugsgebietsgrenzen.....	54
Abbildung 23: Verteilung aller Q95 Trends im Einzugsgebiet der Erlauf	55
Abbildung 24: Temperaturverlauf der Messstelle in Waidhofen a. d. Ybbs. Der steigende Trend der letzten 30 Jahre ist durch die rot eingezeichnete Ausgleichskurve erkennbar	57
Abbildung 25: Die wasserbaulichen Maßnahmen wurden nach dem Datum der Bewilligung laut Wasserrecht erhoben und über die Zeit aufgetragen. Bei Kanalisationen wurde die kanalisierte Fläche gemessen und über die Zeit aufgetragen. Teiche wurden über deren Teichvolumen quantifiziert und ebenfalls über die Zeit aufgetragen. Wehre und Wasserkraftanlagen wurden anzahlmäßig erhoben und über die Zeit aufgetragen. Maßnahmen im Einzugsgebiet der Messstelle Wieselburg sind rot, Neubruck blau und Kienberg schwarz markiert.....	62
Abbildung 26: Vergleich der Q95 Abflüsse mit den Jahresniederschlagssummen, Jahresneuschneemengen und den wasserbaulichen Maßnahmen für das EZG Wieselburg. Farblich dazu wurden die Ausgleichskurven eingezeichnet. In schwarz die mit dem Theil-Sen Schätzer ermittelten Trendgeraden. Es ergab sich durch die wasserbaulichen Maßnahmen keine Auswirkungen, welche eine Veränderung in den Q95 Abflüssen verursacht hätte	63
Abbildung 27: Vergleich der Q95 Abflüsse mit den Jahresniederschlagssummen, Jahresneuschneemengen und den wasserbaulichen Maßnahmen für das EZG Neubruck an der	

Jeßnitz. In grau wurden die Ausgleichskurven und Trendgeraden eingezeichnet. Die Auswirkungen der wenigen Maßnahmen in diesem Einzugsgebiet waren nicht zu erkennen. Dafür konnte nachgewiesen werden, wie stark der Schneefall im Winter die Abflusswerte beeinflusst.....64

Abbildung 28: Vergleich der Q95 Abflüsse mit den Jahresniederschlagssummen, Jahresneuschneemengen und den wasserbaulichen Maßnahmen für das EZG Kienberg an der großen Erlauf. In grau wurden die Ausgleichskurven und Trendgeraden eingezeichnet66

6.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wassergebrauch pro Monat in Prozent des Jahresgebrauchs	27
Tabelle 2: Tabelle der berechneten Niederwassertrends für die Q95 Abflüsse an der Erlauf und seinen Zubringern. Die Trends für 1950 – 2007, sowie für 1976 – 2007 wurden für den Bezugszeitraum 1 Jahr, sowie für die Vierteljahresperioden DJF(Dezember, Jänner, Februar), MAM (März, April, Mai), JJA (Juni, Juli, August) und SON (September, Oktober, November) aus der Studie nachgerechnet und übernommen. Die fett markierten Messstellen sind laut Hydrographischem Jahrbuch durch Überleitung und Speicherung beeinflusst, kursive durch Kraftwerksbetrieb beeinflusst. Signifikante Trends sind blau hinterlegt. Nicht signifikante Trends sind grau hinterlegt. Die eingerahmten Trends wurden im Zuge der Analyse genauer untersucht.	55
Tabelle 3: Zusammenfassung aller Maßnahmen in den Einzugsgebieten der 3 ausgewählten Messstellen	59
Tabelle 4: Verteilung der abflussbildenden Komponenten in den 3 Einzugsgebieten	60