

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Langzeit-Analyse der Wasserpflanzenentwicklung in
einem künstlichen Wasserkörper: 20 Jahre Sukzession
und Hochwasser-Einfluss in der Neuen Donau

Verfasserin

Franziska Heller-Meixner

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2011

Studienkennzahl: A444

Studienrichtung: Diplomstudium Ökologie

Betreuer: Univ. Prof. Dr. Georg A. Janauer

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt **Univ. Prof. Dr. Georg A. Janauer** für die verlässliche und zuvorkommende Unterstützung und Betreuung meiner Diplomarbeit.

Für das Sammeln und zur Verfügung stellen der Daten möchte ich mich herzlich bei **Dr. Ulrike Wychera** bedanken.

Bei der MA45 der Stadt Wien bedanke ich mich für das Bereitstellen der Daten über die Hochwasserereignisse der Neuen Donau.

Außerdem bedanke ich mich bei **DI Norbert Exler** für die Hilfe bei der Aufbereitung der Daten.

Ebenso gilt mein Dank **MSc. Udo Schmidt-Mumm** für die Idee und die Auswertung der Statistik.

Bei **Mag. Eva Lanz** möchte ich mich für Hilfe, Rat und gute Gespräche bedanken.

Ich bedanke mich herzlich bei meiner ganzen Familie für die moralische Unterstützung.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinen Eltern **Fritz Meixner** und **Monika Gartenmayer** für die finanzielle Unterstützung bedanken. Bei meiner Oma **Gerta Vallant** bedanke ich mich für finanzielle Zuschüsse.

DI Architekt Shelide Heller-Bernal und **Monika Gartenmayer** danke ich aufs herzlichste für das Hüten meines Sohnes Andreas während diese Arbeit entstand.

Meiner Schwiegermutter **Helene Pfalz-Schwingenschlögl** und

Ao. Univ. Prof. Rudolf Schwingenschlögl möchte ich für Literatursuche und für die Bereitstellung von Abbildungen danken.

Mein inniger Dank gilt meinem lieben Mann **Mag. Dr. Gerwin Heller** für seine tatkräftige Unterstützung, seine Hilfe, seine Geduld und sein Vertrauen.

Abschließend danke ich meinem Sohn **Andreas**, der während der Fertigstellung dieser Arbeit so ein braves Baby war.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	9
1.1. Aufgabenstellung	9
1.2. Hintergrund	9
1.2.1. Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes Neue Donau.....	9
1.2.2. Geologie der Donau bei Wien	10
1.2.3. Geschichte der Neuen Donau – Donauregulierung im 19. und 20. Jahrhundert.	11
1.2.4. Technische Daten der Neuen Donau	12
1.2.5. Hydrologie der Donau	15
1.2.6. Entstehung von Hochwässern	16
1.3. Makrophyten	18
1.3.1. Makrophyten: Definition, anatomische und physiologische Eigenschaften	18
1.3.2. Funktion und Nutzen der Makrophyten	18
1.3.3 Wuchs- und Lebensformen der Makrophyten.....	19
2. Methoden	21
2.1. Kartierungsmethode nach KOHLER.....	21
2.2. Untersuchungszeitraum.....	22
2.3. Untersuchungsstellen	23
2.4. Tauchkartierung	27
2.5. Auswertung.....	27
2.5.1. Statistische Methoden: MRPP (Multi-Response Permutation Procedure), ISA (Indicator Species Analysis), NMDS (Non-Metric Multidimensional Scaling)	27
2.5.2. Ähnlichkeitsvergleich der Jahre – MRPP (Multi-Response Permutation Procedure).....	28
2.5.3. Makrophyten Abundanzen über alle Jahre – ISA (Indicator Species Analysis)...	29
2.5.4. Berechnung der Relativen Pflanzenmenge (RPM) und der Mittleren Mengenindizes (MMI)	30
2.5.5. Hochwasserdaten	32
2.5.6. Vergleich der Arten und Pflanzenmengen mit Hochwässern – NMDS (Non-Metric Multidimensional Scaling)	34
2.5.7. Kumulativer KOHLER Index (CKI)	34
2.5.8. Korrelationen – Vergleich der aquatischen Vegetation von Herbst und Frühjahr des Folgejahres	35
3. Ergebnisse.....	37

3.1. Vergleich des Pflanzenbestands in den Jahren 1995 - 2005 (Obere Stauhaltung) bzw. 1988 - 2007 (Untere Stauhaltung) mittels Multi-Response Permutation Procedure (MRPP).....	37
3.2. Analyse der auftretenden Arten.....	39
3.2.1. Artenliste.....	39
3.2.2. Abundanz	40
3.2.3. Analyse der Abundanz, Frequenz und Indikatorwerte (IV) der Makrophytenarten mittels Indicator Species Analysis (ISA).....	44
3.2.4. Beispiele der RPM und MMI Analysen für die Obere und die Untere Stauhaltung	52
3.3. Analysen über den Hochwassereinfluss auf den Makrophytenbestand.....	62
3.3.1. NMDS - Non-Metric Multidimensional Scaling.....	62
3.3.2. Darstellung des CKI pro Untersuchungsabschnitt aller Saisonen beider Stauhaltungen	65
3.3.3. Darstellung über das Vorkommen der Arten in den Saisonen der Jahre mit großen Hochwässern.....	73
3.4. Korrelationsanalyse der Pflanzenmengen von Herbst und Frühjahr des Folgejahres	75
4. Diskussion	76
4.1. Sind die einzelnen Jahre in Hinblick auf ihre Arten und deren Pflanzenmengen vergleichbar, welche Jahre waren artenreich bzw. artenarm?	76
4.1.1. Obere Stauhaltung.....	76
4.1.2. Untere Stauhaltung	77
4.2. Welche Dominanz und Frequenz kommt den nachgewiesenen Arten im Untersuchungszeitraum zu?.....	77
4.3. Wird die Pflanzenmenge durch Hochwässer beeinflusst, wie verändert sich die Artenzusammensetzung und welche Arten etablieren sich als Erste nach Hochwasserdurchgang?	80
4.3.1. Auswirkung der Hochwasserereignisse auf die Pflanzenmengen.....	80
4.3.2. Veränderung der Artenzusammensetzung durch Hochwässer.....	82
4.3.3. Welche Arten kamen zuerst nach Hochwasserdurchgang	83
4.4. Korrelierten die Pflanzenmengen der Herbstsaison mit den Pflanzenmengen im Frühjahr der Folgejahre?	84
4.5. Inwiefern unterscheiden sich die beiden Stauhaltungen der Neuen Donau in Bezug auf die Artenzusammensetzung und die Pflanzenmengen?	84
5. Referenzen.....	87

Zusammenfassung.....	91
Abstract.....	93
Lebenslauf.....	95

1. Einleitung

1.1. Aufgabenstellung

Wasserpflanzen helfen die Wasserqualität zu verbessern, strukturieren das Gewässer und dienen anderen Organismen selbst als Lebensraum. Im Jahr 1987, kurz nach Fertigstellung des Donauhochwasserschutzes, begannen die Makrophyten sich in der Neuen Donau zunächst nur in der Unteren Stauhaltung zu etablieren. Ab 1995 waren Makrophyten auch in der Oberen Stauhaltung vertreten (Janauer und Wychera, 1999).

Werden während eines Hochwassers die Wehre der Neuen Donau geöffnet, wird aus dem meist stehenden Gewässer ein Fließgewässer. Das führt zu einer weitgehenden Ausschwemmung der Wasserpflanzen infolge der raschen Strömung. Anschließend erfolgt eine Neuansiedlung der Pflanzen (Donabaum, 2009).

Ziel dieser Diplomarbeit war es herauszufinden, wie sich der Wasserpflanzenbestand in den Jahren 1988 bis 2007 verändert hat:

- Sind die einzelnen Jahre in Hinblick auf ihre Arten und deren Pflanzenmengen vergleichbar, welche Jahre waren artenreich bzw. artenarm?
- Welche Dominanz und Frequenz kommt den nachgewiesenen Arten zu?
- Wird die Artenzusammensetzung und –menge durch Hochwässer beeinflusst und welche Arten etablieren sich als Erste nach Hochwasserdurchgang?
- Korrelierten die Pflanzenmengen der Herbstsaison mit den Pflanzenmengen im Frühjahr der Folgejahre?
- Inwiefern unterscheiden sich die beiden Stauhaltungen der Neuen Donau in Bezug auf die Artenzusammensetzung und die Pflanzenmengen?

1.2. Hintergrund

1.2.1. Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes Neue Donau

Die Neue Donau ist ein künstliches, meist stehendes Gewässer. Sie verläuft im ehemaligen Überschwemmungsgebiet durch die Stadt Wien, parallel dem linken

Donauufer. Neben dem Hochwasserschutz fungiert sie als Grund- und Oberflächenwasserlieferant, als Naherholungsgebiet, sowie als Bade-, Sport- und Freizeitareal. Außerdem stellt die Neue Donau Lebensraum für zahlreiche Tier und Pflanzenarten, welche zu Langzeitbeobachtungen für Untersuchungen über die Wasserqualität herangezogen werden, dar (Donabaum, 2009).

1.2.2. Geologie der Donau bei Wien

Die heutige Donau entwickelte sich in drei Phasen: lange bevor sich der Fluss entwickelte, bildete sich zunächst die tektonische Anlage. Etwa im Oberpliozän trat die Donau zum ersten Mal in Erscheinung, prägte aber noch nicht entscheidend die Landschaft. Mit dem Pleistozän begann die Donau die Landschaft zu formen. Sie akkumulierte Schotter und es entstanden durch Erosion vielgliedrige Terrassentreppen (Fink, 1966).

Heute ist die eiszeitlich entstandene Terrassenlandschaft im Wiener Stadtgebiet hauptsächlich rechts der Donau zu erkennen. Die höchste Terrasse ist die Laabergterrasse (ca. 250m), entstanden im ältesten Pleistozän. Die tiefste ist die Praterterrasse (ca. 165m), entstanden im Spät- und Postglazial. Dazwischen liegen die Wienerbergterrasse (ca. 220m, Altpleistozän „Günz“), die Arsenalterrasse (ca. 200m, Altpleistozän „Mindel“), die Theresianumterrasse (ca. 185m) und die Stadterrasse (ca. 175m, Mittelpleistozän „Riß“, siehe Abbildungen 1 und 2). Der Schotter der Praterterrasse wurde von der heutigen Donau zum größten Teil bis zu ihrem Erosionsrand remobilisiert und umgelagert, daher ist der Praterterrassenschotter nur reliktsch in Kolken und Senken vorhanden.

Die Donau bildete vor ihrer Regulierung ab der Wiener Pforte bis zur Marchmündung mehrere Haupt- und Nebenarme aus, welche durch Hoch- und Niederwasserereignisse immer wieder umgelagert wurden. Dadurch lagerten sich in diesem Talboden durchschnittlich sieben bis fünfzehn Meter dicke Donauschotter ab, bestehend hauptsächlich aus Quarz (62%), Kristallin (26%; Gneis, Granit, Amphibolit), Karbonat (12%; Dolomit, Kalk) und Sandstein. Diese Donauschotter haben eine hohe hydraulische Leitfähigkeit und sind daher ein bedeutender Grundwasserträger (Oberhauser, 1980; www.wien.gv.at, abgerufen Juli 2011c).

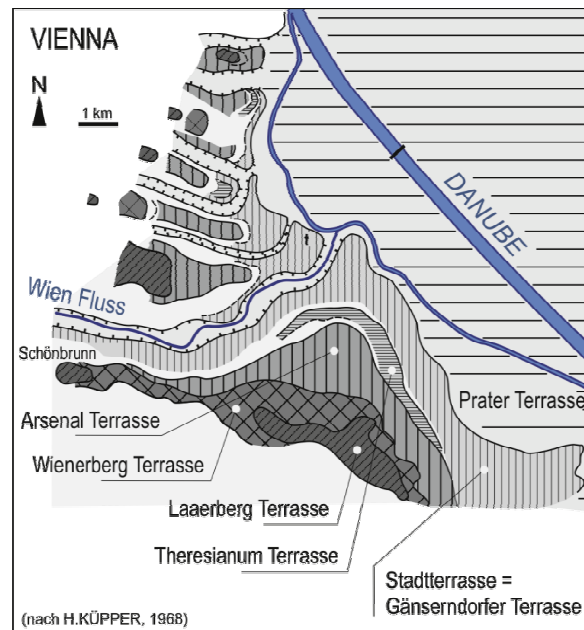


Abbildung 1. Wiener Terrassenlandschaft (zur Verfügung gestellt von H. Pfalz-Schwingenschlögl)

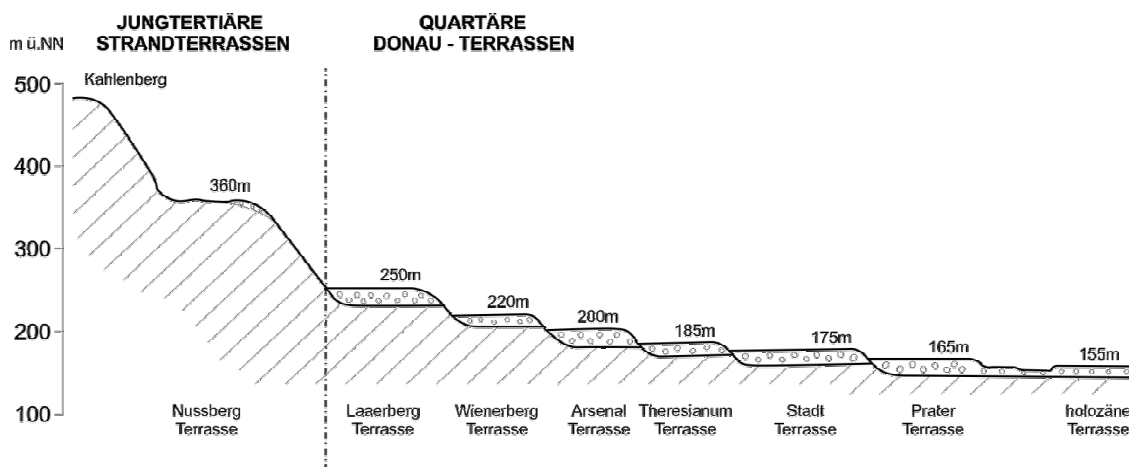


Abbildung 2. Wiener Terrassenlandschaft, Querschnitt (zur Verfügung gestellt von H.Pfalz-Schwingenschlögl)

1.2.3. Geschichte der Neuen Donau – Donauregulierung im 19. und 20. Jahrhundert

Die Donau entspringt mit den Quellbächen Brigach und Breg im Schwarzwald und mündet in Rumänien ins Schwarze Meer. Sie hat eine Gesamtlänge von 2850 km, wobei die Stromkilometer der Donau von der Mündung zur Quelle gezählt werden. Die Wiener Pforte ist das Durchbruchstal der Donau vor Wien zwischen dem Bisamberg am linken Donauufer und dem Leopoldsberg am rechten Donauufer. Vor der ersten großen Donauregulierung (1869 bis 1875) verzweigte sich der Fluss nach der Wiener Pforte in zahlreiche Nebenarme, welche ihren Lauf nach Hochwässern

immer wieder veränderten. Man regulierte den Fluss von der Wiener Pforte bis nach Fischamend, um die Stadt Wien vor Hochwässern zu schützen und den Fluss für die Schifffahrt befahrbar zu machen. Sieben Brücken wurden errichtet, der rechte Donauarm wurde zum Donaukanal ausgebaut, am linken Ufer bildete der ehemalige Hauptstrom die Alte Donau, dazwischen blieb ein weites Überschwemmungsgebiet. Die Donau war nun rund 280 m breit, im Hochwasserfall konnte sie sich über das Inundationsgebiet auf 450 m bis zum Hubertusdamm ausbreiten. Wien war nun vor Hochwässern mit einem Durchfluss der Donau bis zu 11700 m³/s sicher. Doch als weitere Überschwemmungen 1897 und 1899 folgten, war offensichtlich, dass der Hochwasserschutz einen größeren Durchfluss gewährleisten musste. Man forschte in den Chroniken und fand heraus, dass sich in Wien im Jahr 1501 ein Katastrophenhochwasser mit einem Durchfluss von 14000 m³/s ereignete.

In den 1960er Jahren wurde die zweite große Donauregulierung beschlossen. Man entschied sich zwischen Stromkilometer 1938 und 1918 einen Kanal am linken Ufer der Donau zu bauen. Die Erbauung begann 1972 und wurde 1988 fertig gestellt. Der Aushub wurde zur Aufschüttung der 70 bis 210 m breiten Insel (Donauinsel), zwischen der Großen Donau und der nun Neuen Donau verwendet. Die Donauinsel ist heute ein bedeutendes Freizeitareal und dient als Naherholungsgebiet (Perspektiven, 1991; www.aeiou.at, abgerufen Juni 2011).

1.2.4. Technische Daten der Neuen Donau

Die Neue Donau ist am oberen und unteren Ende mit der Großen Donau über das bei Niederwasser geschlossene Einlaufbauwerk und das Wehr 2 verbunden. Das Einlaufbauwerk befindet sich bei Stromkilometer 1938 und regelt bei Hochwasser die Aufteilung der Wassermassen zwischen der Großen Donau und der Neuen Donau. Bei Stromkilometer 1926 grenzt das Wehr 1 die Obere Stauhaltung ab. Es regelt in Abhängigkeit vom Einlaufbauwerk den Wasserabfluss. Das untere Ende der Neuen Donau grenzt das Wehr 2 bei Stromkilometer 1918 ab. Die Untere Stauhaltung wird von Wehr 1 und Wehr 2 abgeschlossen. Erreicht die Große Donau während eines Hochwassers einen Durchfluss von 5000 m³/s - der mittlere Durchfluss beträgt 1922 m³/s - werden die Wehre und das Einlaufbauwerk geöffnet und die Neue Donau geflutet. Die Neue Donau kann im Hochwasserfall bis zu 5200 m³/s Wasser aufnehmen. Die Große Donau kann Wassermassen von 8800 m³/s

bewältigen, die Kapazität beider Gewässer beträgt somit 14000 m³/s (das würde einem 10.000 jährigen Hochwasser entsprechen), ohne Wien zu überfluten.

Die Neue Donau hat eine Gesamtlänge von 21,1 km. Die Obere Stauhaltung ist etwa 12 km lang und 1,60 m bis 6,30 m tief, die Untere Stauhaltung ist etwa 9 km lang und 2 m bis 6 m tief. Das Bett ist mit großen Wasserbausteinen gesichert. Die Ufer bestehen hauptsächlich aus Blockwurf und betonierter Befestigung (Mauern, Betontreppen). An der Wasseroberfläche beträgt die mittlere Breite 210 m. Zwischen 1992 und 1998 wurde das letzte große Donaukraftwerk (Kraftwerk Freudenu) im südlichen Wiener Donauabschnitt errichtet. Die dadurch entstandene Staustufe bewirkte ein Anheben des Wasserspiegels der Großen Donau, was sich auch auf die Neue Donau auswirkte (siehe Tabelle 1) und der Wasserspiegel auf die ursprünglich vorgesehene Höhe angehoben werden konnte. Die Wasserstände der beiden Stauhaltungen der Neuen Donau werden nach einer „Musterganglinie“ durch eine strenge Betriebsordnung geregelt (siehe Beispiel Abbildung 3). Die Musterganglinie wurde aus einer Langzeitreihe von Wasserständen der Donau abgeleitet (Donabaum, 2009; Kreuzinger und Matsché, 2000).

Tabelle 1. Mittlere Tiefe, Gesamt Volumen und Retentionszeit vor dem errichten der Staustufe 1995 und danach ab 1996 für die Obere und die Untere Stauhaltung

	Obere Stauhaltung		Untere Stauhaltung	
	vor 1995	ab 1996	vor 1995	ab 1996
Mittlere Tiefe (m)	2,35	3,7	2,35	3,8
Wasseroberfläche (km ²)	1,9		1,3	
Gesamt Volumen (Mio. m ³)	4,23	7,2	3,17	4,8
Retention (Tage)	98	34	73	15

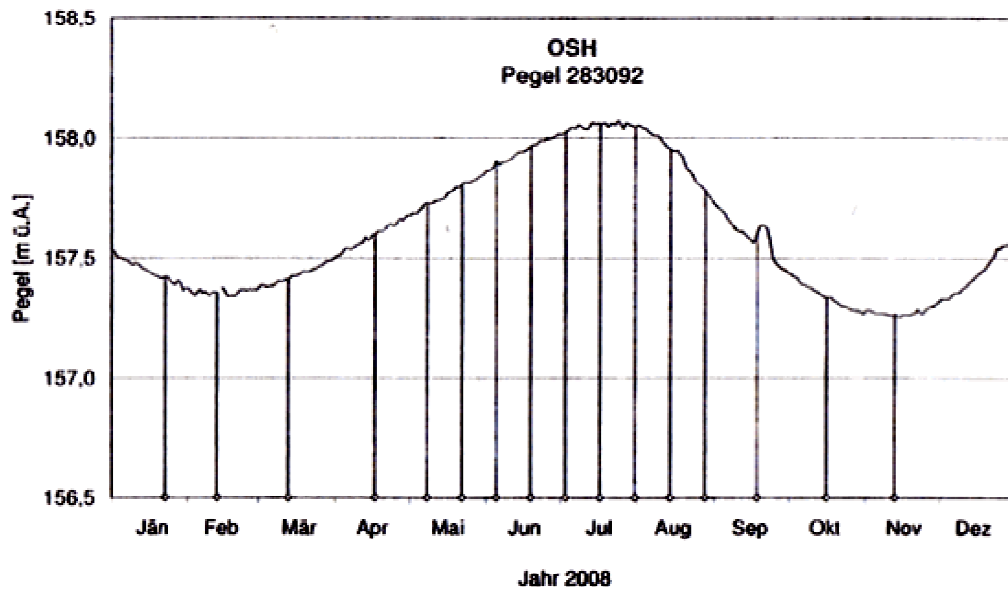


Abbildung 3. Ganglinie der Oberen Stauhaltung in der Neuen Donau im Jahr 2008. Diese entspricht, bis auf den Einfluss durch das Hochwasser im September, der Musterganglinie (übernommen von Donabaum 2009).

Nährstoffeinträge wie Stickstoffverbindungen und Phosphat gelangen über das Grundwasser des rechten Ufers in die Neue Donau. Aber auch Badegäste, Wasservögel und Bodenerosion der Ufer, sowie Regenwasser spielen eine wichtige Rolle für die Nährstoffzufuhr der Neuen Donau (Pichler, 1994).

Bei Hochwasser, wenn die Neue Donau geflutet wird, entspricht das Wasser in seiner Nährstoffzusammensetzung der Donau (Vrana, 1994). Aber auch kleine Hochwässer, bei denen das Einlaufbauwerk nur überströmt wird, führen, vor allem in der Oberen Stauhaltung, zu Nährstoffeinträgen mit eutrophierender Wirkung. Allerdings kommt es bei großen Hochwässern zu einem erheblichen Sediment- und Nährstoff- Austrag. Das zeigen Beobachtungen über die Trophie nach großen Hochwässern. Nach der Errichtung Ende der 1980er Jahre war die Neue Donau gekennzeichnet durch eine erhöhte Trophie. Nach dem Hochwasser 1991 folgten Jahre mit mesotrophem und mäßig eutrophem Niveau. Erst durch mehrere kleine Hochwässer stieg das trophische Niveau bis Ende der 1990er Jahre in der Neuen Donau wieder an. Seit dem großen Hochwasser 2002 bewegen sich die Werte der Oberen Stauhaltung zwischen mesotroph und schwach eutroph, die Werte der Unteren Stauhaltung bleiben im mesotrophen Bereich. Hochwässer bewirken Schwebstoffbelastungen für die Neue Donau.

Generell ist in hochwasserfreien Zeiten der Grundchemismus der Neuen Donau geprägt vom kalkhaltigen Chemismus der Donau. So sind stabile, schwach basische pH-Werte, mittlerer Salzgehalt und gutes Puffervermögen charakteristisch für die Gewässer (Donabaum, 2009; Weilguni, 2000; www.aeiou.at, abgerufen Juni 2011; www.wien.gv.at, abgerufen Juli 2011a; www.wien.gv.at, abgerufen Juli 2011b).

1.2.5. Hydrologie der Donau

Die Donau wird bis zur Hainburger Pforte als Obere Donau bezeichnet und hat Gebirgsflusscharakter: Die aus dem alpinen Bereich kommenden Nebenflüsse der Donau (Inn, Lech, Isar, Salzach, Traun, Enns, Ybbs und Erlauf) und die Geländeneigung deren Gebirgstäler verursachen große Differenzen zwischen den Abflussereignissen und das starke und rasche Anschwellen der Hochwässer. Das Gefälle der Donau beträgt in Österreich 0,043% und die Fließgeschwindigkeit bei Wien beträgt 2 bis 13,6 km/h.

Der Durchfluss ist im Laufe eines Jahres nicht immer gleich. Von Mai bis August sind die höchsten Wasserstände der Donau zu erwarten, welche durch starke Niederschläge und gleichzeitiges Tauwetter im Gebirge zustande kommen. Dabei kommt es nicht selten zu Durchflüssen über 6000 m³/s. Die niedrigsten Wasserstände mit Durchflüssen unter 800 m³/s verzeichnen die Monate Oktober bis März. Der durchschnittliche Durchfluss der Donau beträgt 1900 m³/s (Fuchs, 1991; Perspektiven, 1991).

Sind die Wehre und das Einlaufbauwerk geschlossen, ist die Neue Donau mit dem Hauptstrom über den Aquifer der Donauinsel verbunden. Durch den Kraftwerksbau und den erhöhten Wasserspiegel der Donau erhöhte sich auch der hydrologische Druck, was zu kürzeren Retentionszeiten in beiden Stauhaltungen führte (siehe Tabelle 1). Die Neue Donau wird hauptsächlich von der Donau mit Grundwasser gespeist, oder während eines Hochwassers direkt mit Donauwasser. Ebenso kommt es zu einem Grundwasserabstrom. Im Jahr 1993 wurde in der Oberen Stauhaltung eine negative Wasserbilanz und in der Unteren Stauhaltung eine positive Wasserbilanz über das Grundwasser des linken und rechten Ufers gemessen. Etwa 13 - 14% des Wasservolumens werden durch Niederschläge erneuert (Pichler, 1994; Vrana, 1994; Weilguni, 2000).

1.2.6. Entstehung von Hochwässern

Für Ökosysteme in Flüssen sind die am häufigsten vorkommenden Störungen Hochwässer, welche die Makrophyten entwurzeln und größere Flächen räumen (Barrat-Segretain und Amoros, 1995).

Hochwässer entstehen durch kurze, starke oder lang anhaltende Niederschläge. Ebenso haben die räumliche Verteilung des Niederschlages, die Geländeform, die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens und die Ausprägung des Gewässernetzes Einfluss auf die Entstehung von Hochwässern. Wie schnell Regen- oder Schmelzwasser in den Flüssen ankommt, hängt davon ab, ob es über einen Wald, über Ackerland, oder über verbautes Gebiet fließt und wie schnell es den Untergrund passiert. Die Urbarmachung und Versiegelung der Böden verändern das Abflussgeschehen. Regenwasser kann von versiegelten Böden nicht aufgenommen werden und fließt oberirdisch oder durch die Kanalisation ab und erreicht so rasch den Vorfluter. Der Anteil des Regenwassers, der zum Abfluss gelangt, kann in Stadtgebieten 90 - 95% betragen, in naturbelassenen Gebieten 10 - 20%. Ackerflächen und Wiesen halten das Wasser besser zurück als verbaute Flächen. Bewaldete Flächen halten, durch ihre unregelmäßigen Oberflächen und gut ausgebildeten Porensysteme sowie durch hohe Interzeption und Transpiration, Niederschläge am besten zurück und verringern die Fließgeschwindigkeit des abfließenden Regenwassers. In Abbildung 4 ist die Kurve der Abflussganglinie mit der Niederschlagsintensität dargestellt, die den Abfluss im Verlauf der Zeit beschreibt. Die Dauer und die Intensität der Niederschläge spielen eine entscheidende Rolle in Bezug auf die Hochwasserintensität. Unterschieden wird zwischen Starkregen (hohe Niederschlagsintensität in kurzer Zeit) und Landregen (lang anhaltender, gleichförmiger Regen mit mäßiger Niederschlagsintensität, siehe Abbildung 5; <http://mars.geographie.uni-halle.de/geovlexcms/>, abgerufen August 2011; www.webgeo.de/, abgerufen August 2011)

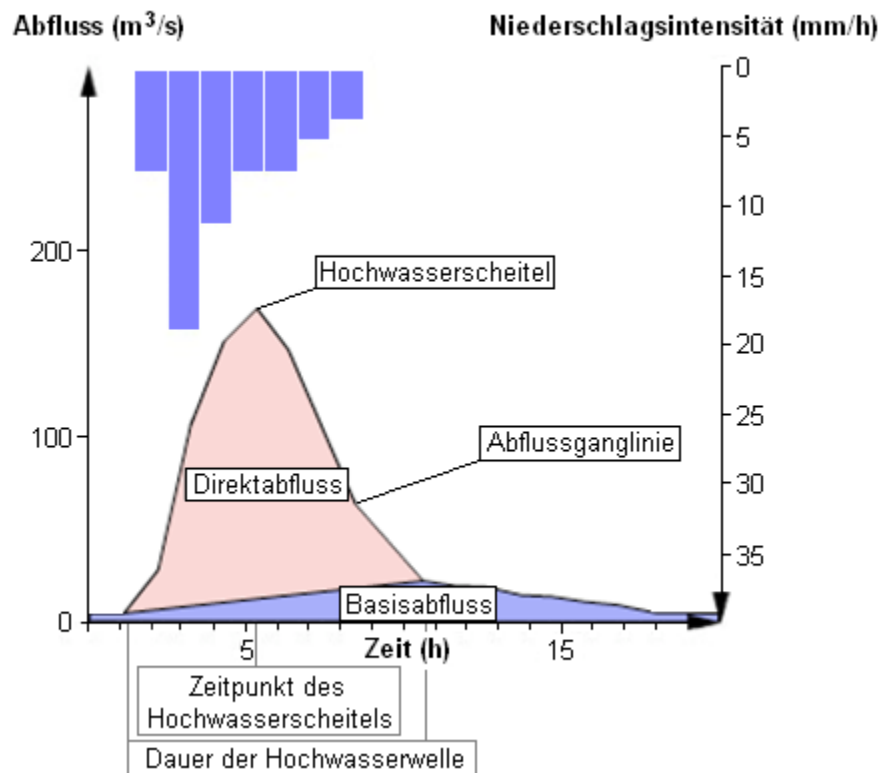


Abbildung 4. Abflussganglinie der Hochwasserwelle (Direktabfluss) und des Basisabflusses in m^3/s in einem Wasserlauf. Die blauen Balken zeigen die Niederschlagsintensität in mm/h . Der Hochwasserscheitel ist das Abflussmaximum bzw. der höchste Wasserstand. Der Direktabfluss ist die Wassermenge, die nicht im Einzugsgebiet gespeichert bleibt und den Vorfluter kurz nach dem Fallen des Niederschlages erreicht. Der Basisabfluss ist der Teil des Wassers, der sich aus austretendem Grundwasser und dem im Ufer gespeicherten und verzögernd abfließenden Wassers zusammensetzt, ohne vorangegangene Niederschläge oder Schneeschmelze.
Abbildung bezogen von: <http://mars.geographie.uni-halle.de>

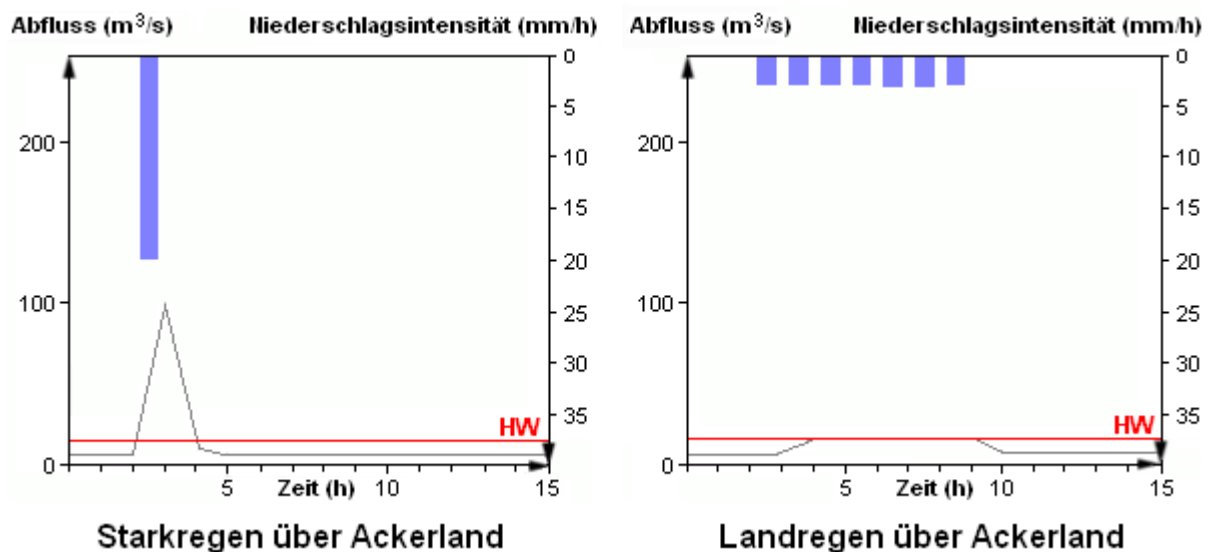


Abbildung 5. Bei Starkregen setzt die Hochwasserwelle früher ein, ist jedoch kürzer als bei Landregen, ebenso ist der Hochwasserscheitel bei Starkregen höher und der Direktabfluss größer. Blaue Balken: Niederschlagsintensität in mm/h , schwarze Linie: Abflussganglinie. Abbildung bezogen von: <http://mars.geographie.uni-halle.de>

1.3. Makrophyten

1.3.1. Makrophyten: Definition, anatomische und physiologische Eigenschaften

Als Makrophyten werden Pflanzen bezeichnet, die meistens oder ständig in Gewässern leben. Sie sind entweder an der Wasseroberfläche schwimmend, oder teilweise, bzw. ganz untergetaucht zu finden. Zu den Makrophyten zählen Charophyta (Armleuchtergewächse), Bryophyta (Moose), Pteridophyta (Farne, Schachtelhalme und Bärlappgewächse) und Spermatophyta (Samenpflanzen). In der Neuen Donau wurden nur Charophyten und Spermatophyten kartiert.

Wasserpflanzen sind speziell an das Leben im Wasser angepasst. Das Kohlendioxid, welches die Pflanzen für ihre Stoffwechselprozesse benötigen, liegt in kalkhaltigen Gewässern zu einem Teil als wasserlösliches Kalziumhydrogenkarbonat $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ vor. Die meisten Wasserpflanzen nehmen auch aus $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ Kohlendioxid auf. Dabei kommt es zur Ausfällung von Kalziumkarbonat CaCO_3 . Kalziumkarbonat ist unlöslich und bleibt als Kalkinkrustation auf den Blättern der Pflanzen haften. Man nennt diesen Vorgang „Biogene Entkalkung“. Den für die Atmung benötigten Sauerstoff, entnehmen die submers lebenden Arten ebenso aus dem Wasser. Aufgenommen werden Kohlendioxid, Sauerstoff und Nährstoffe durch den Stängel und die Blätter. Unterwasserpflanzen haben nur schwach entwickelte, oder gar keine wasserleitenden Gefäße. Ebenso fehlen den submersen Blättern die Spaltöffnungen. Durch den Auftrieb im Wasser benötigen sie kein Festigungsgewebe in Stängel und Blättern. Die Anatomie der Pflanzen ist speziell auf Zugfestigkeit angepasst, z.B. sind ihre Blätter meist band- oder fadenförmig (Casper und Krausch, 1980; Krausch, 1996).

1.3.2. Funktion und Nutzen der Makrophyten

Makrophyten dienen vielen Fischarten als Laichplatz und Aufwuchsgebiet für Jungfische, sowie als Versteck. Zudem helfen Uferpflanzen die Ufer zu festigen und vor Erosion zu schützen. Makrophyten bringen Sauerstoff in die Gewässer und helfen das Wasser sauber zu halten, indem sie ihm Nährstoffe und Schwebstoffe entziehen. Makrophyten dienen auch als Bioindikatoren für Gewässer und sie reduzieren die Strömung in Fließgewässern. Es gibt Arten die nur in oligotrophen Gewässern existieren können und wieder andere, die in eutrophen Gewässern

vorkommen. Steigt die Nährstoffbelastung eines Gewässers, verschwinden die Nährstoff empfindlichen Arten und Nährstoff liebende Arten siedeln sich an. Steigt die Belastung durch Phosphor und Stickstoff allerdings weiter, wachsen die Konkurrenten der Makrophyten, die Algen, an. Durch das Algenwachstum kommt es zu einer Trübung des Wasserkörpers, was die notwendige Lichtzufuhr für das Makrophytenwachstum vermindert. Die Pflanzen sterben aufgrund von fehlender Lichtenergie ab. Die Abbauprozesse, welche durch Bakterien und Pilze hervorgerufen werden verbrauchen Sauerstoff und ihre Funktion als Sauerstoffproduzenten geht dabei verloren (Krausch, 1996).

1.3.3 Wuchs- und Lebensformen der Makrophyten

Makrophyten können nach ihren Wuchsformen, aber auch nach ihren Lebensformen klassifiziert werden. Zwischen den beiden Systemen bestehen jedoch fließende Übergänge.

Die Wuchsformen werden nach MIDCC (www.midcc.at, abgerufen August 2011) eingeteilt:

- Acropleustophyten sind auf der Wasseroberfläche schwimmende Wasserpflanzen.
- Submerse Pleustophyten schwimmen weder auf der Wasseroberfläche, noch sind sie im Sediment verankert.
- Submerse Rhizophyten sind im Sediment mit Wurzeln, Rhizoiden oder anderen Organen verankerte Wasserpflanzen.
- Rhizophyten sind mit Schwimmblättern im Sediment verankerte, submerse und/oder Schwimmblatt ausbildende Wasserpflanzen.
- Amphiphyten leben gleichermaßen am Uferbereich wie Helophyten, als auch im Wasser wie submerse Rhizophyten.
- Helophyten: sind alle Uferpflanzen, die mit dem Wasserkörper verbunden sind.

Die Lebensformen der Makrophyten sind Hydrophyten, Amphiphyten und Helophyten (Wiegand, 1991):

- Hydrophyten sind die eigentlichen Wasserpflanzen, als Hydrophyten werden Pflanzen bezeichnet, die immer eine Verbindung zum Wasser haben.
- Amphiphyten leben gleichermaßen an Land wie im Wasser.
- Helophyten sind Pflanzen, die nur mit den Wurzeln, oder der Sprossbasis im Wasser stehen. Sie können nur für eine gewisse Zeit Photosynthese unter Wasser betreiben.

2. Methoden

2.1. Kartierungsmethode nach KOHLER

Die Bestandsaufnahme der Makrophyten wurde nach der Kartierungsmethode nach KOHLER durchgeführt (Kohler und Janauer, 1995). Diese dreidimensionale Schätzmethode ist zur Kartierung aquatischer Vegetation besonders geeignet, da bei dieser Kartierungsmethode die Makrophytenbestände nicht nur, wie bei der Methode nach Braun-Blanquet, nach ihrer Deckung geschätzt werden, sondern es wird die räumliche, artspezifische Entwicklung berücksichtigt. Darüber hinaus werden nicht nur „homogene“, also besonders gut ausgebildete Pflanzenbestände in die Bewertung einbezogen, sondern die gesamte Vegetation eines Untersuchungsabschnittes. Der Makrophytenbestand wird nach einer fünfstufigen Skala (Mengenindex) bewertet:

1 = sehr selten

2 = selten

3 = verbreitet

4 = häufig

5 = massenhaft

Diese Skala ist nicht linear, sondern entspricht der Funktion $f(x)=x^3$ (Janauer und Heindl, 1998). Somit entsprechen die fünf Schätzstufen den Pflanzenmengen (PM) 1; 8; 27; 64; 125 (Abbildung 1). Eine weniger stufige Skala reicht zur Schätzung der Pflanzenmengen nicht aus. Bei einer mehrstufigen Skala treten zu große Abweichungen auf, wenn mehrere Personen an der Kartierung beteiligt sind (Kohler, 1978; Kohler und Janauer, 1995).

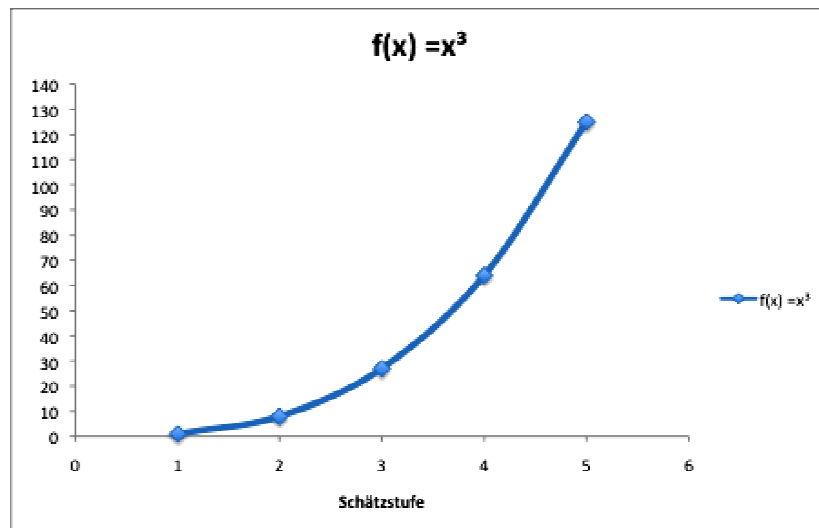


Abbildung 6. Exponentielle Darstellung des Mengenindex nach KOHLER

2.2. Untersuchungszeitraum

In den Jahren 1988 bis 2007 wurden während den Monaten Juni bis Oktober die Makrophytenbestände in der Neuen Donau erhoben. Ausgenommen ist das Jahr 1989, in welchem nicht kartiert wurde. Die Obere und die Untere Stauhaltung wurden getrennt voneinander untersucht.

Die jährliche Untersuchungsperiode wurde in die Saison A, B, C, D und E gegliedert (siehe Tabelle 2). Es wurde nicht in jedem Jahr in allen Saisonen kartiert, sondern manchmal nur in Saison B, C und E, wie beispielsweise im Jahr 1995 (siehe Tabelle 2). In der Oberen Stauhaltung wurde erst ab 1995 kartiert, da in den Jahren zuvor nur sehr geringe Makrophytenbestände zu finden waren (Janauer und Wychera, 1999).

Tabelle 2. Kartierungstermine der Oberen und Unteren Stauhaltung, eingeteilt in Saison A, B, C, D, E

Obere Stauhaltung	Saison A	Saison B	Saison C	Saison D	Saison E
1995		5.7.	18.8.		12.10.
1996		3.7.	7.8.		10.10.
1997	4.6.	31.7.		3.9.	29.9.
1998	19.6.	30.7.		3.9.	2.10.
1999	24.6.	30.7.		7.9.	8.10.
2000	19.6.	31.7.		12.9.	12.10.
2001	20.6.	31.7.		13.9.	11.10.
2002	11.6.	25.7.		19.9.	23.10.
2003	11.6.	25.7.		16.9.	23.10.
2004	4.6.	29.7.		22.9.	14.10.
2005	21.6.			16.9.	20.10.
2006	14.6.			15.9.	
2007	6.6.		20.8.		
Untere Stauhaltung	Saison A	Saison B	Saison C	Saison D	Saison E
1988	13.6.	4.7.	3.8.	8.9.	20.10.
1990	29.6.		7.8.		17.10.
1991	1.7.	24.7.	20.8.	30.9.	
1992	1.7.	24.7.		30.9.	
1993	14.6.	27.7.		15.9.	11.10.
1994	30.6.	28.7.	25.8.		11.10.
1995		4.7.	16.8.		13.10.
1996		4.7.	8.8.		11.10.
1997	2.6.	30.7.		2.9.	2.10.
1998	18.6.	28.7.		1.9.	1.10.
1999	23.6.	29.7.		1.9.	1.10.
2000	15.6.	28.7.		5.9.	6.10.
2001	12.6.	30.7.		12.9.	10.10.
2002	6.6.	23.7.		17.9.	22.10.
2003	5.6.	24.7.		9.9.	21.10.
2004	9.6.	27.7.		14.9.	12.10.
2005	22.6.			13.9.	17.10.
2006	13.6.			6.9.	25.10.
2007	5.6.		3.8.		3.10.

2.3. Untersuchungsstellen

Kartiert wurde in der Neuen Donau, von Stromkilometer 20 (Strom-km, Obere Stauhaltung, Einlaufbauwerk) bis zu Strom-km 3 (Untere Stauhaltung, vor Wehr 2; siehe Abbildung 7 und 8).

In der Oberen Stauhaltung wurde bei den Strom-km 20; 19.5; 19; 18.5; 18; 17; 16; 15; 14; 13; 11.5 und 10 auf schmalen Streifentransekten durch Taucher kartiert. In den Jahren 1995 und 1997 wurde bei Strom-km 13.5 statt 13 kartiert. In der Unteren Stauhaltung wurde bei Strom-km 9.5; 8.9; 8.5; 7.9; 7.1; 5.9; 5; 4.2; 3.9 und 3 kartiert. In den Jahren 1993, 1995, 1997, 1998, 1999 und 2000 wurde statt bei den

Strom-km 5.9; 5 und 4.2 bei Strom-km 6.2; 5.2 und 4.5 kartiert. Für die Auswertungen wurden diese Transekte wegen der räumlich weitgehenden Übereinstimmung zusammengefasst.



Abbildung 7. Obere Stauhaltung, Einlaufbauwerk bis Wehr 1; Stromkilometer sind durch Zahlen gekennzeichnet.



Abbildung 8. Untere Stauhaltung, Wehr 1 bis Wehr 2. Stromkilometer sind durch Zahlen gekennzeichnet.

2.4. Tauchkartierung

Bei jedem der genannten Abschnitte wurde mit einem Boot entlang des schmalen Streifentranssekts von Ufer zu Ufer gefahren. Durch die Tiefe und Trübe des Wassers, konnten die Pflanzen hauptsächlich durch Tauchen (SCUBA diving) gesichtet und bestimmt werden. Dadurch konnten seltene Pflanzen auch in tieferen Zonen mit größter Sicherheit erfasst werden (Kohler, 1978). Die Pflanzenmenge der einzelnen Arten wurde nach der zuvor beschriebenen KOHLER Methode bewertet. Die Pflanzenmenge wird in dieser Arbeit in Entsprechung zur englischen Literatur als Abundanz bezeichnet. Die Kartierung von Quertransekten wurde für die Neue Donau als besser geeignet beschrieben (Wyckera und Janauer, 1998).

2.5. Auswertung

2.5.1. Statistische Methoden: MRPP (Multi-Response Permutation Procedure), ISA (Indicator Species Analysis), NMDS (Non-Metric Multidimensional Scaling)

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm „PC-ORD“ durchgeführt. Für die Auswertung von MRPP und ISA wurden die Daten wie folgt aufbereitet:

Die KOHLER-Werte aller Arten pro Jahr und Saison wurden zur dritten Potenz gerechnet und der Mittelwert berechnet (vergleiche Janauer und Heindl, 1998). Für die MRPP wurden aus der Daten-Matrix nur jene Jahre, bzw. Saisonen genommen, in welchen tatsächlich kartiert wurde, oder in welchen Pflanzen nachgewiesen wurden. In der Oberen Stauhaltung wurden das Jahr 2006 und 2007 auch nicht mit einbezogen, da in 2006 nur in der Saison D und in 2007 nur in den Saisonen A und C Makrophyten nachgewiesen wurden: für die MRPP-Analyse müssen jedoch Daten von mindestens drei Saisonen vorhanden sein (siehe Tabelle 3 und 4).

Bei der ISA wurde das Jahr 2006 nicht einbezogen, da Daten von mindestens zwei Saisonen vorhanden sein müssen. Außerdem wertete das Programm die Art *Myriophyllum spicatum* in der Unteren Stauhaltung nicht mit aus, da diese Art in jedem Jahr in allen Saisonen aufgetreten ist und daher für die Auswertung nicht von Bedeutung ist.

Tabelle 3. Obere Stauhaltung, Jahre und Saisonen in denen kartiert wurde

1995		B	C		E
1996		B	C		E
1997	A	B		D	E
1998	A	B		D	E
1999		B		D	E
2000	A	B		D	E
2001		B		D	E
2002		B		D	E
2003	A	B		D	E
2004	A	B		D	E
2005	A			D	E
2006				D	
2007	A		C		

Tabelle 4. Untere Stauhaltung, Jahre und Saisonen in denen kartiert wurde

1988	A	B	C	D	E
1990	A		C		E
1991		B	C	D	E
1992	A	B		D	
1993	A	B		D	E
1994	A	B	C		E
1995		B	C		E
1996		B	C		E
1997	A	B		D	E
1998	A	B		D	E
1999	A	B		D	E
2000	A	B		D	E
2001	A	B		D	E
2002	A	B		D	E
2003	A	B		D	E
2004	A	B		D	E
2005	A			D	E
2006	A			D	E
2007	A		C		E

Für NMDS wurden die KOHLER-Werte der Arten jeder Saison zur dritten Potenz gerechnet und alle Werte pro Art und Jahr summiert. Von den jährlichen Hochwässern wurden die Durchflussmengen (m³/s) summiert. Diese Werte wurden mit NMDS ausgewertet. Nicht mit einbezogen wurden die Jahre 2003 und 2004, da von diesen Jahren die Hochwasserdaten fehlen.

2.5.2. Ähnlichkeitsvergleich der Jahre – MRPP (Multi-Response Permutation Procedure)

Um die Arten und ihre Pflanzenmengen in den Jahren jeweils paarweise zu vergleichen, wurde eine Multi-Response Permutation Procedure durchgeführt. Mit

dieser Analyse lässt sich testen, welche Jahre signifikant unähnlich gegenüber anderen Jahren sind. Die MRPP testet, ob die mittleren Unterschiede innerhalb eines Jahres kleiner sind als die bei zufälliger Verteilung zu erwartenden mittleren Unterschiede.

Werden zwei Jahre verglichen und der p-Wert ist kleiner 0.05, sind die Jahre signifikant unähnlich.

2.5.3. Makrophyten Abundanzen über alle Jahre – ISA (Indicator Species Analysis)

Mit der ISA nach Dufrêne und Legendre (1997) können Indikatorarten für zuvor definierte Gruppen (hier die Jahre von 1988 bis 2007) identifiziert werden. Dabei muss die Abundanz der Art innerhalb der Gruppe größer sein als außerhalb und die Art sollte möglichst nur in dieser Gruppe (in diesem Jahr) vorkommen.

Berechnet werden die „relative Abundanz“ und die „relative Frequenz“ der Arten in den Jahren. Die „relative Abundanz“ ist der Mittelwert der Pflanzenmengen der Art in dem Jahr, im Verhältnis zur Summe der Mittelwerte der Pflanzenmengen der Art im ganzen Datensatz (hat eine Art einen Wert von 25, so sind 25% der gesamten Pflanzenmenge dieser Art in diesem Jahr nachgewiesen worden). Die „relative Frequenz“ (die Stetigkeit) der Art innerhalb eines Jahres ist die Summe aller Vorkommen innerhalb des Jahres durch die Zahl der Saisons dieses Jahres (100% werden erreicht, wenn die Art innerhalb eines Jahres in allen Saisons vorkommt). Das Produkt aus „relativer Abundanz“ und „relativer Frequenz“ geteilt durch 100 ergibt den „Indication Value IV“ (Indikatorwert) in Prozent. Wenn eine Art innerhalb eines Jahres eine deutlich höhere Abundanz hat als in den anderen Jahren, ist der Indikatorwert hoch. Ein Indikatorwert von maximal 100 (=perfekte Indikation) wird erreicht, wenn die Art ausschließlich innerhalb eines Jahres, in allen Saisons vorgekommen ist. Der anschließende Monte-Carlo-Permutationstest dient zur Beurteilung der Aussagekraft der Indikatorwerte und berechnet, ob dieser Wert zufällig ist oder nicht, und somit signifikant ist. Ist der p-Wert kleiner 0.05, bedeutet es, dass der Indikatorwert dieser Art in diesem Jahr signifikant ist (Leyer und Wesche, 2007).

2.5.4. Berechnung der Relativen Pflanzenmenge (RPM) und der Mittleren Mengenindizes (MMI)

Um die relative Pflanzenmenge (RPM) einer Art von der gesamt vorhandenen Pflanzenmenge aller Arten in einem Abschnitt zu berechnen, wird folgende Formel angewandt (Janauer et al., 1993):

$$RPM [\%] = \frac{\sum_{i=1}^n (M_i^3 \cdot L_i) \cdot 100}{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^n (M_{ji}^3 \cdot L_i) \right)}$$

- RPM = Relative Pflanzenmenge einer Art
M_i = für einen Abschnitt i geschätzte Menge einer Art
L_i = Länge des Abschnittes i
J = laufender Index der verschiedenen Pflanzenarten

Der Mittlere Mengenindex gibt einen quantitativen Überblick über die mittlere Pflanzenmenge einer Art im Untersuchungsgebiet. Er gibt Auskunft über die Bedeutung der Art im Vergleich zu anderen Arten und einen Hinweis auf die Seltenheit einer Art, sowie die Gleichmäßigkeit oder Ungleichmäßigkeit der Verteilung einer Art im Gewässer. Dabei gibt es vier Typen der Verteilung: die Art ist im gesamten Untersuchungsgebiet in großer Abundanz vertreten, die Art ist in nur wenigen Abschnitten in sehr geringer Abundanz vertreten, die Art ist im gesamten Untersuchungsgebiet in geringer Abundanz vertreten oder die Art ist in nur wenigen Abschnitten aber in großer Abundanz vertreten.

Berechnet wird der Mittlere Mengenindex MMT (Mittlere Mengenindex einer Art auf alle Abschnitte bezogen, Mean Mass Total) und der MMO (der Mittlere Mengenindex einer Art nur in den Abschnitten ihres Auftretens, Mean Mass Occurrence).

MMT und MMO werden für jede Art nach folgenden Formeln berechnet:

$$MMT = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^3 \cdot L_i}{L}} \quad MMO = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=x}^n M_i^3 \cdot L_i}{\sum_{i=x}^n L_i}}$$

MMT = Mittlerer Mengenindex einer Art über alle Abschnitte

MMO = Mittlerer Mengenindex einer Art über die Abschnitte ihres Auftretens

Mi = Menge einer Art im Abschnitt i

Li = Abschnittslänge des Abschnitts i, in dem die Art auftritt

L = Gesamtlänge der Abschnitte

Durch Gegenüberstellung dieser beiden Werte, kann der Verbreitungsquotient „d“ errechnet werden (Pall und Janauer, 1995).

$$d = \frac{MMT^3}{MMO^3}$$

d = Verbreitungsquotient einer Art

MMT = Mittlerer Mengenindex einer Art über alle Abschnitte

MMO = Mittlerer Mengenindex einer Art über die Abschnitte ihres Auftretens

Die Auswertungsdiagramme wurden online auf www.midcc.at/kow2010 (© 2001-2003, FDG Austria, DI Norbert Exler) erstellt. Dazu wurden die Daten in ein MS-Excel-Datenblatt eingetragen. Dadurch erhält man ein Verbreitungsdiagramm, ein Diagramm über die relativen Pflanzenmengen, ein Diagramm der Mittleren Mengenindizes und ein Diagramm über den Verbreitungsquotient. Das Verbreitungsdiagramm ist ein Diagramm aus schwarzen Säulen, welche das Vorkommen einer Art in dem jeweiligen Abschnitt darstellen. Aus dem Diagramm der Relativen Pflanzenmenge lassen sich die Dominanzverhältnisse der einzelnen Arten erkennen. Die Mittleren Mengenindizes MMT und MMO sind in einem Diagramm dargestellt, wobei der weiße Balken die mittlere Menge einer Art in den Abschnitten ihres Auftretens anzeigt und der schwarze Balken die mittlere Menge der Art im

gesamten Untersuchungsgebiet. Das Verbreitungsquotientendiagramm stellt das Verhältnis der beiden Messgrößen dar. Erreicht der Balken annähernd 1, ist die Art in fast jedem Abschnitt zu finden. Bleibt der Balken unter 0.5, ist die Art nur in wenigen Abschnitten vorgekommen (Janauer und Schmidt, 2004).

Wegen des großen Datensatzes und der mit jedem Jahr und jeder Saison verbundenen Zahl von jeweils drei oder vier Diagrammen wurden für jede der beiden Stauhaltungen nur zwei Saisons in zwei unterschiedlichen, aber repräsentativen Jahren mit geringen Hochwässern, ausgewertet. Pro Stauhaltung wurde jeweils ein Jahr nach einem hochwasserreichen Jahr ausgewertet (in der Oberen Stauhaltung die Saison D im Jahr 1998 und in der Unteren Stauhaltung die Saison C im Jahr 2007) und ein Jahr in dem die Neue Donau in den vorangegangenen Jahren nur von kleinen Hochwässern betroffen war (in der Oberen Stauhaltung die Saison C im Jahr 1996 und in der Unteren Stauhaltung die Saison C im Jahr 1994). Es wurden die Saisons C und D gewählt, da in diesen Monaten (August und September) die größten Pflanzenmengen vorhanden waren.

2.5.5. Hochwasserdaten

Um das unterschiedliche Auftreten der Pflanzenbestände und ihrer Menge erklären zu können, wurden die Daten mit den aufgetretenen Hochwässern in der Neuen Donau verglichen. Die Hochwasserdaten wurden von der Magistratsabteilung 45 der Stadt Wien - Wiener Gewässer, Wilhelminenstraße 93 A - 1160 Wien bezogen. Es wurden alle Hochwässer von 1988 bis 2007 aufgezeichnet, wobei das Anfangsdatum, das Enddatum, die gesamte Wassermenge in m³ und die größte Durchflussmenge in m³/s dokumentiert wurden. Hochwässer ab einer Gesamtwassermenge von 85 Millionen m³ bzw. ab einem Durchfluss von 900 m³/s werden als große Hochwässer bezeichnet. Eine Übersicht dieser Daten ist in den Abbildungen 9 und 10 gegeben. Die Aufzeichnungen über die Gesamtwassermenge 2006 und 2007 fehlen.

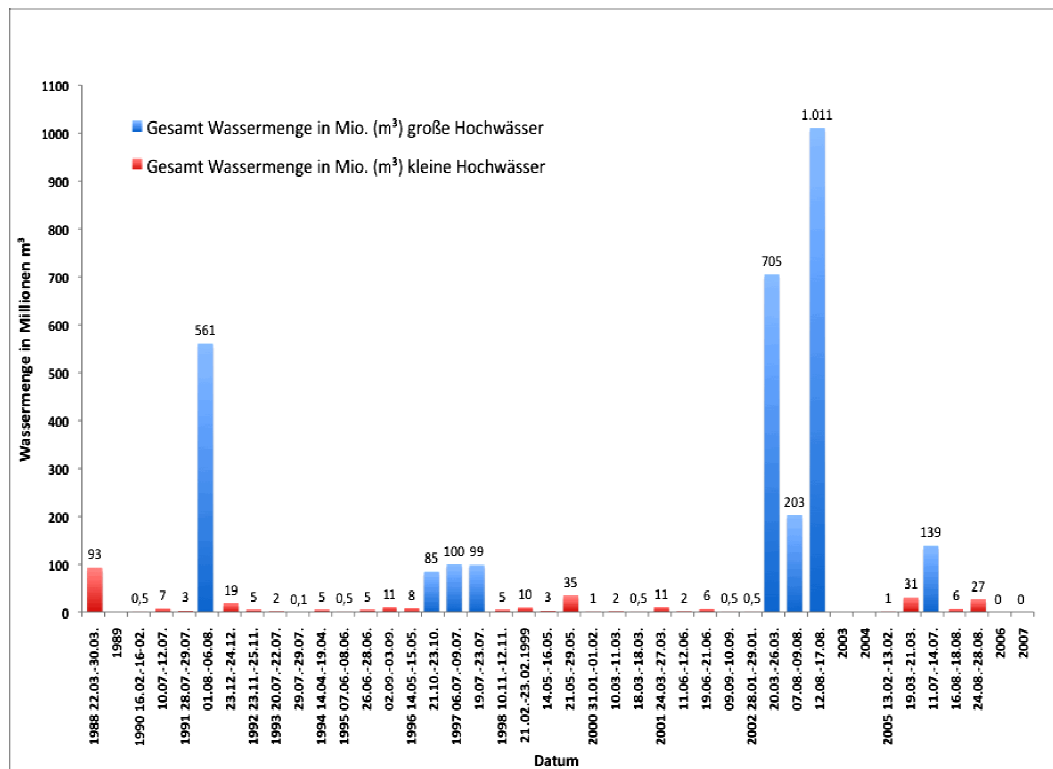


Abbildung 9. Gesamtwassermenge der Neuen Donau während Hochwasser

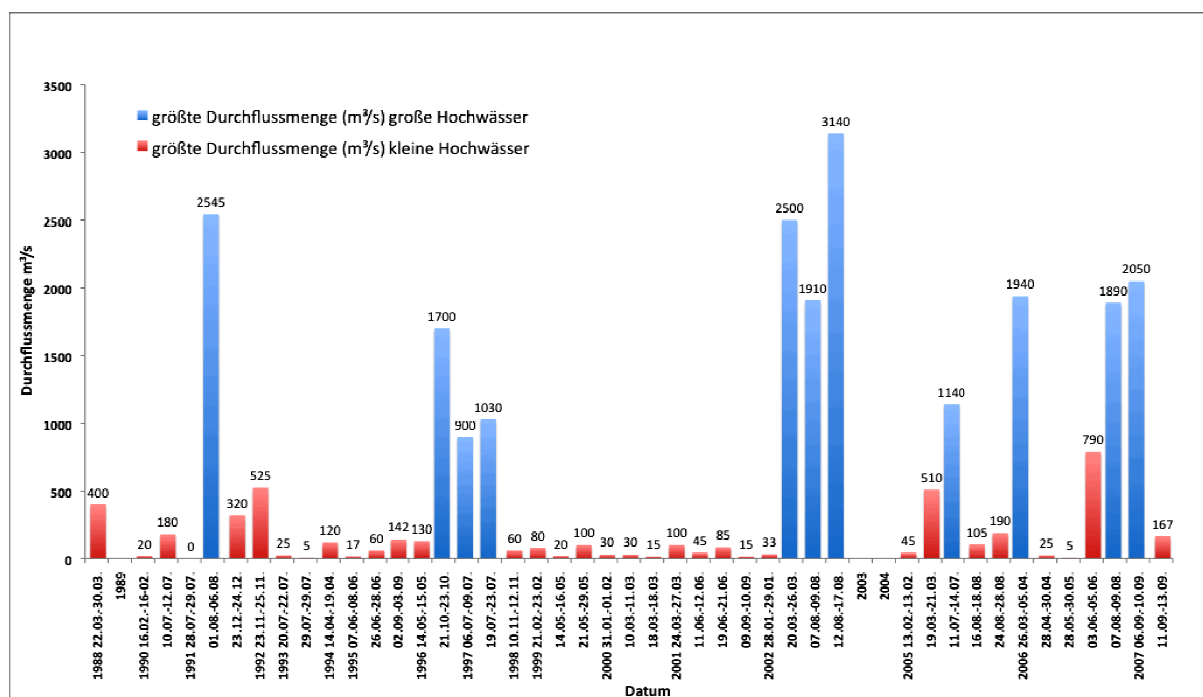


Abbildung 10. Größte Durchflussmenge eines Hochwassers

2.5.6. Vergleich der Arten und Pflanzenmengen mit Hochwässern – NMDS (Non-Metric Multidimensional Scaling)

Die Zusammenhänge zwischen Hochwasserereignissen und den Pflanzenmengen wurden mittels NMDS analysiert und graphisch dargestellt. Diese Methode wurde gewählt, da sie die Ergebnisse möglichst unverzerrt wider gibt. In diesem Verfahren wird auf Monotonie in den Beziehungen geachtet und nicht auf die absolute Größe der Distanzen. Die Güte der Ordination wird hier „Stress“ genannt und gibt an, wie realistisch die Lagebeziehungen im Ordinationsraum (hinsichtlich ihrer Monotonie) sind. Die Anzahl der Dimensionen der Ordination wird durch den Stresswert festgelegt. Es werden mehrere Dimensionen getestet und anschließend die Anzahl an Dimensionen gewählt, bei der der Stress am stärksten abnimmt. Bei einer möglichst geringen Anzahl von Dimensionen sollte ein kleiner Stresswert zustande kommen. Bei einem Stresswert von 5 bis 10 ist das Ergebnis gut und höchst wahrscheinlich zuverlässig (Leyer und Wesche, 2007).

Für die Obere Stauhaltung wurde eine Ordination mit zwei Achsen berechnet. Die Korrelation der Jahre mit dem Durchfluss war für die erste Achse eher niedrig ($r = -0,124$; Varianz: 4,3%) und für die zweite Achse hoch ($r = 0,696$; Varianz: 73,5%). Der Stresswert war 5,9588.

Für die Untere Stauhaltung wurde ebenfalls eine Ordination mit zwei Achsen berechnet. Die Korrelation der Jahre mit dem Durchfluss war für die erste Achse hoch ($r = -0,572$; Varianz 84,6%) und für die zweite Achse eher niedrig ($r = 0,283$; Varianz 8,4%). Der Stresswert betrug 8,90929.

Die Arten wurden in die Graphiken als Overlays eingefügt und stehen im Zusammenhang mit den Jahren, nicht aber unmittelbar mit dem Durchfluss.

2.5.7. Kumulativer KOHLER Index (CKI)

Um die Vegetationsdichte aller Pflanzenartenarten pro Jahr, Saison und Untersuchungsabschnitt auszuwerten, und um die Auswirkung der Hochwässer auf die Makrophytenbestände zu veranschaulichen, wurde der Kumulative KOHLER Index (Pall und Janauer, 1997) berechnet. Die Obere und die Untere Stauhaltung wurden getrennt ausgewertet.

Es wurden alle Saisonen (A, B, C, D, E) von 1988 bis 2007 einzeln berechnet. Nach den Vorgaben von Pall (Pall und Janauer, 1997) wurden die Mengenindizes der einzelnen Arten pro Untersuchungsabschnitt zur dritten Potenz gerechnet, diese

Werte summiert und anschließend die dritte Wurzel daraus gezogen. 1 bedeutet nur Einzelpflanzen, 2, einzelne Pflanzenbestände, 3, mäßig dichte Pflanzenbestände, 4, dichte Pflanzenbestände, 5, sehr dichte Pflanzenbestände, flächendeckender bzw. Raum erfüllender Bewuchs.

2.5.8. Korrelationen – Vergleich der aquatischen Vegetation von Herbst und Frühjahr des Folgejahres

Um Zusammenhänge zwischen der Biomasseentwicklung der Herbstsaison E und der Frühlingssaison A zu erkennen, wurden die Summen der Pflanzenmengen der am häufigsten vorkommenden Arten verglichen. Die Einteilung der Pflanzen in „hohe Frequenz HF“, „mittlere Frequenz MF“ und „niedere Frequenz NF“ erfolgt nach der Anzahl der Jahre, in denen die einzelnen Arten aufgetreten sind. In der Oberen Stauhaltung gilt der Zeitraum von 1995 bis 2007. NF Arten treten in 0 – 4 Jahren auf, MF Arten in 5 – 9 Jahren und HF Arten in 10 – 13 Jahren. In der Unteren Stauhaltung, welche von 1988 bis 2007 untersucht wurde, sind NF Arten in 0 – 5 Jahren aufgetreten, MF Arten in 6 – 12 und HF Arten in 13 – 19 Jahren. Insgesamt sind es nur 19 Jahre, da die Daten von 1989 fehlen.

Für den Test auf Korrelation wurden die Pflanzenmengen jeder HF Art in der Saison A und der Saison E pro Jahr summiert. Da nicht in jedem Jahr in allen fünf Saisonen kartiert wurde, konnten nur jene Jahre für die Auswertung herangezogen werden, in denen in der Saison E (Oktober) das letzte Mal und im darauf folgenden Frühling in der Saison A (Juni) das erste Mal kartiert wurde (Tabelle 5 und 6).

In der Oberen Stauhaltung war in den Jahren 1999, 2001, 2002 und 2006 aufgrund von vorangegangenen oder bestehenden Hochwässern das Kartieren in der Saison A nicht möglich. Diese Jahre wurden ebenfalls nicht berücksichtigt. Im Jahr 1999 war die Kartierungsarbeit in der Saison E durch Hochwässer eingeschränkt, aber teilweise möglich. Daher wurde dieses Jahr berücksichtigt.

Die HF Arten der Oberen Stauhaltung waren:

Ceratophyllum demersum,
Elodea nuttallii,
Myriophyllum spicatum,
Najas marina,
Polygonum amphibium,
Potamogeton crispus,
Potamogeton pectinatus,
Potamogeton perfoliatus.

Tabelle 5. Jahre, in denen Saison E mit Saison A verglichen wurde, Obere Stauhaltung

Saison E	Saison A
1996	1997
1997	1998
1999	2000
2002	2003
2003	2004
2004	2005

Die HF Arten der Unteren Stauhaltung waren:

Ceratophyllum demersum,
Elodea nuttallii,
Myriophyllum spicatum,
Najas marina,
Nitella obtusa,
Polygonum amphibium,
Potamogeton crispus,
Potamogeton mucronatus,
Potamogeton pectinatus, *Potamogeton perfoliatus*.

Tabelle 6. Jahre, in denen Saison E mit Saison A verglichen wurde, Untere Stauhaltung

Saison E	Saison A
1990	1991
1993	1994
1996	1997
1997	1998
1998	1999
1999	2000
2000	2001
2001	2002
2002	2003
2003	2004
2004	2005
2005	2006
2006	2007

3. Ergebnisse

3.1. Vergleich des Pflanzenbestands in den Jahren 1995 - 2005 (Obere Stauhaltung) bzw. 1988 - 2007 (Untere Stauhaltung) mittels Multi-Response Permutation Procedure (MRPP)

Die gesamte Pflanzenmenge aller Arten pro Jahr wurde mit den Arten und den Pflanzenmengen (A-PM) in allen anderen Jahren verglichen (Tabellen 7 und 8).

In der Oberen Stauhaltung war das Jahr 1996 allen anderen Jahren signifikant unähnlich. Die Jahre 1995 und 1998 waren einander ähnlich, aber allen anderen Jahren signifikant unähnlich. Die Jahre 1997 und 2004 waren nur dem Jahr 2005 signifikant ähnlich. Das Jahr 2001 war den Jahren 1999 und 2002 signifikant ähnlich. Das Jahr 2000 ähnelte dem Jahr 2003 und 2005 signifikant. Die Jahre 1999, 2002, 2003 und 2005 ähnelten einander signifikant. Das Jahr 2005 war somit mit allen Jahren außer den Jahren 1995, 1996, 1998 und 2001 signifikant ähnlich.

In der Unteren Stauhaltung unterschied sich das Jahr 1994 signifikant von allen anderen Jahren außer dem Jahr 2007, welches allen Jahren signifikant ähnlich war, außer den Jahren 2000 und 2001. Die Jahre 1988, 1990, 1993, 1995 und 2007 waren einander signifikant ähnlich. Die Jahre 2000 und 2001 waren nur den Jahren 1999 und 2005 signifikant ähnlich. Das Jahr 1999 war außerdem den Jahren 1995, 1996, 1998 und 2005 signifikant ähnlich. Das Jahr 2005 war außerdem den Jahren 1991, 1995, 1996, 1998, 2002 und 2004 signifikant ähnlich. Dem Jahr 1995 ähnelten außerdem die Jahre 1991, 1992, 1996, 1997, 1998, 2002, 2004 und 2006 signifikant. Das Jahr 1996 ähnelte auch den Jahren 1988, 1991, 1993, 1998, 2002 und 2004 signifikant. Außerdem ähnelten einander die Jahre 1998 und 2004 signifikant. Die Jahre 1991 und 1992 ähnelten einander und den Jahren 1997 und 2002 signifikant. Das Jahr 1992 ähnelte noch dem Jahr 2003 signifikant. Das Jahr 1990 war noch den Jahren 1997, 2002 und 2006 signifikant ähnlich. Das Jahr 2006 ähnelte noch den Jahren 1993, 1997, 2002 und 2003 signifikant. Das Jahr 1997 war den Jahren 1993 und 2002 signifikant ähnlich und die Jahre 2002 und 2003 ähnelten einander auch noch signifikant.

Tabelle 7. Ergebnisse der MRPP Analyse für die Obere Stauhaltung. Die A-PM wurden jeweils in den Jahren 1995 - 2005 miteinander verglichen. Die A-PM der Jahre mit p-Werten > 0.05 sind denen der verglichenen Jahre signifikant ähnlich und farblich markiert. Die A-PM der Jahre mit p-Werten < 0.05 sind denen der verglichenen Jahre signifikant unähnlich und fett gedruckt.

Jahr	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1995		0,022	0,017	0,054	0,022	0,009	0,022	0,026	0,009	0,009	0,026
1996	0,022		0,010	0,011	0,022	0,009	0,022	0,025	0,009	0,009	0,024
1997	0,017	0,010		0,015	0,021	0,007	0,010	0,013	0,005	0,006	0,058
1998	0,054	0,011	0,015		0,013	0,006	0,011	0,013	0,007	0,006	0,033
1999	0,022	0,022	0,021	0,013		0,035	0,250	0,153	0,098	0,009	0,812
2000	0,009	0,009	0,007	0,006	0,035		0,014	0,030	0,094	0,006	0,451
2001	0,022	0,022	0,010	0,011	0,250	0,014		0,105	0,038	0,009	0,033
2002	0,026	0,025	0,013	0,013	0,153	0,030	0,105		0,056	0,015	0,173
2003	0,009	0,009	0,005	0,007	0,098	0,094	0,038	0,056		0,007	0,242
2004	0,009	0,009	0,006	0,006	0,009	0,006	0,009	0,015	0,007		0,239
2005	0,026	0,025	0,058	0,033	0,812	0,451	0,033	0,173	0,242	0,239	

Tabelle 8. Ergebnisse der MRPP Analyse für die Untere Stauhaltung. Die A-PM wurden jeweils in den Jahren 1988-2007 (außer 1989) miteinander verglichen. Die A-PM der Jahre mit p-Werten > 0.05 sind denen der verglichenen Jahre signifikant ähnlich und farblich markiert. Die A-PM der Jahre mit p-Werten < 0.05 sind denen der verglichenen Jahre signifikant unähnlich und fett gedruckt.

Jahr	1988	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1988		0,112	0,025	0,016	0,068	0,003	0,514	0,136	0,039	0,004	0,006	0,003	0,003	0,020	0,008	0,005	0,019	0,048	0,055
1990	0,112		0,039	0,024	0,538	0,014	0,139	0,033	0,131	0,010	0,026	0,010	0,010	0,058	0,011	0,017	0,025	0,111	0,098
1991	0,025	0,039		0,286	0,030	0,027	0,150	0,070	0,104	0,029	0,018	0,013	0,012	0,464	0,024	0,026	0,053	0,038	0,152
1992	0,016	0,024	0,286		0,014	0,009	0,086	0,030	0,160	0,010	0,010	0,009	0,009	0,124	0,062	0,015	0,025	0,041	0,086
1993	0,068	0,538	0,030	0,014		0,009	0,434	0,061	0,166	0,009	0,014	0,006	0,006	0,027	0,006	0,012	0,011	0,069	0,097
1994	0,003	0,014	0,027	0,009	0,009		0,013	0,012	0,014	0,008	0,008	0,006	0,006	0,006	0,006	0,010	0,012	0,011	0,066
1995	0,514	0,139	0,150	0,086	0,434	0,013	0,664	0,664	0,321	0,053	0,180	0,017	0,011	0,330	0,018	0,103	0,512	0,167	0,558
1996	0,136	0,033	0,070	0,030	0,061	0,012	0,321		0,041	0,261	0,176	0,016	0,012	0,128	0,021	0,450	0,245	0,040	0,697
1997	0,039	0,131	0,104	0,160	0,166	0,014	0,014	0,041		0,013	0,013	0,007	0,008	0,162	0,010	0,011	0,022	0,257	0,144
1998	0,004	0,010	0,029	0,010	0,009	0,008	0,053	0,261	0,013	0,094	0,094	0,025	0,020	0,008	0,006	0,101	0,144	0,010	0,249
1999	0,006	0,026	0,018	0,010	0,014	0,008	0,180	0,176		0,195	0,195	0,032	0,342	0,017	0,006	0,028	0,712	0,017	0,215
2000	0,003	0,010	0,013	0,009	0,006	0,006	0,017	0,016	0,007	0,025	0,342	0,006	0,032	0,004	0,006	0,134	0,134	0,010	0,017
2001	0,003	0,010	0,012	0,009	0,006	0,006	0,011	0,012	0,008	0,020	0,342	0,006	0,006	0,004	0,006	0,006	0,250	0,010	0,014
2002	0,020	0,058	0,464	0,124	0,027	0,006	0,330	0,128	0,162	0,008	0,017	0,004	0,004	0,139	0,139	0,019	0,082	0,392	0,310
2003	0,008	0,011	0,024	0,062	0,006	0,006	0,018	0,021	0,010	0,006	0,006	0,006	0,006	0,139		0,022	0,014	0,098	0,078
2004	0,005	0,017	0,026	0,015	0,012	0,010	0,103	0,450	0,011	0,101	0,028	0,006	0,006	0,019	0,022	0,351	0,027	0,021	0,865
2005	0,019	0,025	0,053	0,025	0,011	0,012	0,512	0,245	0,022	0,144	0,712	0,134	0,250	0,082	0,014	0,351	0,027	0,027	0,504
2006	0,048	0,111	0,038	0,041	0,069	0,011	0,167	0,040	0,257	0,010	0,017	0,010	0,010	0,392	0,098	0,865	0,027	0,027	0,186
2007	0,055	0,098	0,152	0,086	0,097	0,066	0,558	0,697	0,144	0,249	0,215	0,017	0,014	0,310	0,078	0,865	0,504	0,186	

3.2. Analyse der auftretenden Arten

3.2.1. Artenliste

In den Jahren 1988 - 2007 wurden durch Kartierung der Neuen Donau insgesamt 23 Makrophytenarten nachgewiesen. Während in der Oberen Stauhaltung 17 dieser Arten auftraten, wurden in der Unteren Stauhaltung 22 Arten nachgewiesen (siehe Tabelle 9). *Schoenoplectus lacustris* wurde nur in der Oberen Stauhaltung gesichtet. *Alisma plantago aquatica*, *Berula erecta*, *Najas minor*, *Potamogeton natans*, *Ranunculus aquatilis* und *Typha latifolia* wurden ausschließlich in der Unteren Stauhaltung gesichtet. Mehr als die Hälfte der Arten sind submerse Arten (Hydrophyten). Die anderen Arten sind Amphiphyten (emers wie auch submers) und Helophyten (emers).

Tabelle 9. Makrophytenarten der Oberen und Unteren Stauhaltung und deren Wuchsformen

A = Amphiphyt, He = Helophyt, Hy = Hydrophyt

Obere Stauhaltung:	Untere Stauhaltung:	Lebensformen:
	<i>Alisma plantago aquatica</i>	A
	<i>Berula erecta</i>	A
<i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>	Hy
<i>Chara sp</i>	<i>Chara sp</i>	Hy
<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	Hy
<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	Hy
<i>Najas marina</i>	<i>Najas marina</i>	Hy
	<i>Najas minor</i>	Hy
<i>Nitella mucronata</i>	<i>Nitella mucronata</i>	Hy
<i>Nitellopsis obtusa</i>	<i>Nitellopsis obtusa</i>	Hy
<i>Polygonum amphibium</i>	<i>Polygonum amphibium</i>	A
<i>Potamogeton crispus</i>	<i>Potamogeton crispus</i>	Hy
<i>Potamogeton lucens</i>	<i>Potamogeton lucens</i>	Hy
<i>Potamogeton mucronatus</i>	<i>Potamogeton mucronatus</i>	Hy
	<i>Potamogeton natans</i>	He
<i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Potamogeton pectinatus</i>	Hy
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	Hy
<i>Potamogeton pusillus</i>	<i>Potamogeton pusillus</i>	Hy
	<i>Ranunculus aquatilis</i>	
<i>Ranunculus circinatus</i>	<i>Ranunculus circinatus</i>	Hy
<i>Schoenoplectus lacustris</i>		A
	<i>Typha latifolia</i>	He
<i>Zannichellia palustris</i>	<i>Zannichellia palustris</i>	Hy

3.2.2. Abundanz

Wie in Kapitel 3.2.1. bereits beschrieben, wurden in der Neuen Donau 23 Makrophytenarten nachgewiesen, die in unterschiedlicher Häufigkeit auftraten. Das Auftreten der Pflanzen wurde wie in „Methoden“ beschrieben in „hohe Frequenz“, „mittlere Frequenz“ und „niedere Frequenz“ eingeteilt.

Sowohl in der Unteren, als auch in der Oberen Stauhaltung wurden die Arten *Ceratophyllum demersum* und *Myriophyllum spicatum* in allen Jahren gesichtet und zählen somit zu den HF Makrophytenarten der Neuen Donau. *Elodea nuttallii*, *Najas marina*, *Polygonum amphibium*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton pectinatus* und *Potamogeton perfoliatus* zählen zu den HF Arten beider Stauhaltungen. In der Unteren Stauhaltung traten außerdem *Nitellopsis obtusa* und *Potamogeton mucronatus* mit hoher Frequenz auf.

Zu den MF Arten zählen in beiden Stauhaltungen *Potamogeton lucens* und *Potamogeton pusillus*. In der Oberen Stauhaltung waren auch *Nitellopsis obtusa*, *Potamogeton mucronatus* und *Ranunculus circinatus* MF Arten, in der Unteren Stauhaltung auch *Chara sp* und *Nitella mucronata*.

Chara sp und *Nitella mucronata* gehörten in der Oberen Stauhaltung zu den NF Arten, ebenso wie *Schoenoplectus lacustris* und *Zannichellia palustris*. Beide Arten wurden nur im Jahr 1995 gesichtet. In der Unteren Stauhaltung zählen *Alisma plantago aquatica*, *Berula erecta* (nur im Jahr 2005), *Najas minor*, *Potamogeton natans*, *Ranunculus aquatilis* (nur 2003), *Ranunculus circinatus*, *Typha latifolia* (nur im Jahr 1995) und *Zannichellia palustris* zu den NF Arten (siehe Tabelle 10 und 11 sowie Abbildung 11 und 12).

Die Abbildungen 11 und 12 zeigen die Anzahl der nachgewiesenen Arten in den einzelnen Jahren.

In der Oberen Stauhaltung waren die Jahre 1995, 1996, 1998 und 2005 mit jeweils 13 Arten und das Jahr 2004 mit 14 Arten die artenreichsten Jahre. Im Jahr 1997 wurden 11 Arten und in den Jahren 2003 und 2007 10 Arten nachgewiesen. Die Jahre mit der geringsten Artenzahl waren 1999 und 2002 (jeweils 5 Arten), 2001 (7 Arten) 2000 und 2006 (jeweils 8 Arten).

In der Unteren Stauhaltung waren die Jahre 2003 und 2004 mit 16 Arten die artenreichsten Jahre, gefolgt von 2005 mit 15 Arten. Dreizehn Arten wurden in den Jahren 1994 und 2007 nachgewiesen 12 Arten im Jahr 1996. Die Jahre 1988, 1998,

1999, 2002 und 2006 wiesen jeweils 11 Arten auf, die Jahre 1992, 1993, 1995 und 1997 jeweils 10 Arten. Die artenärmsten Jahre waren 1990, 2000 und 2001 mit 9 Arten und das Jahr 1991 mit 8 Arten.

Tabelle 10. Auftreten der Makrophytenarten in der Oberen Stauhaltung. Markierte Felder: die Art ist in dem jeweiligen Jahr bei mindestens einem Probenpunkt in mindestens einer Saison aufgetreten.

Arten/Jahre:	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Summe
Ali pla																					0
Ber ere																					0
Cer dem																					13
Cha sp																					2
Elo nut																					10
Myr spi																					13
Naj mar																					10
Naj min																					0
Nit muc																					3
Nit obt																					7
Pol amp																					10
Pot cri																					12
Pot luc																					7
Pot muc																					8
Pot nat																					0
Pot pec																					11
Pot per																					10
Pot pus																					6
Ran aqu																					0
Ran cir																					6
Sch lac																					1
Typ lat																					0
Zan pal																					1
Summe		0	0	0	0	0	0	0	13	13	11	13	5	8	7	5	10	14	13	8	10

Tabelle 11. Auftreten der Makrophytenarten in der Unteren Stauhaltung. Markierte Felder: die Art ist in dem jeweiligen Jahr bei mindestens einem Probenpunkt in mindestens einer Saison aufgetreten.

Arten/Jahre:	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Summe
Ali pla																					2
Ber ere																					1
Cer dem																					19
Cha sp																					6
Elo nut																					19
Myr spi																					19
Naj mar																					13
Naj min																					2
Nit muc																					8
Nit obt																					14
Pol amp																					13
Pot cri																					19
Pot luc																					10
Pot muc																					13
Pot nat																					2
Pot pec																					19
Pot per																					19
Pot pus																					9
Ran aqu																					1
Ran cir																					4
Sch lac																					0
Typ lat																					1
Zan pal																					2
Summe	11	0	9	8	10	10	13	10	12	10	11	11	9	9	11	16	16	15	11	13	

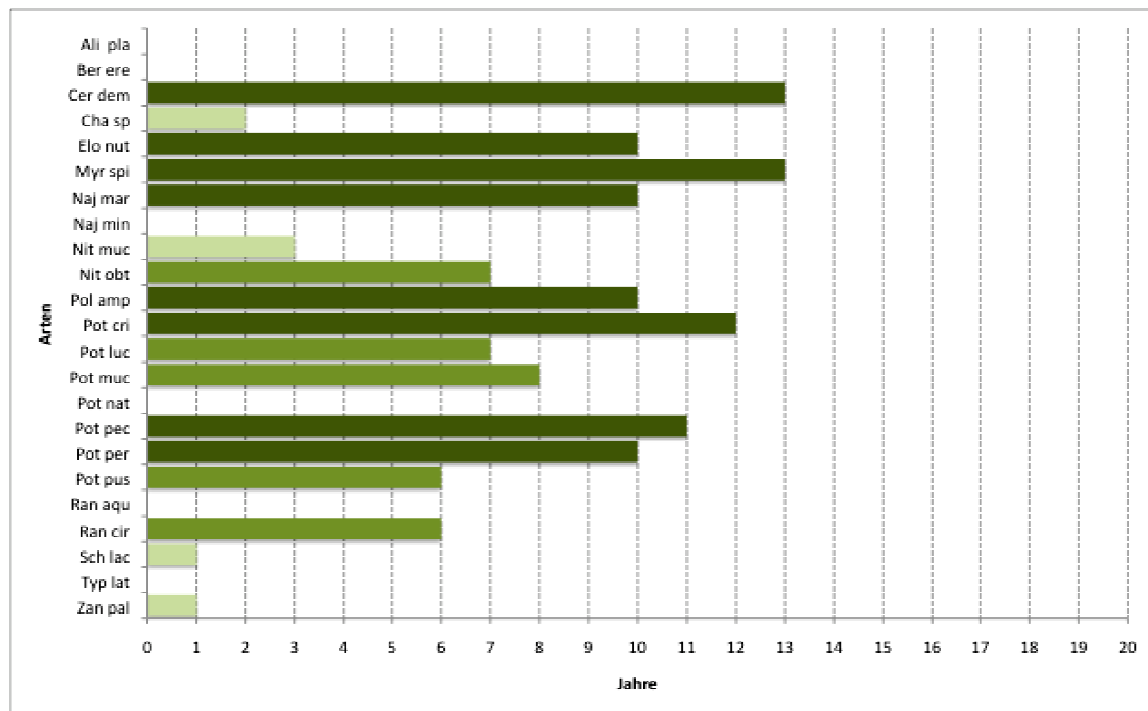


Abbildung 11. Makrophytenarten der Oberen Stauhaltung und die Anzahl der Jahre, in denen diese nachgewiesen wurden. Hellgrüne Balken: niedere Frequenz Arten (0 bis 4 Jahre), mittelgrüne Balken: mittlere Frequenz Arten (5 bis 9 Jahre), dunkelgrüne Balken: hohe Frequenz Arten (10 bis 13 Jahre). Arten, die in diesem Diagramm keinen Eintrag zeigen, wurden in der Unteren Stauhaltung nachgewiesen.

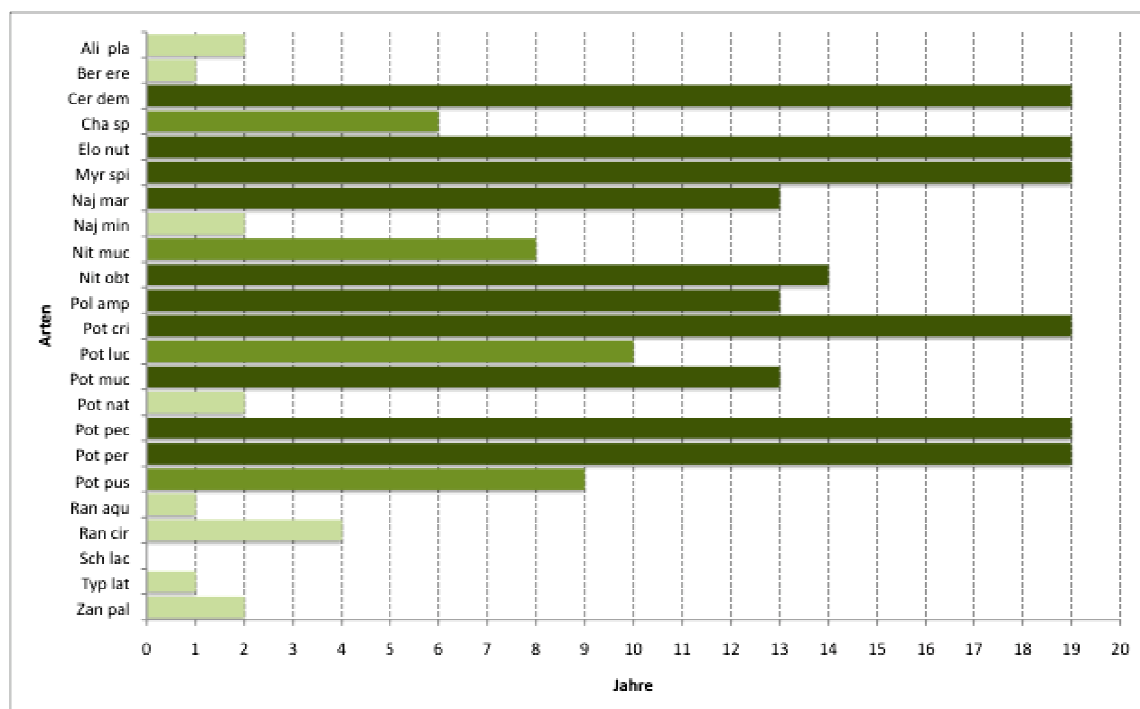


Abbildung 12. Makrophytenarten der Unteren Stauhaltung und die Anzahl der Jahre, in denen diese nachgewiesen wurden. Hellgrüne Balken: niedere Frequenz Arten (0 bis 5 Jahre), mittelgrüne Balken: mittlere Frequenz Arten (6 bis 12 Jahre), dunkelgrüne Balken: hohe Frequenz Arten (13 bis 19 Jahre). Arten, die in diesem Diagramm keinen Eintrag zeigen, wurden in der Oberen Stauhaltung nachgewiesen.

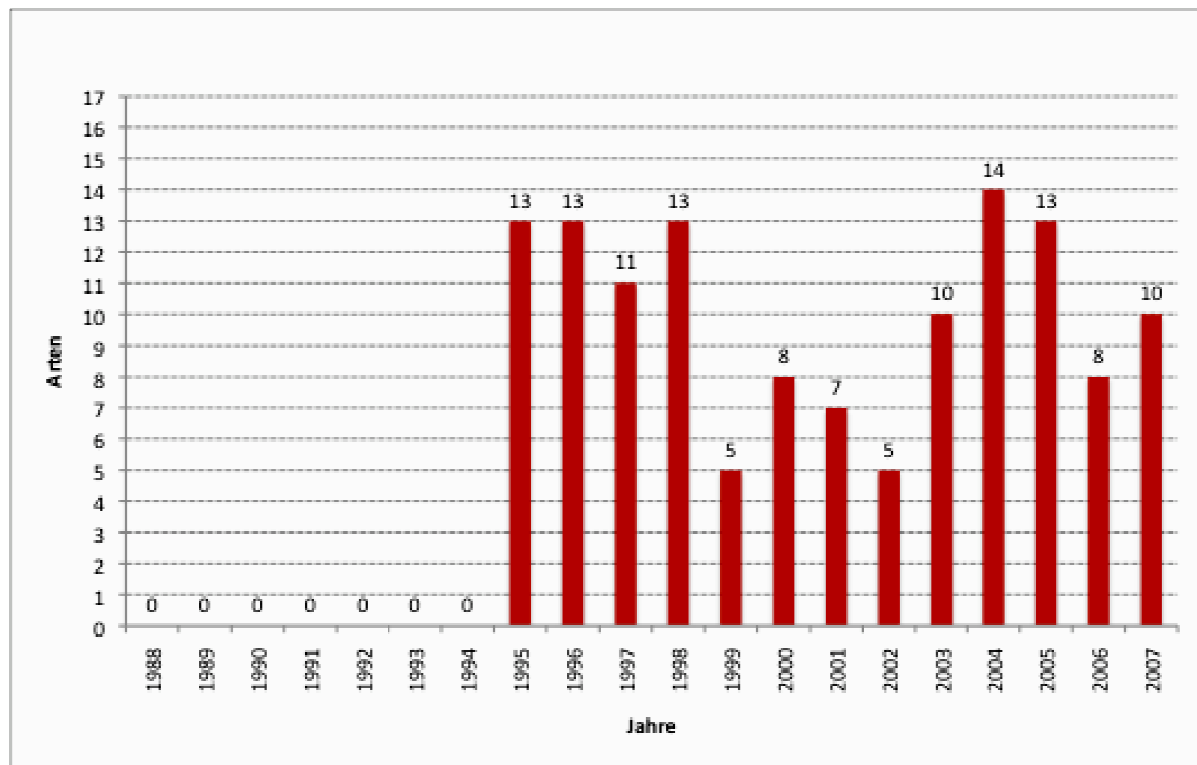


Abbildung 13. Anzahl der pro Jahr nachgewiesenen Makrophytenarten in der Oberen Stauhaltung.

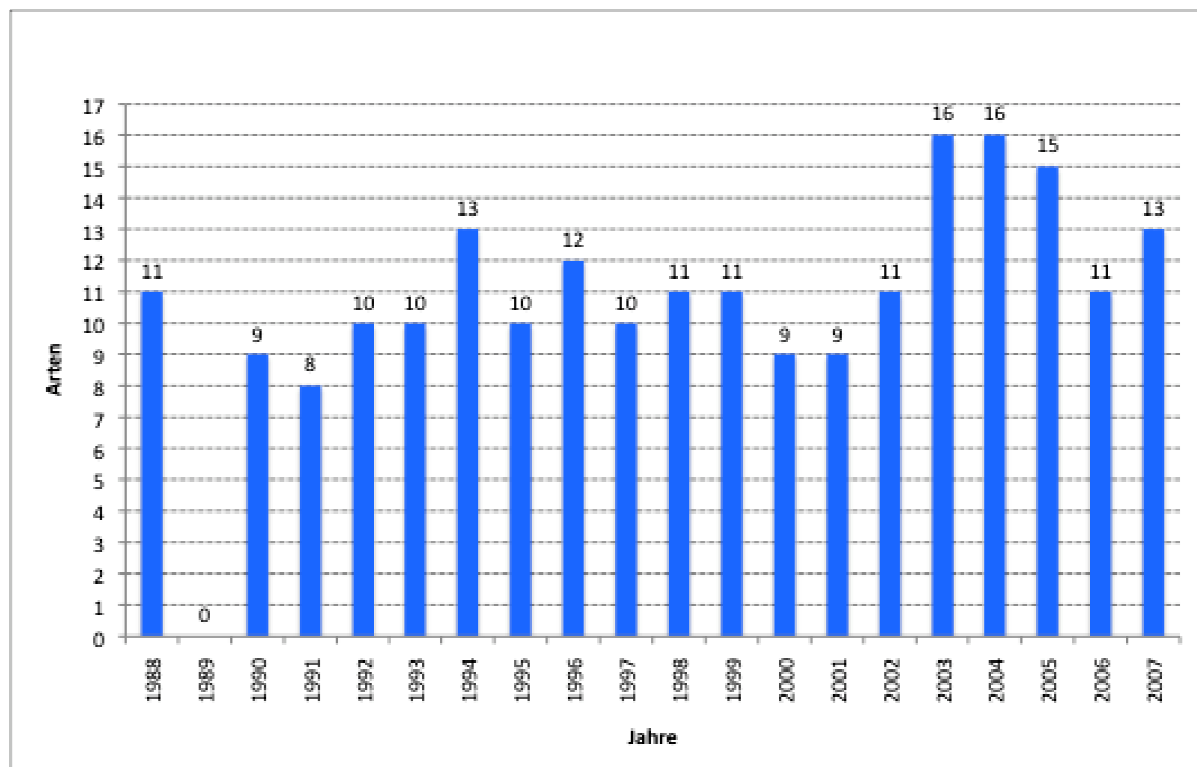


Abbildung 14. Anzahl der pro Jahr nachgewiesenen Makrophytenarten in der Unteren Stauhaltung. Im Jahr 1989 wurde nicht kartiert.

3.2.3. Analyse der Abundanz, Frequenz und Indikatorwerte (IV) der Makrophytenarten mittels Indicator Species Analysis (ISA)

ISA wurde durchgeführt, um genaue Informationen über die Abundanz und Frequenz der Arten, sowie Indikatorarten für die einzelnen Jahre zu erhalten. Die Analyse beinhaltet den Monte-Carlo Permutationstest, welcher die Indikatorwerte auf Signifikanz testet. Die Ergebnisse der ISA sind für die Obere Stauhaltung den Tabellen 11 bis 14 und für die Untere Stauhaltung in den Tabellen 15 bis 18 zu entnehmen.

In der Oberen Stauhaltung trat *Ceratophyllum demersum* in allen Jahren auf. In den Jahren 2002 und 2007 wurde diese Art nur in einer von drei Saisonen, bzw. in einer von zwei Saisonen nachgewiesen (Tabelle 12). Im Jahr 1995 trat *Ceratophyllum demersum* jedoch mit einem IV von 25% am häufigsten auf (p-Wert = 0,04; Tabelle 13 und 14).

Chara sp wurde in den Jahren 1996 und 2003 nachgewiesen, jedoch 2003 in nur einer der 4 Saisonen. Im Jahr 1996 wurde sie in allen drei Saisonen nachgewiesen. Der IV für diese Art ist 99% und signifikant ($p = 0,0002$).

Elodea nuttallii trat in allen Jahren außer 2000, 2001 und 2002 auf. Der größte IV für diese Art ist 42% ($p = 0,0082$) für das Jahr 1995. *Najas marina* hatte mit 38% ($p = 0,0246$) im Jahr 2004 den höchsten IV, *Polygonum amphibium* mit 25% ($p = 0,0104$) im Jahr 2001, *Potamogeton crispus* mit 33% ($p = 0,0076$) im Jahr 2004 und *Potamogeton lucens* mit 33% ($p = 0,0434$) im Jahr 2003. Alle anderen Arten hatten keine signifikanten Indikatorwerte.

In der Unteren Stauhaltung hatte *Najas marina* im Jahr 2003 den höchsten IV (31%, $p = 0,0232$). *Najas minor* hatte im Jahr 2003 mit 46% ($p = 0,0376$) den höchsten IV, *Nitellopsis obtusa* im Jahr 2000 (19%, $p = 0,0234$), *Polygonum amphibium* auch im Jahr 2000 (15%, $p = 0,0402$), *Potamogeton lucens* im Jahr 1994 (51%, $p = 0,0002$), *Potamogeton pectinatus* im Jahr 2004 (20%, $p = 0,041$), *Ranunculus circinatus* ebenfalls im Jahr 2004 (51%, $p = 0,0032$) und *Typha latifolia* im Jahr 1995 (100%, $p = 0,0002$). Alle anderen Arten hatten Indikationswerte die nicht signifikant waren (Tabelle 17 und 18). *Alisma plantago aquatica* war nur im Jahr 2003 in einer von vier Saisonen und im Jahr 2005 in einer von drei Saisonen vertreten. *Berula erecta* wurde nur im Jahr 2005 in einer von 3 Saisonen nachgewiesen. *Najas minor* trat nur im Jahr 2003 in zwei von vier Saisonen und im

Jahr 2006 in einer von drei Saisonen auf. *Potamogeton natans* war nur 2004 in einer von vier Saisonen und 2007 in einer von drei Saisonen vertreten. *Ranunculus aquatilis* trat nur 2003 in einer von vier Saisonen auf, *Zannichellia palustris* nur 1988 in zwei von fünf Saisonen und 1992 in einer von drei Saisonen.

Tabelle 11. Relative Abundanz (Obere Stauhaltung) errechnet aus dem Mittelwert der Pflanzenmengen der Art in einem Jahr im Verhältnis zur Summe der Mittelwerte der Pflanzenmengen der Art aller Jahre. Die Werte sind Prozentangaben und auf ganze Zahlen gerundet.

MW = Mittelwert, Max = Maximalwert der Art, Saisonsen = Anzahl der Saisonsen in denen kartiert wurde in dem jeweiligen Jahr.

Jahr				1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2007
Saisonsen				3	3	4	4	3	4	3	3	4	4	3	2
	MW	Max	Jahr												
Cer dem	8	25	1995	25	19	4	10	5	9	1	0	3	11	11	1
Cha sp	8	99	1996	0	99	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Elo nut	8	42	1995	42	4	9	41	1	0	0	0	0	1	1	0
Myr spi	8	17	2004	6	1	2	11	5	15	6	5	11	17	9	11
Naj mar	8	38	2004	3	0	0	12	0	14	1	1	11	38	7	13
Nit muc	8	83	2007	0	7	0	0	0	0	0	0	0	10	0	83
Nit obt	8	36	1996	5	36	0	8	0	0	0	0	8	8	21	15
Pol amp	8	25	2001	0	8	4	7	13	20	25	0	14	7	2	0
Pot cri	8	33	2004	9	2	1	12	1	8	1	0	5	33	13	15
Pot luc	8	33	2003	22	11	1	26	0	0	0	0	33	6	1	0
Pot muc	8	35	1998	3	33	12	35	0	2	0	0	8	2	4	0
Pot pec	8	26	1998	9	14	4	26	0	1	0	1	0	21	11	12
Pot per	8	21	1995	21	12	4	21	0	3	0	0	0	18	11	9
Pot pus	8	70	1998	1	4	6	70	0	0	0	0	0	16	4	0
Ran cir	8	42	2004	0	0	0	1	0	0	0	0	0	42	15	41
Sch lac	8	100	1995	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zan pal	8	100	1995	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MW	8	49		20	15	3	16	1	4	2	0	5	14	7	12

Tabelle 12. Relative Frequenz (Stetigkeit) (Obere Stauhaltung) errechnet aus der Summe aller Vorkommen innerhalb eines Jahres, durch die Zahl der Saisonsen dieses Jahres. Die Werte sind Prozentangaben.

Saisonsen = Anzahl der Saisonsen in denen kartiert wurde in dem jeweiligen Jahr. MW = Mittelwert, Max = Maximalwert der Art.

Jahr				1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2007
Saisonsen				3	3	4	4	3	4	3	3	4	4	3	2
	MW	Max	Jahr												
Cer dem	90	100	1995	100	100	100	100	100	100	100	33	100	100	100	50
Cha sp	10	100	1996	0	100	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0
Elo nut	66	100	1995	100	100	100	100	100	0	0	0	75	100	67	50
Myr spi	97	100	1995	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Naj mar	67	100	1998	67	0	0	100	0	100	100	33	100	100	100	100
Nit muc	9	50	2007	0	33	0	0	0	0	0	0	0	25	0	50
Nit obt	19	50	2007	33	33	0	25	0	0	0	0	25	25	33	50
Pol amp	58	100	1997	0	33	100	50	100	100	100	0	100	50	67	0
Pot cri	92	100	1995	100	100	100	100	33	100	100	67	100	100	100	100
Pot luc	38	100	1995	100	100	25	75	0	0	0	0	100	25	33	0
Pot muc	47	100	1996	33	100	75	100	0	75	0	0	100	50	33	0
Pot pec	67	100	1996	67	100	100	100	0	100	33	67	0	100	33	100
Pot per	67	100	1995	100	100	100	100	0	100	33	0	0	100	67	100
Pot pus	29	100	2004	33	33	75	75	0	0	0	0	0	100	33	0
Ran cir	22	100	2004	0	0	25	25	0	0	0	0	0	100	67	50
Sch lac	3	33	1995	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zan pal	3	33	1995	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MW	46	86		53	59	53	62	25	46	33	18	49	63	49	44

Tabelle 13. Indikator Werte (IV) (Obere Stauhaltung). Der IV ist das Produkt aus den Werten der relativen Abundanz und der relativen Frequenz/100. Ein Wert von 100% bedeutet eine perfekte Indikation, ein Wert von 0% keine Indikation. Die fett gedruckten Werte der fett gedruckten Arten sind signifikant und daher Indikatorarten für das markierte Jahr. Nicht fett gedruckte Arten haben nur in dem markierten Jahr den höchsten Wert, sind aber nicht signifikant. Die Werte sind Prozentangaben und auf ganze Zahlen gerundet.

Saisonen = Anzahl der Saisonen in denen kartiert wurde in dem jeweiligen Jahr. MW = Mittelwert, Max = Maximalwert der Art.

Jahr				1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2007
Saisonen				3	3	4	4	3	4	3	3	4	4	3	2
	MW	Max	Jahr												
Cer dem	8	25	1995	25	19	4	10	5	9	1	0	3	11	11	0
Cha sp	8	99	1996	0	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elo nut	8	42	1995	42	4	9	41	1	0	0	0	0	1	0	0
Myr spi	8	17	2004	6	0	2	11	5	15	6	5	11	17	9	11
Naj mar	8	38	2004	2	0	0	12	0	14	1	0	11	38	7	13
Nit muc	4	41	2007	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	41
Nit obt	3	12	1996	2	12	0	2	0	0	0	0	2	2	7	8
Pol amp	7	25	2001	0	3	4	4	13	20	25	0	14	4	2	0
Pot cri	8	33	2004	9	2	1	12	0	8	1	0	5	33	13	15
Pot luc	7	33	2003	22	11	0	19	0	0	0	0	33	2	0	0
Pot muc	8	35	1998	1	33	9	35	0	1	0	0	8	1	1	0
Pot pec	7	26	1998	6	14	4	26	0	1	0	0	0	21	4	12
Pot per	8	21	1995	21	12	4	21	0	3	0	0	0	18	8	9
Pot pus	6	52	1998	0	1	5	52	0	0	0	0	0	16	1	0
Ran cir	6	42	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	10	21
Sch lac	3	33	1995	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zan pal	3	33	1995	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MW	7	36		12	13	3	15	1	4	2	0	5	12	4	8

Tabelle 14. Monte-Carlo-Permutationstests (Obere Stauhaltung). Signifikante Werte ($p \leq 0,05$) sind fett gedruckt, p-Werte $> 0,05$ sind nicht fett gedruckt.

	Jahr	IV	p-Wert
Cer dem	1995	25,4	0,0400
Cha sp	1996	99,5	0,0002
Elo nut	1995	42	0,0082
Myr spi	2004	17	0,0928
Naj mar	2004	37,6	0,0246
Nit muc	2007	41,4	0,1182
Nit obt	1996	12	0,8290
Pol amp	2001	24,9	0,0104
Pot cri	2004	33,4	0,0076
Pot luc	2003	33,2	0,0434
Pot muc	1998	35,3	0,0674
Pot pec	1998	26,3	0,0570
Pot per	1995	21,3	0,1862
Pot pus	1998	52,1	0,0614
Ran cir	2004	42,2	0,0538
Sch lac	1995	33,3	0,5077
Zan pal	1995	33,3	0,5077

Tabelle 15. Relative Abundanz (Untere Stauhaltung) errechnet aus dem Mittelwert der Pflanzenmengen der Art in einem Jahr im Verhältnis zur Summe der Mittelwerte der Pflanzenmengen der Art aller Jahre. Die Werte sind Prozentangaben und auf ganze Zahlen gerundet.

MW = Mittelwert, Max = Maximalwert der Art, Saisonsen = Anzahl der Saisonsen in denen kartiert wurde in dem jeweiligen Jahr.

Jahr		1988	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Saisonsen		5	3	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3
	MW	Max	Jahr																	
Ali pla	5	57	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	57	0	0
Ber ere	5	100	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
Cer dem	5	11	1995	10	3	1	3	11	7	3	3	6	7	9	2	5	8	8	3	4
Cha sp	5	66	1991	0	0	66	21	0	0	0	0	3	0	0	0	1	3	0	0	0
Elo nut	5	12	2000	6	4	2	0	6	7	2	7	7	12	7	1	1	9	7	1	9
Naj mar	5	31	2003	0	0	0	6	0	14	0	16	0	0	0	1	31	19	0	1	9
Naj min	5	92	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	8	0
Nit muc	5	49	1996	0	7	0	0	0	49	0	0	0	0	0	1	0	33	8	0	3
Nit obt	5	19	2000	0	0	0	0	3	3	0	8	15	19	18	2	2	9	14	1	7
Pol amp	5	15	2000	0	0	0	0	11	11	5	9	0	15	15	1	9	11	3	2	2
Pot cri	5	19	2004	2	2	4	2	0	3	1	9	2	3	2	2	12	19	14	5	17
Pot luc	5	51	1994	6	2	6	2	0	12	1	0	0	0	0	0	0	8	9	0	0
Pot muc	5	18	1998	0	0	0	0	0	1	5	18	6	5	15	4	7	8	18	3	10
Pot nat	5	57	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	0	57
Pot pec	5	20	2004	6	1	1	4	3	9	1	5	4	1	0	3	9	20	12	4	11
Pot per	5	16	2004	1	1	2	1	5	5	3	4	5	6	5	3	3	16	11	3	16
Pot pus	5	25	2004	0	14	0	0	0	0	1	10	3	0	0	0	0	25	7	0	16
Ran aqu	5	100	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Ran cir	5	68	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	68	0	0	0
Typ lat	5	100	1995	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zan pal	5	63	1992	38	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MW	5	45		3	2	4	5	7	5	1	4	2	3	3	1	15	14	12	1	7

Tabelle 16. Relative Frequenz (Stetigkeit) (Untere Stauhaltung) errechnet aus der Summe aller Vorkommen innerhalb eines Jahres, durch die Zahl der Saisonen dieses Jahres. Die Werte sind Prozentangaben.

Saisonen = Anzahl der Saisonen in denen kartiert wurde in dem jeweiligen Jahr. MW = Mittelwert, Max = Maximalwert der Art.

Jahr			1988	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Saisonen		5	3	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3
	MW	Max	Jahr																		
Ali pla	3	33	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	33	0	0
Ber ere	2	33	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0
Cer dem	96	100	1988	100	100	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cha sp	11	50	1999	0	0	25	33	0	33	0	0	0	50	0	0	0	25	50	0	0	0
Elo nut	93	100	1988	100	100	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	100	100	100	100	100
Naj mar	51	100	1992	60	0	0	100	75	0	100	0	75	25	0	0	25	100	100	100	67	67
Naj min	4	50	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	33	0
Nit muc	27	100	1990	40	100	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	50	50	75	67	0	67
Nit obt	65	100	1994	0	0	0	0	50	100	100	0	100	100	100	100	50	100	100	100	33	100
Pol amp	63	100	1994	0	0	0	0	100	100	100	75	100	0	100	100	50	100	75	100	100	100
Pot cri	88	100	1988	100	100	75	100	100	33	67	50	100	100	100	100	75	100	100	100	100	67
Pot luc	29	100	1994	60	67	25	33	50	100	100	25	0	0	0	0	0	0	50	33	0	0
Pot muc	46	100	1999	0	0	0	0	75	0	33	75	75	100	50	100	75	75	75	33	33	67
Pot nat	3	33	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	33
Pot pec	83	100	1988	100	67	75	100	100	67	100	100	100	100	50	0	50	100	100	100	100	100
Pot per	95	100	1988	100	100	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75	100	100	100	100	100
Pot pus	23	100	1994	20	33	0	0	100	0	0	25	50	25	0	0	0	0	75	33	0	67
Ran aqu	1	25	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0
Ran cir	12	75	2003	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	75	75	0	0	0
Typ lat	5	100	1995	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zan pal	4	40	1988	40	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MW	37	75		33	30	13	32	31	50	44	30	41	36	32	32	27	51	55	47	35	44

Tabelle 17. Indikator Werte (IV) (Untere Stauhaltung). Der IV ist das Produkt aus den Werten der relativen Abundanz und der relativen Frequenz/100. Ein Wert von 100% bedeutet eine perfekte Indikation, ein Wert von 0% keine Indikation. Die fett gedruckten Werte der fett gedruckten Arten sind signifikant und daher Indikatorarten für das markierte Jahr. Nicht fett gedruckte Arten haben nur in dem markierten Jahr den höchsten Wert, sind aber nicht signifikant. Die Werte sind Prozentangaben und auf ganze Zahlen gerundet.

Saisonen = Anzahl der Saisonen in denen kartiert wurde in dem jeweiligen Jahr. MW = Mittelwert, Max = Maximalwert der Art.

Jahr		1988	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Saisonen		5	3	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3
	MW	Max	Jahr																	
Ali pla	2	19	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	19	0	0
Ber ere	2	33	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0
Cer dem	5	11	1995	10	3	0	3	11	7	3	3	6	7	9	2	5	8	8	3	4
Cha sp	2	16	1991	0	0	16	7	2	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0
Elo nut	5	12	2000	6	4	1	0	6	7	2	7	7	12	7	0	1	9	7	1	9
Nej mar	5	31	2003	0	0	0	2	0	14	0	12	0	0	0	0	31	19	0	1	6
Nej min	3	46	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	3	0
Nit muc	4	32	1996	0	7	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	25	5	0	2
Nit obt	5	19	2000	0	0	0	0	1	3	0	8	15	19	18	1	2	9	14	0	7
Pol amp	5	15	2000	0	0	0	0	7	11	4	9	0	15	15	0	9	9	3	2	2
Pot cri	5	19	2004	2	2	3	2	0	2	0	9	2	3	2	1	12	19	14	5	11
Pot luc	4	51	1994	3	1	2	1	51	0	12	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0
Pot muc	4	15	2001	0	0	0	0	2	0	4	13	6	2	15	3	5	6	6	1	6
Pot nat	2	19	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	19
Pot pec	5	20	2004	6	1	1	4	2	9	1	5	4	0	0	1	9	20	12	4	11
Pot per	5	16	2004	1	1	0	1	2	5	3	4	5	6	5	2	3	16	11	3	16
Pot pus	3	23	1994	0	5	0	0	23	0	0	5	1	0	0	0	0	19	2	0	11
Ran aqu	1	25	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0
Ran cir	4	51	2004	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	17	51	0	0	0
Typ lat	5	100	1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zan pal	2	21	1992	15	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MW	3	27		2	1	1	2	1	5	6	3	2	3	3	1	8	10	6	1	5

Tabelle 18. Monte-Carlo-Permutationstests (Untere Stauhaltung). Signifikante Werte ($p \leq 0,05$) sind fett gedruckt, p-Werte $> 0,05$ sind nicht fett gedruckt.

	Jahr	IV	p-Wert
Ali pla	2005	19	0,4625
Ber ere	2005	33,3	0,2973
Cer dem	1995	11,3	0,1768
Cha sp	1991	16,4	0,9202
Elo nut	2000	11,8	0,0604
Naj mar	2003	31	0,0232
Naj min	2003	45,9	0,0376
Nit muc	1996	32,4	0,0978
Nit obt	2000	18,8	0,0234
Pol amp	2000	15,3	0,0402
Pot cri	2004	19,1	0,0752
Pot luc	1994	51,4	0,0002
Pot muc	2001	14,7	0,3829
Pot nat	2007	19	0,4637
Pot pec	2004	19,8	0,041
Pot per	2004	15,8	0,0574
Pot pus	1994	23,3	0,1098
Ran aqu	2003	25	0,933
Ran cir	2004	51	0,0032
Typ lat	1995	100	0,0002
Zan pal	1992	20,8	0,1156

3.2.4. Beispiele der RPM und MMI Analysen für die Obere und die Untere Stauhaltung

Um genauere Informationen über die Verbreitung, die relative Pflanzenmenge und die Mengenindizes der Arten in den beiden Stauhaltungen zu erhalten, wurden RPM und MMI Analysen durchgeführt. Insgesamt wurden Daten über den Pflanzenbestand von vier Saisonen in vier unterschiedlichen Jahren (Saison C 1996 und Saison D 1998 für die Obere Stauhaltung, Saison C 1994 und Saison C 2007 für die Untere Stauhaltung) ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Analysen sind in den Abbildungen 15 bis 26 dargestellt.

Obere Stauhaltung, Saison C, Jahr 1996: hochwasserarm, kein vorangegangenes hochwasserreiches Jahr, pflanzenmengenreichste Saison (siehe Abbildungen 9 und 10 und Tabelle 23). Die Arten *Chara sp*, *Elodea nuttallii* und *Potamogeton perfoliatus* kamen in allen Abschnitten vor, jedoch wies *Chara sp* mit über 40% die größte Menge auf. *Ceratophyllum demersum* bildete den zweit größten Anteil, kam aber im letzten Abschnitt nicht vor. *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton lucens* und *Potamogeton pusillus* traten mit geringen Pflanzenmengen in nur wenigen Abschnitten auf. *Potamogeton mucronatus* und *Potamogeton pectinatus* waren verbreitet, machten aber jeweils weniger als 10% der gesamten Pflanzenmenge aus. *Nitella mucronata*, *Nitellopsis obtusa* und *Polygonum amphibium* traten in nur einem Abschnitt auf. Die Ergebnisse sind in Abbildungen 15, 16 und 17 ersichtlich.

Obere Stauhaltung, Saison D, Jahr 1998: hochwasserarm, vorangegangenes hochwasserreiches Jahr, pflanzenmengenreichste Saison (siehe Abbildungen 9 und 10 und Tabelle 25). Die Arten *Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus* und *Potamogeton perfoliatus* traten in allen Abschnitten auf, *Potamogeton pectinatus* in allen außer einem, die Pflanzenmenge von *Elodea nuttallii* hatte jedoch mit über 40% den größten Anteil. *Najas marina* und *Potamogeton mucronatus* wurden in acht bzw. sieben Abschnitten nachgewiesen, *Najas marina* war jedoch prozentual stärker vertreten. *Polygonum amphibium* und *Potamogeton lucens* traten nur in einem bzw. zwei Abschnitten auf (siehe Abbildungen 18, 19 und 20).

Untere Stauhaltung, Saison C, Jahr 1994: hochwasserarm, kein vorangegangenes hochwasserreiches Jahr, pflanzenmengenreichste Saison (siehe Abbildungen 9 und 10 und Tabelle 24). Die Arten *Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*, *Myriophyllum spicatum* und *Potamogeton perfoliatus* traten in allen Abschnitten auf, wobei *Elodea nuttallii* mit über 40% den größten Pflanzenmengenanteil ausmachte. *Najas marina*, *Polygonum amphibium*, *Potamogeton mucronatus* und *Potamogeton pusillus* traten in nur zwei bzw. drei Abschnitten auf und machen zusammen 1% der gesamten Pflanzenmenge aus. *Nitellopsis obtusa*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton lucens* und *Potamogeton pectinatus* wurden in sieben bzw. sechs Abschnitten nachgewiesen, jedoch mit geringen Pflanzenmengen (Abbildungen 21, 22 und 23).

Untere Stauhaltung, Saison C, Jahr 2007: hochwasserarm, vorangegangenes hochwasserreiches Jahr, pflanzenmengenreichste Saison (siehe Abbildungen 9 und 10 und Tabelle 24). Die Arten *Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton pectinatus*, *Potamogeton perfoliatus* traten in allen Abschnitten auf. *Elodea nuttallii* machte mit über 40% den größten Teil der gesamten Pflanzenmenge aus. *Najas marina* und *Nitellopsis obtusa* waren in allen außer einem Abschnitt mit größeren Pflanzenmengen als *Myriophyllum spicatum* und *Potamogeton crispus* vertreten. *Nitellopsis obtusa* war außerdem mit einer größeren Pflanzenmenge vertreten als *Ceratophyllum demersum* und *Potamogeton pectinatus*. *Potamogeton mucronatus*, *Nitella mucronata*, *Polygonum amphibium*, *Potamogeton natans* und *Potamogeton pusillus* waren in nur wenigen Abschnitten mit geringen Pflanzenmengen vertreten (siehe Abbildungen 24, 25 und 26).



Abbildung 15. Verbreitungsdiagramm der Oberen Stauhaltung in der Saison C 1996. Die Säulen stellen die Abschnitte dar. Die Säulenhöhe 1 entspricht der Pflanzenmenge 1 und 2, Säulenhöhe 2 der Pflanzenmenge 3 und Säulenhöhe 3 der Pflanzenmenge 4 und 5.

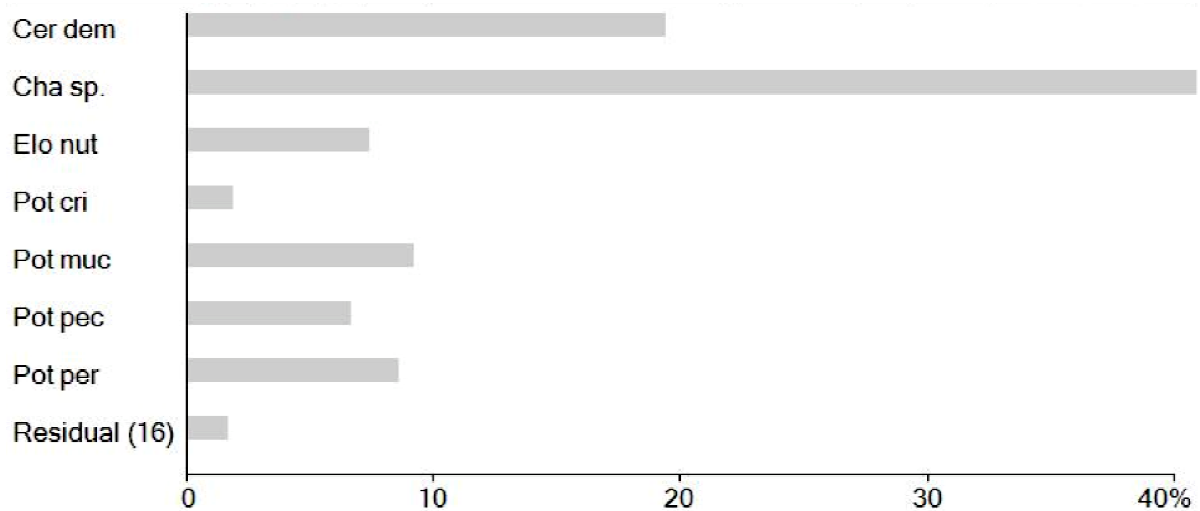


Abbildung 16. Relative Pflanzenmengen der Oberen Stauhaltung in der Saison C 1996. Der prozentuale Anteil der Arten aller Untersuchungsabschnitte. Residual (16 Arten, Summe aller RPM-Werte von Arten, die unter 1% liegen).

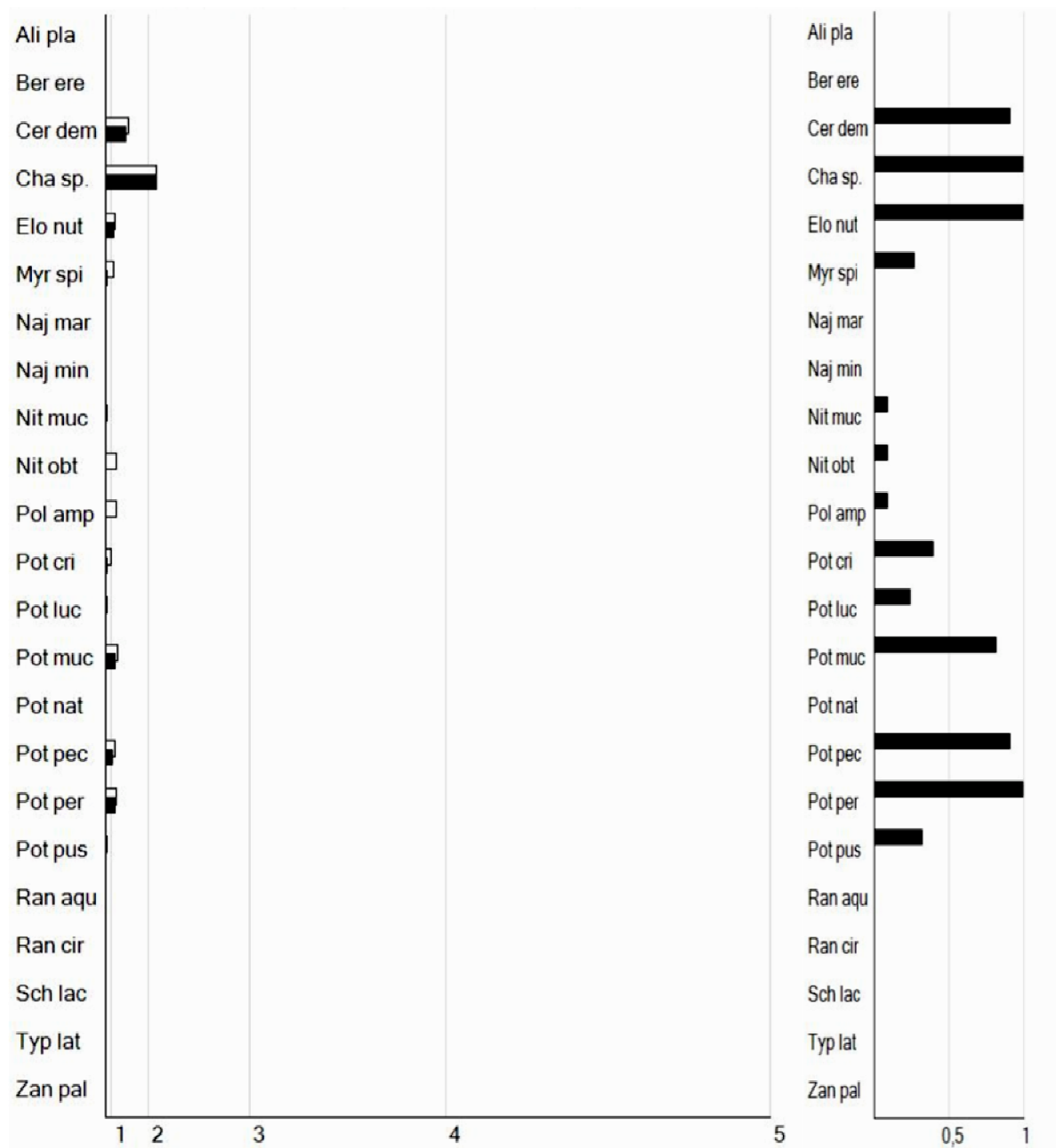


Abbildung 17. Obere Stauhaltung Saison C 1996 . Links: Mittlere Mengenindizes MMT und MMO. Der weiße Balken zeigt die mittlere Menge einer Art in den Abschnitten ihres Auftretens. Der schwarze Balken zeigt die mittlere Menge der Art im gesamten Untersuchungsgebiet. Rechts: Der Verbreitungsquotient stellt das Verhältnis der beiden Messgrößen MMT und MMO dar. Erreicht der Balken annähernd 1, ist die Art in fast jedem Abschnitt zu finden. Bleibt der Balken unter 0.5, ist die Art nur in wenigen Abschnitten aufgetreten.



Abbildung 18. Verbreitungsdiagramm der Oberen Stauhaltung in der Saison D 1998. Die Säulen stellen die Abschnitte dar. Die Säulenhöhe 1 entspricht der Pflanzenmenge 1 und 2, Säulenhöhe 2 der Pflanzenmenge 3 und Säulenhöhe 3 der Pflanzenmenge 4 und 5.

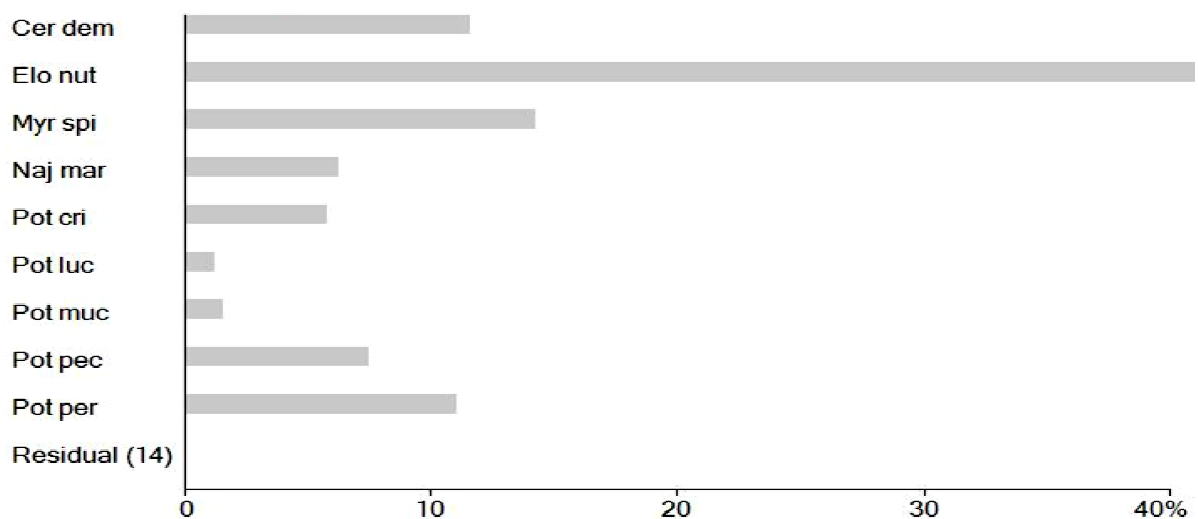


Abbildung 19. Relative Pflanzenmengen der Oberen Stauhaltung in der Saison D 1998. Der prozentuale Anteil der Arten aller Untersuchungsabschnitte. Residual (14 Arten, Summe aller RPM-Werte von Arten, die unter 1% liegen)

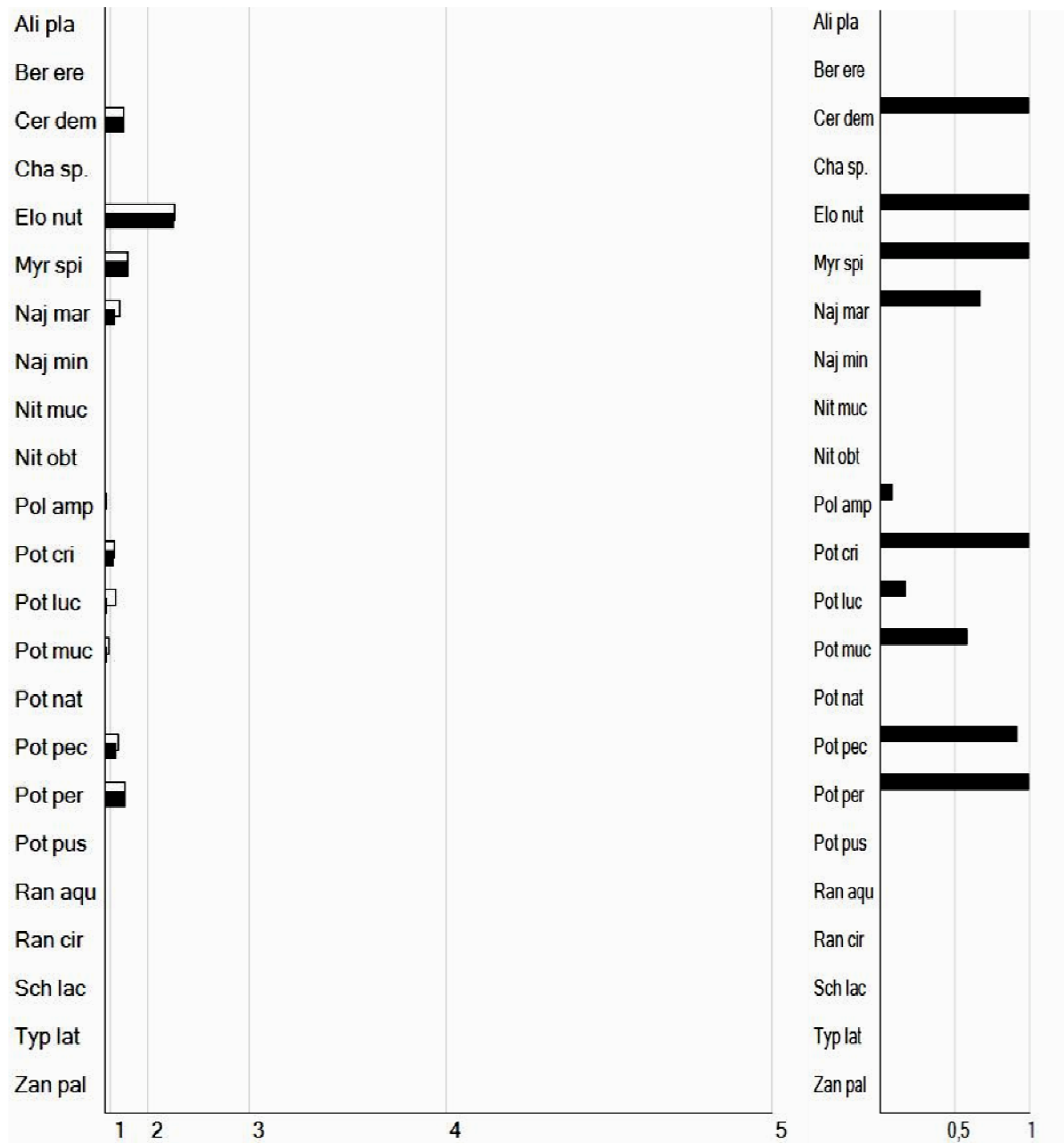


Abbildung 20. Obere Stauhaltung Saison D 1998. Links: Mittlere Mengenindizes MMT und MMO. Der weiße Balken zeigt die mittlere Menge einer Art in den Abschnitten ihres Auftretens. Der schwarze Balken zeigt die mittlere Menge der Art im gesamten Untersuchungsgebiet. Rechts: Der Verbreitungsquotient stellt das Verhältnis der beiden Messgrößen MMT und MMO dar. Erreicht der Balken annähernd 1, ist die Art in fast jedem Abschnitt zu finden. Bleibt der Balken unter 0.5, ist die Art nur in wenigen Abschnitten aufgetreten.



Abbildung 21. Verbreitungsdiagramm der Unteren Stauhaltung in der Saison C 1994. Die Säulen stellen die Abschnitte dar. Die Säulenhöhe 1 entspricht der Pflanzenmenge 1 und 2, Säulenhöhe 2 der Pflanzenmenge 3 und Säulenhöhe 3 der Pflanzenmenge 4 und 5.

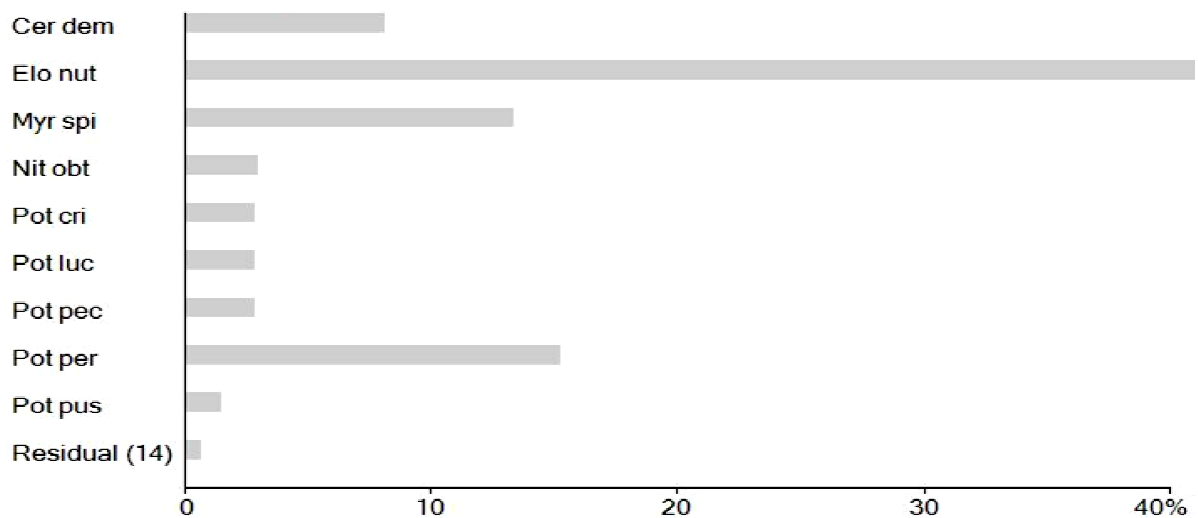


Abbildung 22. Relative Pflanzenmengen der Unteren Stauhaltung in der Saison C 1994. Der prozentuale Anteil der Arten aller Untersuchungsabschnitte. Residual (14 Arten, Summe aller RPM-Werte von Arten, die unter 1% liegen)

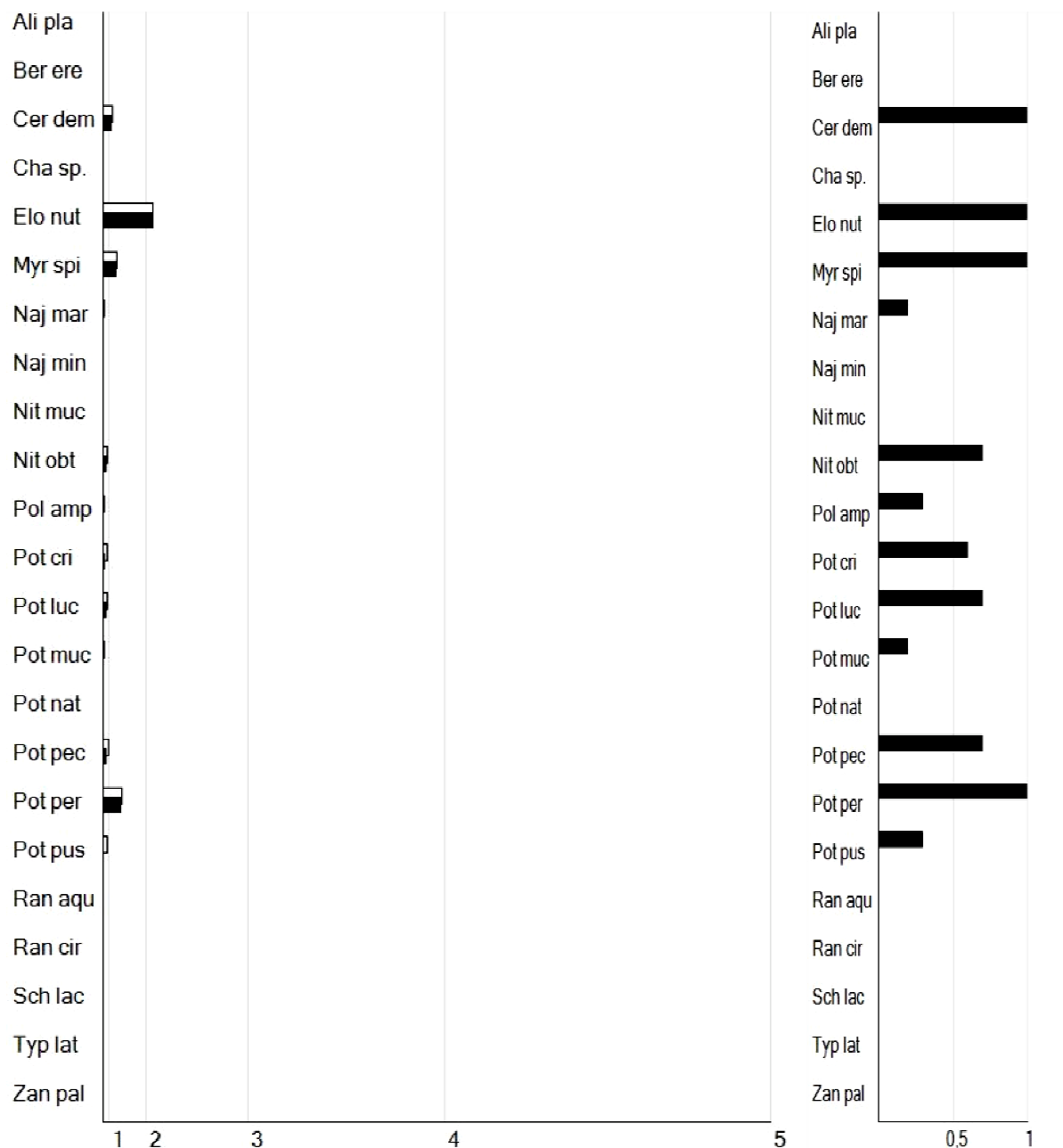


Abbildung 23. Untere Stauhaltung Saison C 1994. Links: Mittlere Mengenindizes MMT und MMO. Der weiße Balken zeigt die mittlere Menge einer Art in den Abschnitten ihres Auftretens. Der schwarze Balken zeigt die mittlere Menge der Art im gesamten Untersuchungsgebiet. Rechts: Der Verbreitungsquotient stellt das Verhältnis der beiden Messgrößen MMT und MMO dar. Erreicht der Balken annähernd 1, ist die Art in fast jedem Abschnitt zu finden. Bleibt der Balken unter 0.5, ist die Art nur in wenigen Abschnitten aufgetreten.

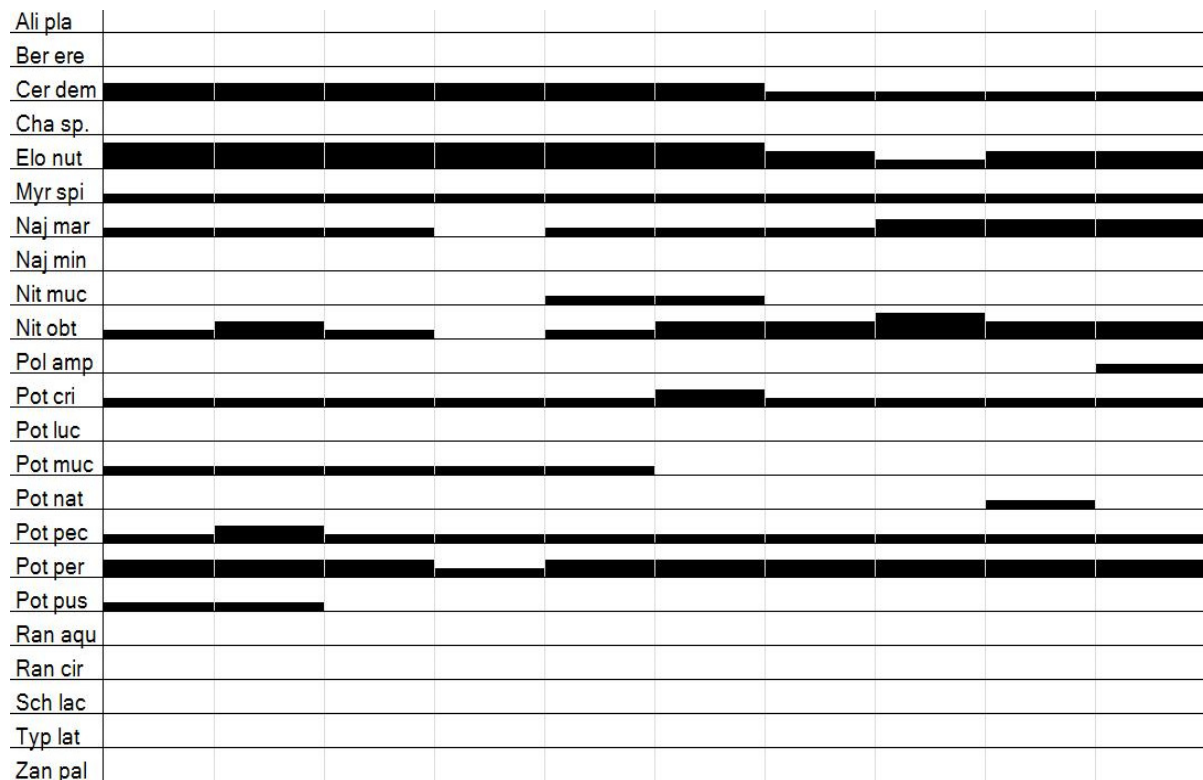


Abbildung 24. Verbreitungsdiagramm der Unteren Stauhaltung in der Saison C 2007. Die Säulen stellen die Abschnitte dar. Die Säulenhöhe 1 entspricht der Pflanzenmenge 1 und 2, Säulenhöhe 2 der Pflanzenmenge 3 und Säulenhöhe 3 der Pflanzenmenge 4 und 5.

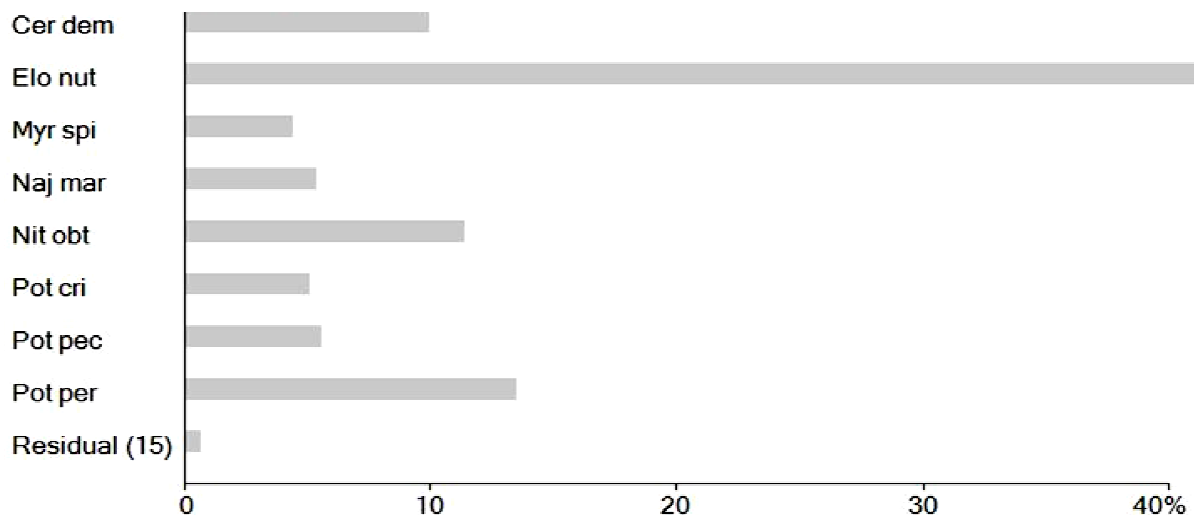


Abbildung 25. Relative Pflanzenmengen der Unteren Stauhaltung in der Saison C 2007. Der prozentuale Anteil der Arten aller Untersuchungsabschnitte. Residual (15 Arten, Summe aller RPM-Werte von Arten, die unter 1% liegen)

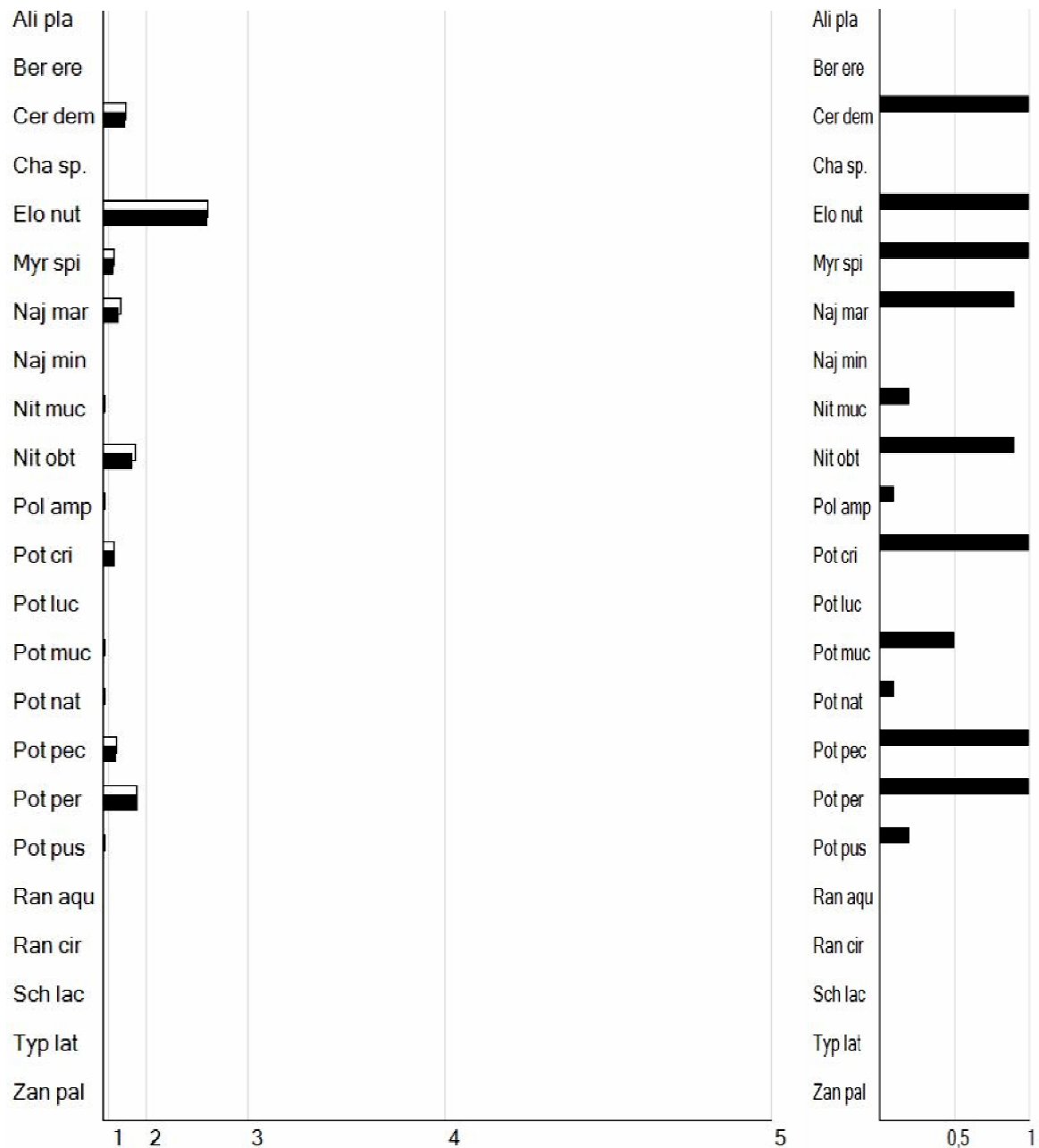


Abbildung 26. Untere Stauhaltung Saison C 2007. Links: Mittlere Mengenindizes MMT und MMO. Der weiße Balken zeigt die mittlere Menge einer Art in den Abschnitten ihres Auftretens. Der schwarze Balken zeigt die mittlere Menge der Art im gesamten Untersuchungsgebiet. Rechts: Der Verbreitungsquotient stellt das Verhältnis der beiden Messgrößen MMT und MMO dar. Erreicht der Balken annähernd 1, ist die Art in fast jedem Abschnitt zu finden. Bleibt der Balken unter 0.5, ist die Art nur in wenigen Abschnitten aufgetreten.

3.3. Analysen über den Hochwassereinfluss auf den Makrophytenbestand

3.3.1. NMDS - Non-Metric Multidimensional Scaling

Um den Einfluss der Hochwässer auf die Arten und deren Pflanzenbestände zu veranschaulichen, wurde eine NMDS - Analyse durchgeführt.

Der Pflanzenbestand (Arten und Pflanzenmengen) wurde in der Oberen Stauhaltung in den Jahren 2006, 2002, 2001 und 1999 am stärksten durch den Durchfluss der Hochwässer beeinflusst. Hingegen in den Jahren 1995, 1996 und 1998 war der Einfluss der Hochwässer auf den Pflanzenbestand gering. Die Arten *Ranunculus circinatus*, *Nitella mucronata* und *Polygonum amphibium* werden eher den vom Durchfluss beeinträchtigten Jahren zugeteilt. *Potamogeton lucens*, *Zannichellia palustris* und *Chara sp* waren eher den Jahren zugeordnet die vom Durchfluss weniger beeinflusst wurden.

In der Unteren Stauhaltung waren die Pflanzenbestände in den Jahren 1990, 1991, 1992, 1993, 2002, 2006 und 2007 am stärksten vom Durchfluss der Hochwässer beeinflusst. Die Pflanzenbestände von 1999, 2000 und 2001 hingegen beeinflusste der Durchfluss am wenigsten. *Najas minor* wird dem Jahr 2006 zugeordnet (die Art war eigentlich 2003 am stärksten vertreten, aufgrund der fehlenden Hochwasserdaten von 2003 und 2004 fehlen diese Jahre in der Ordination), *Nitellopsis obtusa*, *Alisma plantago aquatica* und *Berula erecta* werden eher dem Jahr 2005 zugeteilt.

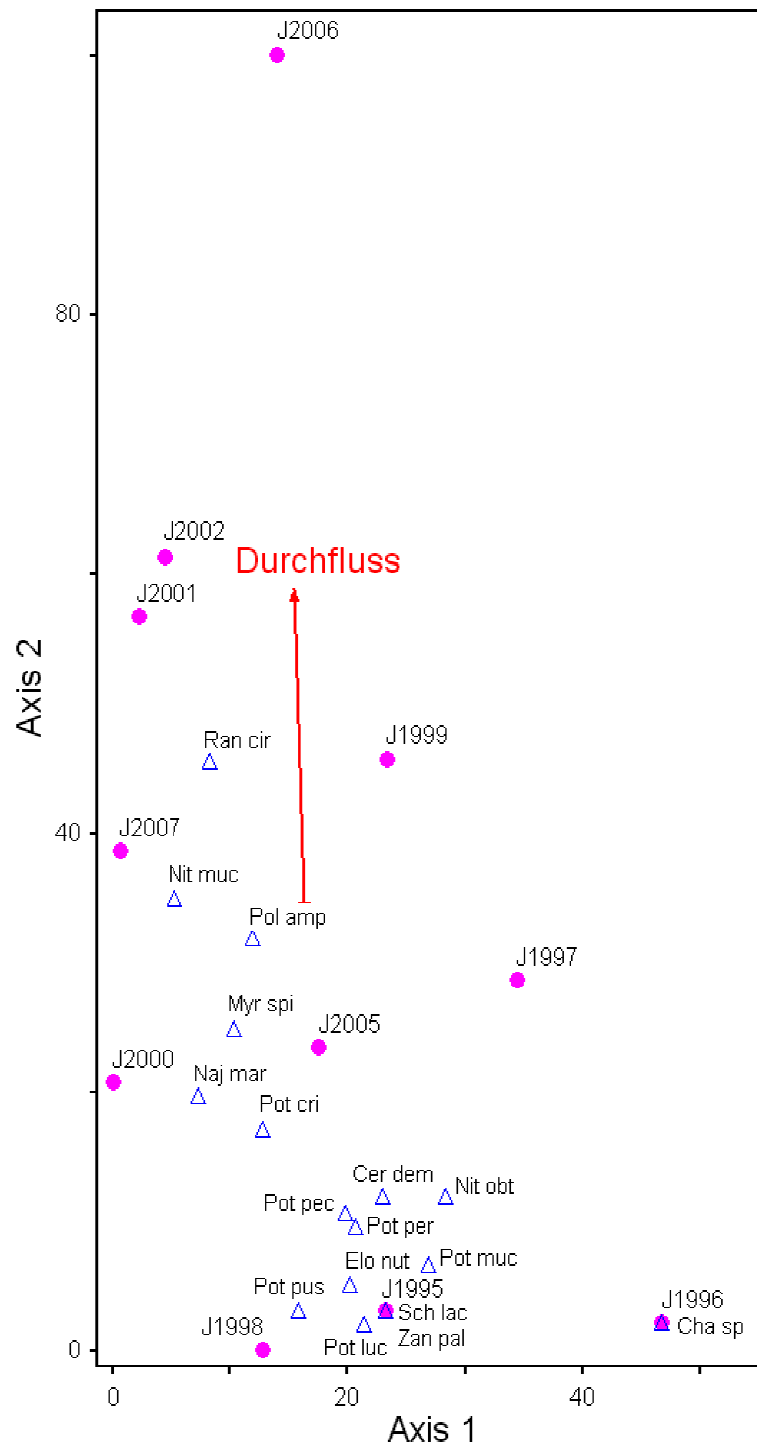


Abbildung 27. Ergebnis der NMDS für die Obere Stauhaltung. Extreme liegen oben und unten. Auf die Jahre und die Arten im oberen Bereich des Diagramms war der Durchfluss der Hochwässer einflussreicher auf die Pflanzenmengen als auf die Jahre und Arten im unteren Bereich.

NMDS Untere Stauhaltung Jahre-Durchfluss

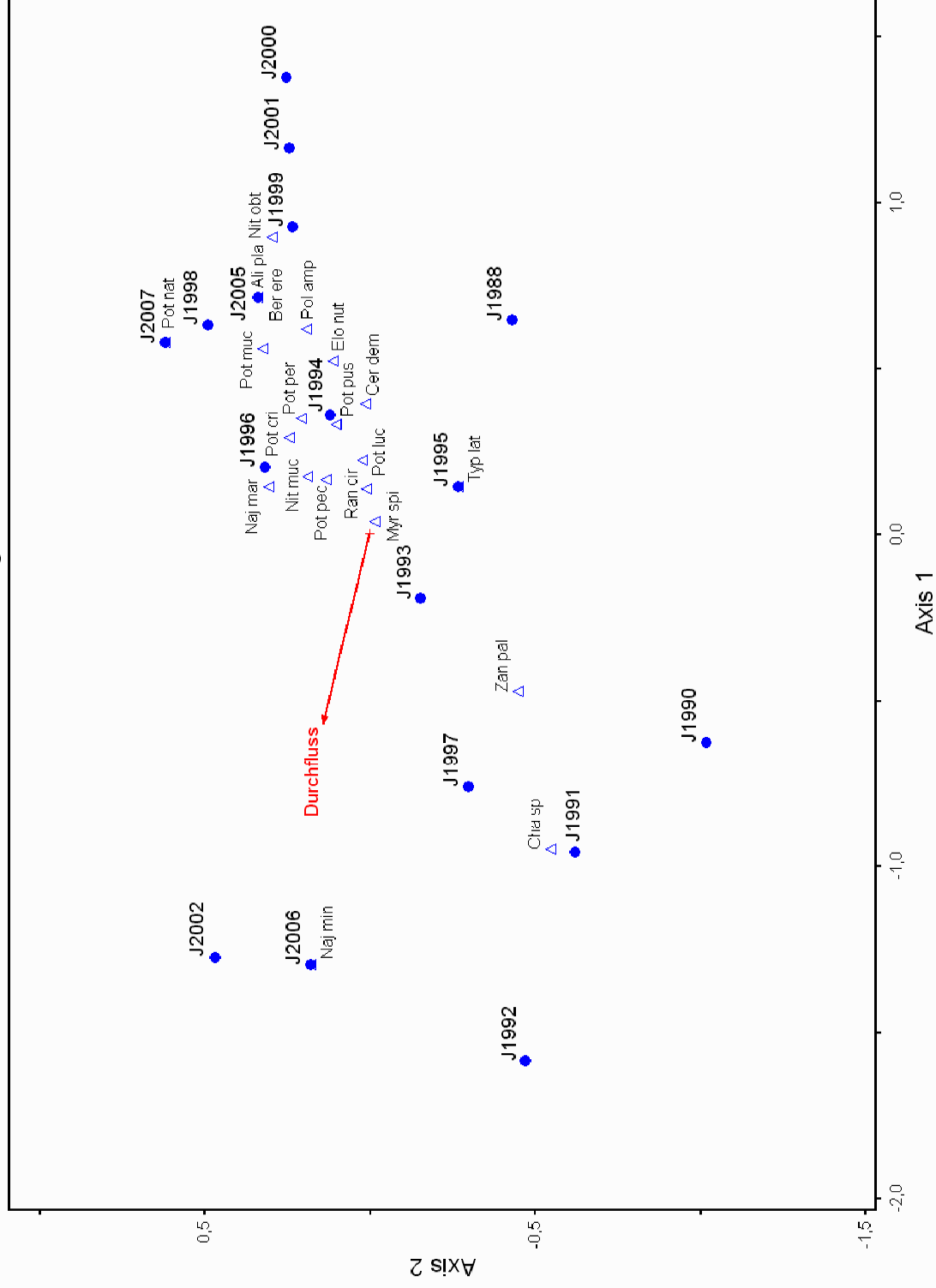


Abbildung 28. Ergebnis der NMDS für die Untere Stauhaltung. Extreme liegen links und rechts. Auf die Jahre und die Arten im linken Bereich des Diagramms war der Durchfluss der Hochwässer einflussreicher als auf die Pflanzenmengen als auf die Jahre und Arten im rechten Bereich.

3.3.2. Darstellung des CKI pro Untersuchungsabschnitt aller Saisonen beider Stauhaltungen

Um die Vegetationsdichte aller Pflanzenartenarten pro Jahr, Saison und Untersuchungsabschnitt auszuwerten, und um die Auswirkung der Hochwässer auf die Makrophytenbestände zu veranschaulichen wurde der Kumulative KOHLER Index berechnet. Die in den folgenden Absätzen in Klammer gestellten Zahlenwerte stellen die 5 Stufen des CKI dar.

In der Oberen Stauhaltung waren in der Saison A im Jahr 1997 und 2003 nur mäßig dichte Pflanzenbestände (3) zu sehen. In den Jahren 1998, 2000 und 2007 waren zum Teil dichte Pflanzenbestände (4) vorhanden. In den Jahren 2004 und 2005 wurden sehr dichte Pflanzenbestände (5) nachgewiesen. In der Saison B kamen in den Jahren 1995 und 1996 abschnittsweise bis zu sehr dichte Pflanzenbestände (5) vor. 1997 wurden in der Saison B stellenweise dichtere Pflanzenbestände (3) als in der Saison A (2) beobachtet, abschnittsweise schrumpfte der Bestand von einzelnen Pflanzenbeständen (2) auf einzelne Pflanzen (1). In den Jahren 1998, 2000 und 2003 wurden größere Pflanzenmengen als in der Saison A nachgewiesen. In den Jahren 1999, 2001 und 2002 war die Obere Stauhaltung in der Saison A wegen zu großer Trübung des Wassers nicht kartierbar. 1999 war in der Saison B das Kartieren in nur drei Abschnitten möglich, in welchen aber mäßig dichte (3) und dichte Pflanzenbestände (4) nachgewiesen wurden. In den Jahren 2001 und 2002 wurden einzelne Bestände (2) und mäßig dichte Pflanzenbestände (3) beobachtet. Im Jahr 2004 wurde in der Saison B insgesamt ein Zuwachs der Pflanzenmenge beobachtet. In der Saison C ist die Pflanzenmenge in den Jahren 1995 und 1996 im Vergleich zur Saison B angestiegen. Im Jahr 2007 blieb die Pflanzenmenge im Vergleich zur Saison A gleich. Im Jahr 1997 war in der Saison D die Pflanzenmenge wieder größer als in der Saison C. Die Jahre 1998, 2003 und 2004 hatten in der Saison D die größte Pflanzenmengen. In der Saison D 1999 war die Obere Stauhaltung wieder zum Großteil kartierbar. Es wurden in einem Abschnitt dichte Pflanzenbestände (4) nachgewiesen. Im Jahr 2000 nahm die Pflanzenmenge in der Saison D im Vergleich zur Saison B wieder ab. In den Jahren 2001 und 2002 war das Kartieren in der Saison D nur abschnittsweise möglich, 2002 wurden nur einzelne Pflanzen (1) und einzelne Pflanzenbestände (2) nachgewiesen. Im Jahr 2005 wurden in der Saison D geringere Pflanzenmengen nachgewiesen als in der

Saison A. Im Jahr 2006 war die Obere Stauhaltung in der Saison A nicht kartierbar. In der Saison D wurden einzelne Pflanzen, (1) einzelne Pflanzenbestände (2) und mäßig dichte Pflanzenbestände (3) nachgewiesen. In der Saison E nahmen die Pflanzenbestände der Jahre 1995 und 1996 im Vergleich zur Saison C wieder ab. Die Pflanzenmengen der Jahre 1998, 1999, 2000, 2003, 2004 und 2005 waren in der Saison E geringer als in der Saison D. Im Jahr 1997 kam in der Saison E die größte Pflanzenmenge vor. In den Jahren 2001 und 2002 waren in der Saison E wieder mehr Abschnitte kartierbar als in der Saison D, im Jahr 2001 waren einzelne Pflanzenbestände (2) und mäßig dichte Pflanzenbestände (3) zu sehen, im Jahr 2002 wurden nur einzelne Pflanzen (1) und einzelne Pflanzenbestände (2) nachgewiesen.

In der Unteren Stauhaltung stieg im Jahr 1988 die Pflanzenmenge in den Saisonen A, B, C und D kontinuierlich an. In der Saison E nahm sie wieder ab. Im Jahr 1990 wurde in den Saisonen A, C und E an vier bzw. drei Abschnitten kartiert. Es wurden mäßig dichte Pflanzenbestände (3), dichte Pflanzenbestände (4) und sehr dichte Pflanzenbestände (5) nachgewiesen. Im Jahr 1991 wurden in der Saison B großteils sehr dichte Pflanzenbestände (5) beobachtet. In der Saison C waren nur noch drei Abschnitte mit einzelnen Pflanzenbeständen (2) und einzelne Pflanzen (1) kartierbar. In der Saison D erholten sich die Makrophyten auf einzelne Pflanzenbestände (2), in Saison E waren wieder teilweise mäßig dichte Pflanzenbestände (3) zu sehen. Im Jahr 1992 wurde in den Saisonen A, B und D kartiert. Die Pflanzenmenge erreichte ihr Maximum in der Saison D. Im Jahr 1993 wurde in den Saisonen A, B, D und E kartiert und an allen Terminen wurden dichte (4) bis sehr dichte Pflanzenbestände (5) gefunden. Die Pflanzenmengen des Jahres 1994 waren ähnlich dem Jahr 1993. Kartiert wurde in den Saisonen A, B, C und E, außer in der Saison A gab es in jeder Saison sehr dichte Pflanzenbestände (5). In der Saison A in den Jahren 1995 und 2005 wurde die größte Pflanzenmenge nachgewiesen, in den Saisonen C, bzw. D und E nahmen die Pflanzenmengen jeweils ab. Im Jahr 1996 wurde in der Saison C die größte Pflanzenmenge nachgewiesen aber auch die Saison E war noch mit großen Pflanzenmengen bewachsen. Im Jahr 1997 war die Saison A die pflanzenmengenreichste Saison. In der Saison B waren nur noch einzelne Pflanzen, bis mäßig dichte Pflanzenbestände (3) vorhanden, doch in den Saisonen D und E wuchsen die Pflanzenmengen wieder

zu mäßig (3) bis dichte Pflanzenbestände (4) an. In den Jahren 1998, 1999 und 2003 war ein Zunehmen der Pflanzenmengen im Laufe des Jahres mit einem Maximum in der Saison D zu beobachten. Die Jahre 2000, 2001 und 2004 waren in allen Saisonen mit dichten (4) bis sehr dichten Pflanzenbeständen (5) bewachsen. In den Saisonen A und B im Jahr 2002 waren dichte Pflanzenbestände (4) nachzuweisen, in der Saison D waren nur noch in einem Abschnitt einzelne Pflanzen (1) zu beobachten, in der Saison E erholte sich der Bestand wieder auf einzelne Pflanzenbestände (2). Die Pflanzenmengen des Jahres 2006 hatten in der Saison D ihr Maximum, erreichten aber nur dichte Pflanzenbestände (4). Das Jahr 2007 war in der Saison C am pflanzenmengenreichsten, in der Saison E nahmen die Bestände wieder ab.

Tabelle 19. CKI Obere Stauhaltung Saison A. Die Werte beinhalten alle Pflanzenmengen aller Arten pro Abschnitt.

1 = Einzelpflanzen, 2 = einzelne Pflanzenbestände, 3 = mäßig dichte Pflanzenbestände, 4 = dichte Pflanzenbestände, 5 = sehr dichte Pflanzenbestände, flächendeckender bzw. Raum erfüllender Bewuchs

Jahr	Tag	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997	04.06.	2	2	3	2	3	3	2	2	2	2	3
1998	19.06.	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	2
1999	24.06.											
2000	19.06.	1	1	2	2	3	3	4	4	4	2	3
2001	20.06.											
2002	11.06.											
2003	11.06.	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	1
2004	04.06.	4	4	4	4	3	4	2	2	3	5	3
2005	04.06.	4	5	4	5	5	5	4	3	5	5	4
2006	14.06.											
2007	06.06.	3	3	4	4	4	2	2	1	3	4	3
StrKm		20,0	19,5	19,0	18,5	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,1	10,0

Tabelle 20. CKI Untere Stauhaltung Saison A. Die Werte beinhalten alle Pflanzenmengen aller Arten pro Abschnitt.

1 = Einzelpflanzen, 2 = einzelne Pflanzenbestände, 3 = mäßig dichte Pflanzenbestände, 4 = dichte Pflanzenbestände, 5 = sehr dichte Pflanzenbestände, flächendeckender bzw. Raum erfüllender Bewuchs

Jahr	Tag	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI
1988	13.06.	2	3	3	3	2	2	2	2	3	3
1989											
1990	29.06.	5			4			3			5
1991											
1992	01.07.	3	3	2	3	3	1	2	2	1	2
1993	14.06.	5	5	5	4		3	3	1	2	
1994	30.06.	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2
1995											
1996											
1997	02.06.	4	5	5	3	4	3	2	3	3	2
1998	18.06.	4	2	4	3	5	4	4	4	3	5
1999	23.06.	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
2000	15.06.	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
2001	12.06.	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
2002	06.06.	3	3	3	4	3	4	3	4	4	4
2003	05.06.	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2
2004	09.06.	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
2005	22.06.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2006	13.06.	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2
2007	05.06.	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4
StrKm		9,5	8,9	8,5	7,9	7,1	5,9	5	4,2	3,9	3

Tabelle 21. CKI Obere Stauhaltung Saison B. Die Werte beinhalten alle Pflanzenmengen aller Arten pro Abschnitt.

1 = Einzelpflanzen, 2 = einzelne Pflanzenbestände, 3 = mäßig dichte Pflanzenbestände, 4 = dichte Pflanzenbestände, 5 = sehr dichte Pflanzenbestände, flächendeckender bzw. Raum erfüllender Bewuchs

Jahr	Tag	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995	05.07.	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	
1996	03.07.	5	5	5	5	4	3	4	4	4	4	
1997	31.07.	3	3	3	2	3	2	1	1	1	1	3
1998	30.07.	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5
1999	30.07.								4	4		3
2000	31.07.	3	3	4	4	3	4	4	4	4	3	3
2001	31.07.	2	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2
2002	25.07.	2	2	2	3	2	3	3	3	3	3	
2003	25.07.	3	3	3	3	3	3	2	3	2	4	2
2004	29.07.	4	4	5	5	4	3	3	1	3	5	4
2005												
2006												
2007												
StrKm		20,0	19,5	19,0	18,5	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,1	11,5

Tabelle 22. CKI Untere Stauhaltung Saison B. Die Werte beinhalten alle Pflanzenmengen aller Arten pro Abschnitt.

1 = Einzelpflanzen, 2 = einzelne Pflanzenbestände, 3 = mäßig dichte Pflanzenbestände, 4 = dichte Pflanzenbestände, 5 = sehr dichte Pflanzenbestände, flächendeckender bzw. Raum erfüllender Bewuchs

Jahr	Tag	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI
1988	04.07.	5	5	3	4	3	4	3	3	4	4
1989											
1990											
1991	09.07.	5	5	5	4	4	3	5	5	5	4
1992	24.07.	4	4	4	3	3	2	2	2	2	2
1993	27.07.	5	5	4	4		2	2	2	2	
1994	28.07.	5	5	5	4	5	4	3	3	3	4
1995	04.07.	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5
1996	04.07.	4	4	4	3	4	4	4	4	4	5
1997	30.07.	3	3	2	2	2	2	2	1	3	3
1998	28.07.	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5
1999	29.07.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
2000	28.07.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2001	30.07.	4	5	4	5	4	5	5	5	5	4
2002	23.07.	4	4	4	3	3	4	3	4	2	3
2003	24.07.	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4
2004	27.07.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2005											
2006											
2007											
StrKm		9,5	8,9	8,5	7,9	7,1	5,9	5	4,2	3,9	3

Tabelle 23. CKI Obere Stauhaltung Saison C. Die Werte beinhalten alle Pflanzenmengen aller Arten pro Abschnitt.

1 = Einzelpflanzen, 2 = einzelne Pflanzenbestände, 3 = mäßig dichte Pflanzenbestände, 4 = dichte Pflanzenbestände, 5 = sehr dichte Pflanzenbestände, flächendeckender bzw. Raum erfüllender Bewuchs

Jahr	Tag	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI
1988													
1989													
1990													
1991													
1992													
1993													
1994													
1995	18.08.	5	5	5	5	5	4	4	4	4	2	3	4
1996	07.08.	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	2	4
1997													
1998													
1999													
2000													
2001													
2002													
2003													
2004													
2005													
2006													
2007	20.08.	4	4	4	3	3	2	2	1	2	4	4	3
StrKm		20,0	19,5	19,0	18,5	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,1	11,5	10,0

Tabelle 24. CKI Untere Stauhaltung Saison C. Die Werte beinhalten alle Pflanzenmengen aller Arten pro Abschnitt.

1 = Einzelpflanzen, 2 = einzelne Pflanzenbestände, 3 = mäßig dichte Pflanzenbestände, 4 = dichte Pflanzenbestände, 5 = sehr dichte Pflanzenbestände, flächendeckender bzw. Raum erfüllender Bewuchs

Jahr	Tag	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI
1988	03.08.	5	5	4	4	4	3	3	3	4	4		
1989													
1990	07.08.	5			5			3				4	
1991	19.08.	2	1		1								
1992													
1993													
1994	25.08.	5	5	4	5	5	4	3	4	3	4		
1995	16.08.	4	5	4	4	4	4	3	3	3	4		
1996	08.08.	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5		
1997													
1998													
1999													
2000													
2001													
2002													
2003													
2004													
2005													
2006													
2007	03.08.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
StrKm		9,5	8,9	8,5	7,9	7,1	5,9	5	4,2	3,9	3		

Tabelle 25. CKI Obere Stauhaltung Saison D. Die Werte beinhalten alle Pflanzenmengen aller Arten pro Abschnitt.

1 = Einzelpflanzen, 2 = einzelne Pflanzenbestände, 3 = mäßig dichte Pflanzenbestände, 4 = dichte Pflanzenbestände, 5 = sehr dichte Pflanzenbestände, flächendeckender bzw. Raum erfüllender Bewuchs

Jahr	Tag	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	Cki
1988													
1989													
1990													
1991													
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997	03.09.	3	3	2	2	3	3	3	4	2	2		3
1998	03.09.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
1999	07.09.				3	3	3	3	4	3	2	3	3
2000	12.09.	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	4
2001	13.09.									3	3	2	3
2002	19.09.			1				2		1			
2003	16.09.	2	3	3	4	3	3	3	2	3	4	3	3
2004	22.09.	4	5	5	5	5	5	3	2	5	5	4	3
2005	22.09.	3	2	3	3	2	2	3		3	3	4	3
2006	15.09.	2	2	2	1	1	1	1		1	2	2	3
2007													
StrKm		20,0	19,5	19,0	18,5	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,1	11,5	10,0

Tabelle 26. CKI Untere Stauhaltung Saison D. Die Werte beinhalten alle Pflanzenmengen aller Arten pro Abschnitt.

1 = Einzelpflanzen, 2 = einzelne Pflanzenbestände, 3 = mäßig dichte Pflanzenbestände, 4 = dichte Pflanzenbestände, 5 = sehr dichte Pflanzenbestände, flächendeckender bzw. Raum erfüllender Bewuchs

Jahr	Tag	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI
1988	08.09.	5	5	5	5	4	3	3	3	3	3	4
1989												
1990												
1991	11.09.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1992	30.09.	5	5	5	4	4	2	2	2	2	2	2
1993	15.09.	5	5	5	5		3	2	2	2	2	
1994												
1995												
1996												
1997	02.09.	3	3	3	2	3	2	2	2	2	3	3
1998	01.09.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
1999	01.09.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2000	05.09.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2001	12.09.	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2002	17.09.								1			
2003	09.09.	4	5	5	5	4	5	5	4	4	5	5
2004	14.09.	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
2005	13.09.	5	5	4	4	3	3	5	5	5	4	4
2006	06.09.	3	3	4	4	3	3	3	4	3	2	2
2007												
StrKm		9,5	8,9	8,5	7,9	7,1	5,9	5	4,2	3,9	3	

Tabelle 27. CKI Obere Stauhaltung Saison E. Die Werte beinhalten alle Pflanzenmengen aller Arten pro Abschnitt.

1 = Einzelpflanzen, 2 = einzelne Pflanzenbestände, 3 = mäßig dichte Pflanzenbestände, 4 = dichte Pflanzenbestände, 5 = sehr dichte Pflanzenbestände, flächendeckender bzw. Raum erfüllender Bewuchs

Jahr	Tag	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI
1988													
1989													
1990													
1991													
1992													
1993													
1994													
1995	12.10.	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	2	3
1996	10.10.	5	4	4	4	4	4	3	2	2	2	3	3
1997	29.10.	3	4	4	4	4	3	4	4	3	2		4
1998	02.10.	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	3	4
1999	08.10.				2	2	2	2	2	2	2	2	3
2000	12.10.	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4
2001	11.10.							2	2	2	2	2	3
2002	23.10.				1		1		1		2		
2003	23.10.	3	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2
2004	14.10.	4	4	5	5	4	4	3	2	5	5	3	4
2005	14.10.	2	1	2	1	1	1	1	1	2	3	2	2
2006													
2007													
StrKm		20,0	19,5	19,0	18,5	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,1	11,5	10,0

Tabelle 28. CKI Untere Stauhaltung Saison E. Die Werte beinhalten alle Pflanzenmengen aller Arten pro Abschnitt.

1 = Einzelpflanzen, 2 = einzelne Pflanzenbestände, 3 = mäßig dichte Pflanzenbestände, 4 = dichte Pflanzenbestände, 5 = sehr dichte Pflanzenbestände, flächendeckender bzw. Raum erfüllender Bewuchs

Jahr	Tag	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI	CKI
1988	20.10.	5	5	5	5	4	2	2	2		
1989											
1990	17.10.	5			4			3			
1991	16.10.	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2
1992											
1993	11.10.	4	4	4	4		2	2	2	2	
1994	11.10.	5	5	4	5	5	4	4	3	3	3
1995	13.10.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
1996	11.10.	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4
1997	02.10.	3	4	4	3	4	3	3	3	4	4
1998	01.10.	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4
1999	01.10.	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5
2000	06.10.	4	5	4	4	5	5	5	5	4	5
2001	10.10.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2002	22.10.		1	1	1	1	2	1	2	1	1
2003	21.10.	3	3	4	4	3	4	4	3	4	3
2004	12.10.	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
2005	17.10.	4	4	4	4	3	3	5	5	4	4
2006	25.10.	2	2	4	4	3	3	2	2	2	2
2007	03.10.	4	4	2	2	3	3	3	3	3	3
Strkm		9,5	8,9	8,5	7,9	7,1	5,9	5	4,2	3,9	3

3.3.3. Darstellung über das Vorkommen der Arten in den Saisonen der Jahre mit großen Hochwässern

Tabelle 29 veranschaulicht die Auswirkungen der großen Hochwässer der Jahre 1991, 1997, 2002, 2005, 2006 und 2007 auf das Vorkommen der Makrophytenarten.

Im Jahr 1991 wurden in der Unteren Stauhaltung vor dem Hochwasser 8 Arten nachgewiesen, während nach dem Hochwasser nur noch 3 dieser Arten nachgewiesen werden konnten.

Im Jahr 1997 traten in der Oberen Stauhaltung 9 Arten vor dem Hochwasser auf und in der Unteren Stauhaltung 7 Arten. Nach dem Hochwasser stieg die Artenzahl in der Oberen Stauhaltung auf insgesamt 11 Arten und in der Unteren Stauhaltung auf insgesamt 10 Arten an.

Im Jahr 2002 traten zwischen den beiden großen Hochwässern in der Oberen Stauhaltung 5 Arten und in der Unteren Stauhaltung 11 Arten auf. Nach dem zweiten großen Hochwasser reduzierte sich die Anzahl der Arten in der Oberen Stauhaltung auf 3 Arten und in der Unteren Stauhaltung auf 5 Arten.

Im Jahr 2005 verringerten sich die Artenzahlen beider Stauhaltungen von 13 Arten auf 8 Arten in der Oberen Stauhaltung und von 15 Arten auf 10 Arten in der Unteren Stauhaltung.

Im Jahr 2006 konnte in der Oberen Stauhaltung aufgrund von zu starker Trübung des Wassers zwischen den beiden großen Hochwässern nicht kartiert werden, nach dem Hochwasser wurden 9 Arten nachgewiesen. In der Unteren Stauhaltung stieg nach dem zweiten Hochwasser die Artenzahl von 8 auf 10 Arten an.

Im Jahr 2007 wurde in der Oberen Stauhaltung nur vor dem Hochwasser kartiert. Hierbei wurden 10 Arten nachgewiesen. In der Unteren Stauhaltung verringerte sich die Artenzahl von 13 Arten auf 7 Arten.

Tabelle 29. Das Vorkommen der Arten beider Stauhaltungen vor und nach den großen Hochwässern der Jahre 1991, 1997, 2002, 2005, 2006 und 2007. Grün: die Art wurde in der Saison nachgewiesen, blaue Säule: Hochwasser

Jahr		Obere Stauhaltung										Untere Stauhaltung									
		1997					2002					2005					2006				
Saison		A	HW	B	D	E	HW	A	B	D	E	A	HW	D	E		HW	A	D	E	
Ali pla																					
Ber ere																					
Cer dem																					
Cha sp																					
Elo nut																					
Myr spi																					
Naj mar																					
Naj min																					
Nit muc																					
Nit obt																					
Pol amp																					
Pot cri																					
Pot luc																					
Pot muc																					
Pot nat																					
Pot pec																					
Pot per																					
Pot pus																					
Ran aqu																					
Ran cir																					
Sch lac																					
Sch lac																					
Typ lat																					
Zan pal																					

Jahr		Obere Stauhaltung										Untere Stauhaltung									
		1991					1997					2002					2005				
Saison		B	HW	C	D	E	A	HW	B	D	E	HW	A	B	D	E	A	HW	D	E	
Ali pla																					
Ber ere																					
Cer dem																					
Cha sp																					
Elo nut																					
Myr spi																					
Naj mar																					
Naj min																					
Nit muc																					
Nit obt																					
Pol amp																					
Pot cri																					
Pot luc																					
Pot muc																					
Pot nat																					
Pot pec																					
Pot per																					
Pot pus																					
Ran aqu																					
Ran cir																					
Sch lac																					
Sch lac																					
Typ lat																					
Zan pal																					

3.4. Korrelationsanalyse der Pflanzenmengen von Herbst und Frühjahr des Folgejahres

In der Oberen Stauhaltung korrelieren die Pflanzenmengen der häufigen Arten in den Herbstsaisons mit den Pflanzenmengen der häufigen Arten in den Frühjahrssaisons des Folgejahres signifikant ($p = 0,006$) positiv. Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = 0,913$ und das Bestimmtheitsmaß $r^2 = 0,833$ (siehe Abbildung 29).

In der Unteren Stauhaltung korrelieren die Pflanzenmengen der Herbstsaisons nicht signifikant mit den Pflanzenmengen der Frühjahrssaisons des Folgejahres ($p = 0,056$) der Korrelationskoeffizient beträgt $r = 0,462$ und das Bestimmtheitsmaß $r^2 = 0,214$. (siehe Abbildung 30).

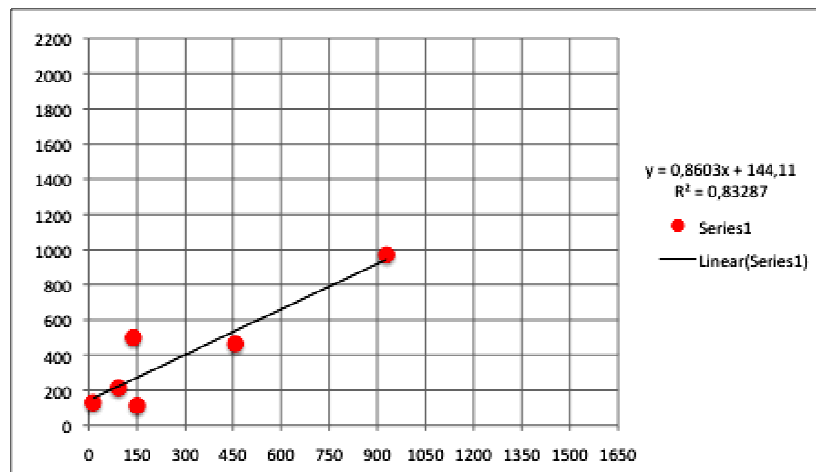


Abbildung 29. Korrelationsdiagramm der Pflanzenmengen Herbst/Frühjahr des Folgejahres (Obere Stauhaltung)

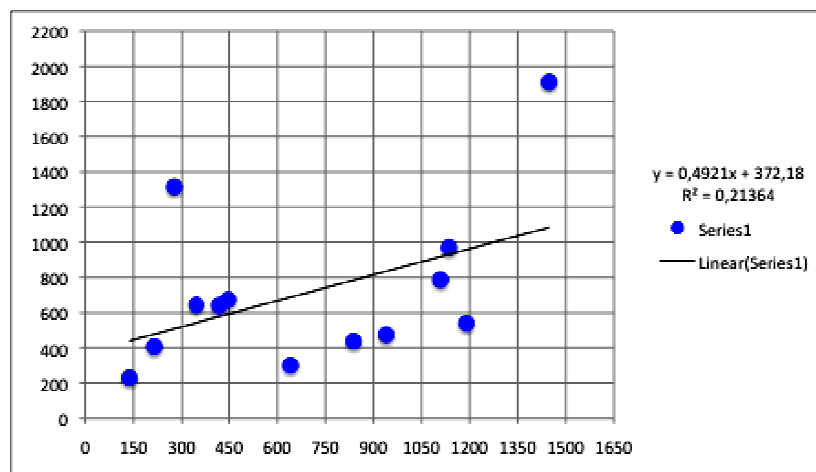


Abbildung 30. Korrelationsdiagramm der Pflanzenmengen Herbst/Frühjahr des Folgejahres (Untere Stauhaltung)

4. Diskussion

Da in der Neuen Donau große Wasserpflanzenbestände nachgewiesen werden konnten, welche regelmäßig von Hochwasserwellen vernichtet wurden und sich anschließend neu ansiedelten, war sie bestens geeignet, den Einfluss von Hochwässern auf die Sukzession der Makrophyten zu untersuchen. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde untersucht, wie sich der Makrophytenbestand in den Jahren 1988 bis 2007 verändert hat und welchen Einfluss Hochwässer auf die Arten und die Pflanzenmengen hatten. Die für diese Untersuchungen notwendigen Daten wurden einerseits durch Kartieren selbst erhoben, oder von anderer Seite zur Verfügung gestellt (Hochwasserdaten: Magistratsabteilung 45 der Stadt Wien; Makrophytendaten früherer Jahre: Dr. Ulrike Wychera).

Im Folgenden werden die einzelnen Hypothesen dieser Arbeit gesondert diskutiert.

4.1. Sind die einzelnen Jahre in Hinblick auf ihre Arten und deren Pflanzenmengen vergleichbar, welche Jahre waren artenreich bzw. artenarm?

4.1.1. Obere Stauhaltung

Die signifikante Verschiedenheit der Jahre machten das Auftreten der Arten mit niedrigerer Frequenz (NF) aus, sowie das Vorhandensein von Indikatorarten für die einzelnen Jahre und die unterschiedliche Abundanz der Arten. Die signifikante Ähnlichkeit der Jahre kam durch das Auftreten derselben Arten in ähnlicher Abundanz zustande. In der Oberen Stauhaltung unterschieden sich die ersten Jahre des Untersuchungszeitraumes 1995 bis 1998 weitgehend signifikant von den späteren Jahren. Das Jahr 2004 bildete eine Ausnahme und unterschied sich ebenso signifikant von fast allen anderen Jahren. Die Hochwasserjahre 1997, 2002 und 2005 wiesen signifikante Ähnlichkeiten auf, welche durch dieselben Arten in ähnlicher Abundanz zu erklären sind (Arten, welche 2002 und 1997 auftraten wurden auch 2005 nachgewiesen). Das Auftreten und die Abundanz der Arten variierte vermehrt in den ersten Jahren des Untersuchungszeitraumes wodurch die Unähnlichkeit dieser Jahre erklärbar ist.

Die Ordination zeigt, dass signifikant ähnliche Jahre näher beieinander liegen: das bedeutet, dass die Auswirkung der Hochwässer neben den nachgewiesenen Arten und den Pflanzenmengen ausschlaggebend für die Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit der einzelnen Jahre waren.

4.1.2. Untere Stauhaltung

In der Unteren Stauhaltung lässt sich kein Muster erkennen, warum manche Jahre anderen Jahren signifikant ähnlich waren oder nicht: will man die Unterschiede der Jahre bei den seltenen Arten finden, war keine Eindeutigkeit feststellbar. Die Indikatorarten waren in der Unteren Stauhaltung ebenfalls nicht ausschlaggebend für eine statistisch signifikante Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit. Vermutet man die Unterschiede in den Pflanzenmengen zu finden, so waren auch hier keine Gemeinsamkeiten der signifikant ähnlichen Jahre zu erkennen. Nicht alle Hochwasserjahre (1991, 1997, 2002, 2005, 2006 und 2007) waren einander signifikant ähnlich. So war der Hochwassereinfluss nicht die Hauptursache für die signifikante Ähnlichkeit, bzw. Unähnlichkeit: in der Ordination sind unähnliche Jahre nicht zwingend stärker voneinander getrennt, oder ähnliche Jahre näher beieinander.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die signifikanten Unterschiede der Jahre in der Oberen Stauhaltung durch die untersuchten Parameter eindeutiger und extremer als in der Unteren Stauhaltung zu beschreiben sind. In der Unteren Stauhaltung sind die signifikanten Unterschiede oder Gemeinsamkeiten durch die ausgewerteten Ergebnisse in dieser Arbeit nicht in einfacher Weise erklärbar.

4.2. Welche Dominanz und Frequenz kommt den nachgewiesenen Arten im Untersuchungszeitraum zu?

Die Arten *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum* und *Elodea nuttallii* wurden in beiden Stauhaltungen in hoher Frequenz nachgewiesen und erwiesen sich als hoch konstante Florenelemente.

Ceratophyllum demersum hat keine Wurzeln und ist auch noch in relativ stark belasteten Gewässern anzutreffen (Krausch, 1996). Oft findet man diese Art in anderen Arten verstrickt lebend (Westlake, 1975). Diese Eigenschaft könnte ihr Auftreten in hoher Frequenz in den beiden Stauhaltungen erklären.

Bei der genauen Artenanalyse über die Relative Pflanzenmenge und die Mittleren Mengenindizes zeigte sich, dass *Elodea nuttallii* sich nicht nur als stetig erwies sondern auch in Verbreitung und Pflanzenmenge dominierte. Als Gründe für das häufige Auftreten von *Elodea nuttallii* in den Untersuchungsjahren kommen folgende Eigenschaften in Frage: diese Art wächst in nährstoffreichen Gewässern und verträgt leichte Belastung (Krausch, 1996), kommt ursprünglich aus Nordamerika und hat die Fähigkeit zur raschen Verbreitung und Kolonisation. Sie ist bekannt für ihr aggressives vegetatives Wachstum, ihre Triebe breiten sich u.a. auf der Wasseroberfläche aus (Thiébaud, 2005; Wang et al., 2010). Außerdem hat *Elodea nuttallii* Allelochemikalien in den Blättern eingelagert, welche die Pflanze vor Herbivorenfraß schützt, was somit vorteilhaft für die Ausbreitung der Art ist (Erhard et al., 2007).

Myriophyllum spicatum hat lange und flexible Stängel und kommt im Freiwasser von Seen und Flüssen vor (Westlake, 1975). Das Tausendblatt ist unempfindlich gegen mäßige Verschmutzung und kommt auch in Gewässern mit geringer Sichttiefe vor (Krausch, 1996). Das kann das stetige Auftreten dieser Art in der gesamten Neuen Donau erklären, deren Wasserkörper oft durch Hochwässer getrübt ist. Außerdem erträgt *Myriophyllum spicatum* Strömung und Windausgesetztheit (Schratt-Ehrendorfer, 1999) und kommt oft an Standorten mit häufigen Störungen vor (Barrat-Segretain et al., 1999). Diese Eigenschaften erwiesen sich für die Art in der Neuen Donau als vorteilhaft.

Najas marina trat in beiden Stauhaltungen ebenso in hoher Frequenz auf. In der Oberen Stauhaltung trat sie ab dem Jahr 2000 in jedem Jahr auf, in der Unteren Stauhaltung fehlte sie in manchen Jahren. In den Verbreitungsdiagrammen ist zu sehen, dass *Najas marina* zwar fast in der ganzen Stauhaltung auftrat, aber in größerer Abundanz in der Nähe des Einlaufbauwerks und des Wehr 2. Das könnte damit zusammenhängen, dass *Najas marina* keine Strömung verträgt und eher strömungsgeschützte Standorte besiedelt. Außerdem ist *Najas marina* Wärme liebend und von Jahr zu Jahr in der Menge schwankend (Krausch, 1996). Das könnte eine Erklärung für das Fehlen der Art in manchen Jahren in der Unteren Stauhaltung sein.

Die beiden Laichkräuter *Potamogeton lucens* und *Potamogeton pusillus* waren in beiden Stauhaltungen mit mittlerer Frequenz vertreten. In der Unteren Stauhaltung trat, vermutlich wegen der sich häufenden Hochwasserereignisse, *Potamogeton*

lucens nur am Anfang der Untersuchungsperiode jährlich auf. Beide Arten sind eher in Gewässern anzutreffen die weniger stark und oft von Störungen betroffen sind, da sie ein eher niedriges Regenerations- und Kolonisationspotential haben (Barrat-Segretain et al., 1999). Eine weitere Analyse der möglichen Mikrohabitate dieser beiden Arten, z.B. Ufernähe, könnte in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Zannichellia palustris wird häufig als Verschmutzungszeiger bezeichnet (Casper und Krausch, 1980). In neueren Untersuchungen wurde *Zannichellia palustris* sowohl in oligothropen also auch in eutrophen Gewässern nachgewiesen (Janauer und Dokulil, 2006). Daher wäre für diese Art, die in dieser Untersuchung nur in niedriger Frequenz nachgewiesen wurde, die mesotroph bis schwach eutrophe Neue Donau als Standort optimal.

Chara sp wurde in der Oberen Stauhaltung nur in niedriger Frequenz nachgewiesen. Bei der genauen Analyse über die Relative Pflanzenmenge war *Chara sp* in der getesteten Saison C im Jahr 1996 jedoch in jedem Abschnitt anzutreffen und machte die größte Pflanzenmenge aus. Da das Makrophytenwachstum in der Oberen Stauhaltung erst 1995 merklich begann, könnte die Eigenschaft von Characeen, oft als Primärbesiedler in ursprünglich leeren Gewässern aufzutreten, die Ursache für das starke Aufkommen in diesem Jahr sein. (Krause, 1981; Linne von Berg und Melkonian, 2004).

Schoenoplectus lacustris (Obere Stauhaltung), *Alisma plantago aquatica*, *Ranunculus aquatilis* und *Typha latifolia* (Untere Stauhaltung) waren nieder frequente Arten, die teilweise in nur einem Jahr auftraten.

Schoenoplectus lacustris, *Alisma plantago aquatica* und *Typha latifolia* wachsen vorwiegend an Ufern auf Sand- und Schlamm Böden (Krausch, 1996). Dadurch, dass die Ufer der Neuen Donau hauptsächlich aus Blockwurf und betonierten Befestigungen bestehen wurde das Aufkommen dieser Arten erschwert. *Schoenoplectus lacustris* hat 50% seiner Biomasse in verholzten Rhizomen und überdauert über fünf Jahre (Westlake, 1975), daher ist es verwunderlich, dass diese Art in nur einem Jahr nachgewiesen wurde und dann nicht mehr auftrat.

Ranunculus aquatilis wurde nur in der Unteren Stauhaltung im Jahr 2003 nachgewiesen. Da die Art konkurrenzschwach ist und oft in ausgeräumten Gräben anzutreffen ist (Krausch, 1996), ist wohl die Bestandsdezimierung im Jahr 2002 nach den großen Hochwässern der Grund für das einmalige Auftreten.

4.3. Wird die Pflanzenmenge durch Hochwässer beeinflusst, wie verändert sich die Artenzusammensetzung und welche Arten etablieren sich als Erste nach Hochwasserdurchgang?

4.3.1. Auswirkung der Hochwasserereignisse auf die Pflanzenmengen

In den Jahren 1991 (August), 1997 (Juli), 2002 (August), 2005 (Juli), 2006 (August) und 2007 (September) traten große Hochwässer (Hochwassermächtigkeit im Kapitel Methoden erklärt) während der Vegetationsperiode auf, in den Jahren 1996 (Oktober), 2002 (März) und 1996 (März/April) aber außerhalb der Vegetationsperiode; in jedem Fall wurde das Fluten der Neuen Donau notwendig.

Im Jahr 1991 ereignete sich ein großes Hochwasser Anfang August. Die größte Durchflussmenge war 2545 m³/s, die gesamte Wassermenge 561 mio. m³ und das Hochwasser dauerte sechs Tage. In der Unteren Stauhaltung (die Obere Stauhaltung wurde erst ab 1995 kartiert) reduzierten sich die Pflanzenmengen von der Saison B zur Saison C sehr stark und eine Zunahme der Pflanzenmengen erfolgte erst allmählich wieder in den Saisonen D und E.

Im Jahr 1997 ereigneten sich zwei große Hochwässer im Juli. Die größten Durchflussmengen der Hochwässer waren 900 m³/s bzw. 1030 m³/s. Die gesamten Wassermengen waren jedoch nur 100 mio. m³ und 99 mio. m³ und die Hochwässer dauerten nur vier bzw. fünf Tage an. In beiden Stauhaltungen war ein Rückgang der Pflanzenmengen von der Saison A zur Saison B zu sehen und ein Anstieg in den späteren Saisonen D und E. Die geringe Pflanzenmenge in der Saison B ist durch das große Hochwasser im Juli nachzuvollziehen. Allerdings war die Hochwasserwelle deutlich geringer als im Jahr 1991 wodurch eine geringere Dezimierung und raschere Erholung der Pflanzenmengen zustande kamen. Offenbar spielt die Durchflussmenge, die gesamte Wassermenge und die Dauer der Hochwässer hier eine entscheidende Rolle.

Im Jahr 2002 gab es drei große Hochwässer. Das erste ereignete sich im März (sieben Tage Dauer, 2500 m³/s Durchfluss, 705 mio. m³ Gesamtwassermenge) vor der Untersuchungsperiode. Das zweite und das dritte Hochwasser ereigneten sich im August und dauerten drei bzw. sechs Tage mit hohen Durchflussmengen und gesamt Wassermengen (1910 m³/s bzw. 3140 m³/s Durchfluss, 203 mio. m³ bzw. 1011 mio. m³ Gesamtwassermenge). Die Obere Stauhaltung war in der Saison A in diesem Jahr aufgrund von zu starker Trübung des Wassers, womöglich verursacht

durch das große Hochwasser im März, nicht kartierbar. In der Unteren Stauhaltung waren in der Saison A noch teilweise dichte Pflanzenbestände vorhanden. Der zweite Kartierungstermin lag im Juli (Saison B), wobei in der Oberen Stauhaltung mäßig dichte und in der Unteren Stauhaltung dichte Pflanzenbestände zu verzeichnen waren. Nach den beiden großen Hochwässern im August, wurden beim dritten Kartierungstermin (Saison D) in beiden Stauhaltungen kaum Bestände gesichtet, und diese hatten sich auch bis zum vierten Kartierungstermin im Oktober nicht maßgeblich erholt. Aufgrund der Häufigkeit und der Stärke der Hochwässer war in diesem Jahr keine vollständige Regeneration der Pflanzenbestände möglich. Aber auch ein Grund für das Ausbleiben der vollständigen Erholung der Pflanzen könnte der Zeitpunkt des letzten großen Hochwassers gewesen sein, welches spät in der Vegetationsperiode auftrat. Außerdem ist eine Erholung der Bestände im Oktober, aufgrund der niedrigen Wassertemperaturen, nicht mehr zu erwarten.

Im Jahr 2005 trat im Juli ein großes Hochwasser (vier Tage Dauer, Durchfluss 1140 m³/s, 139 mio. m³ Gesamtwassermenge) auf und zwei kleine im August. Die gesamte Untere Stauhaltung und stellenweise die Obere Stauhaltung der Saison A des Jahres 2005 waren von flächendeckendem, raumerfüllendem Bewuchs (sehr dichten Pflanzenbeständen) besiedelt. Der zweite Kartierungstermin lag erst im September, nach dem großen Hochwasser im Juli und den kleinen Hochwässern im August. Die Auswirkungen der kleinen Hochwässer waren allerdings eher gering, da in der Saison D in beiden Stauhaltungen mäßig dichte bis dichte (Obere Stauhaltung) und sehr dichte (Untere Stauhaltung) Pflanzenmengen vorhanden waren.

Im Jahr 2006 ereignete sich das erste große Hochwasser (Durchfluss 1940 m³/s - Daten über die gesamte Wassermenge der Jahre 2006 und 2007 fehlen) und drei weitere kleine Hochwässer vor der Untersuchungsperiode (März, April und Mai). Das zweite große Hochwasser (Durchfluss 1890 m³/s) trat im August auf. Die Obere Stauhaltung war in der Saison A aufgrund von Trübung, vermutlich verursacht durch die ersten drei Hochwässer, nicht kartierbar. In der Unteren Stauhaltung wurden im Vergleich zum Vorjahr deutlich geringere Pflanzenmengen (mäßig dichte Pflanzenbestände) in dieser Saison nachgewiesen. Beim zweiten Kartierungstermin im September wurden in der Oberen Stauhaltung fast nur einzelne Pflanzenbestände nachgewiesen und auch in der Unteren Stauhaltung war noch die Auswirkung der Hochwässer auf die Pflanzenbestände zu sehen (abschnittsweise mäßig dichte bis dichte Pflanzenbestände), welche im Vergleich zum Vorjahr ebenfalls geringer

waren. Sowohl die Hochwässer vor der Untersuchungsperiode, als auch das große Hochwasser im August wirkten nachteilig auf die Makrophytenbestände.

Im Jahr 2007 ereignete sich das erste große Hochwasser (Durchfluss 2050 m³/s) erst im September. Die Pflanzenbestände der Oberen Stauhaltung waren in beiden kartierten Saisonen (A und C) etwa gleich (abschnittsweise Einzelpflanzen bis dichte Pflanzenbestände). In der Unteren Stauhaltung waren in den beiden Saisonen dichte bis ausschließlich sehr dichte Pflanzenbestände (flächendeckender, raumerfüllender Bewuchs - Saison C) zu verzeichnen. In der letzten Saison (Saison E) wurden abschnittsweise einzelne Pflanzen bis dichte Pflanzenbestände nachgewiesen. Der Rückgang der Pflanzenmengen in dieser Saison ist auf die Hochwässer zurückzuführen, aber auch auf das Ende der Vegetationsperiode.

Die Auswirkungen der Hochwasserereignisse waren je nach Stärke, Dauer und Durchflussmenge unterschiedlich. Aber auch der Zeitpunkt des Hochwassers in der Vegetationsperiode war ausschlaggebend, ob sich die Pflanzenbestände nach dem Hochwasser erholten oder nicht. Waren die Hochwässer zwar groß, aber weniger stark (mit geringerer Durchflussmenge), so bewirkten sie eine Zunahme der Pflanzenmenge.

4.3.2. Veränderung der Artenzusammensetzung durch Hochwässer

Im Jahr 1997 wirkte sich das große Hochwasser im Juli positiv auf die Artenvielfalt aus: in beiden Stauhaltungen stieg die Artenzahl in den Saisonen D und E an. Das Hochwasser ereignete sich in der Vegetationsperiode früh genug, um den Makrophyten Zeit zur Erholung zu gewähren.

Im Jahr 2002 nahm die Anzahl der Arten nach den Hochwässern in beiden Stauhaltungen stark ab. Die Störung war zu stark, es konnte kein Anstieg der Artenzahlen verzeichnet werden.

Im Jahr 2005 reduzierte sich die Anzahl der Arten nach den Hochwässern im Juli und August in beiden Stauhaltungen obwohl die nachgewiesenen Arten mäßig dichter bis sehr dichter Pflanzenbestände im September aufwiesen. Gegensätzlich zum Jahr 1997 konnte sich die Vegetation erst in der Saison D erholen. So blieb die Artenzahl gering, vermutlich durch die niedrigeren Temperaturen im September. Doch auch die dichten Pflanzenbestände könnten das Auftreten von neuen Arten erschwert haben.

Im Jahr 2006 waren zwar geringere Pflanzenmengen vorhanden, aber die Artenzahl stieg in der Saison D nach dem großen Hochwasser im August an. Das Hochwasser ereignete sich Anfang August, früh genug, um die Regeneration der Arten zu gewähren, die geringen Pflanzenmengen wirkten dem positiv entgegen.

Im Jahr 2007 sank die Artenzahl nach dem Hochwasser im September. Die Gründe waren die Stärke des Hochwassers aber vermutlich auch die niedrigen Temperaturen, die das Regenerieren und Kolonisieren der Arten in der Saison D erschwerten.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gesehen stieg die Artenanzahl der Unteren Stauhaltung trotz der vermehrt aufgetretenen Hochwässer der letzten Jahre tendenziell an. In der Oberen Stauhaltung war zumindest kein deutlicher Rückgang der Artenanzahl zu verzeichnen.

Somit ist die Theorie bestätigt, dass Störungen eine Schlüsselrolle in ökologischen Systemen spielen und die Artenvielfalt positiv beeinflussen können. Störungen verändern die physikalische Umwelt und die Verteilung der Ressourcen und beeinflussen so die Abundanz und Verteilung von Populationen (Pickett und White, 1985). Viele Makrophytenarten können nach anthropogenen Störungen, aber auch Hochwässern, wieder stark auftreten (Westlake, 1975). In Ökosystemen, welche oft von Störungen betroffen sind, sind die Arten zumeist besser an die Störungen angepasst und kommen rascher wieder auf, hingegen in selten gestörten Ökosystemen kann die Erholung sehr lange dauern (Barrat-Segretain und Amoros, 1995).

4.3.3. Welche Arten kamen zuerst nach Hochwasserdurchgang

Myriophyllum spicatum wurde nach jedem Hochwasser als eine der ersten Arten nachgewiesen. *Potamogeton crispus* und *Potamogeton pectinatus* waren unter den ersten Arten, die sich nach den massivsten Hochwässern der Jahre 1991 und 2002 etablierten. *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton mucronatus* und *Potamogeton perfoliatus* zählten im Jahr 2002 in der Unteren Stauhaltung ebenso zu den ersten der aufkommenden Arten. *Chara sp* (1991), *Alisma plantago aquatica* (2005) und *Berula erecta* (2005) wurden im Jahr ihres Auftretens nach dem Hochwasser nicht mehr nachgewiesen. Im Laborexperiment erwiesen sich *Myriophyllum spicatum* und *Ceratophyllum demersum* als widerstandsfähig, mit

hohem Regenerations- und Kolonisationspotential nach Störungen (Barrat-Segretain et al., 1999).

Bei der genauen Analyse der relativen Pflanzenmengen konnten im Hinblick auf die Artenzusammensetzung und die Pflanzenmengen keine Unterschiede in Bezug darauf festgestellt werden, ob das Vorjahr hochwasserreich gewesen war oder nicht.

4.4. Korrelierten die Pflanzenmengen der Herbstsaison mit den Pflanzenmengen im Frühjahr der Folgejahre?

In der Oberen Stauhaltung korrelierten die Pflanzenmengen der Frühjahrssaison (A) mit der Herbstsaison (E) des Vorjahres signifikant positiv. War also von einer häufigen Art im Herbst eine große Pflanzenmenge vorhanden, so wurde auch in der Frühjahrssaison des Folgejahres von dieser Art eine hohe Pflanzenmenge nachgewiesen und umgekehrt. In der Unteren Stauhaltung besteht kein statistisch signifikanter Zusammenhang.

4.5. Inwiefern unterscheiden sich die beiden Stauhaltungen der Neuen Donau in Bezug auf die Artenzusammensetzung und die Pflanzenmengen?

Obwohl die Neue Donau als zusammenhängendes Gewässer wahrgenommen wird und nur durch das Wehr 1 in die beiden Stauhaltungen getrennt ist, sind bedeutende Unterschiede zwischen den beiden Wasserkörpern in Hinblick auf die Makrophytenbesiedlung gegeben.

Die Obere Stauhaltung erwies sich als die „instabilere“ Stauhaltung. Große Hochwässer hatten in der Oberen Stauhaltung eine größere Dezimierung der Pflanzenmenge und der Artenzahl zur Folge als in der Unteren Stauhaltung. In der Oberen Stauhaltung wurden 17 Arten nachgewiesen, in der Unteren Stauhaltung hingegen insgesamt 22 Arten. Die maximale Artenzahl pro Jahr war in der Oberen Stauhaltung mit 14 Arten niedriger als in der Unteren Stauhaltung mit 16 Arten. Außerdem wurde in der Oberen Stauhaltung in jedem Jahr in fast jeder Saison weniger Pflanzenmenge nachgewiesen als in der Unteren Stauhaltung. Auch war die

Obere Stauhaltung mehrmals wegen zu starker Trübung des Wassers nicht kartierbar.

Der Impact des Einströmens der Hochwässer in die Obere Stauhaltung zeigt eine stärkere Auswirkung als in der Unteren Stauhaltung, die bereits mehrere Kilometer flussab im Gerinne beginnt. Im direkten Anschluss der Oberen Stauhaltung an den Hauptstrom liegt somit die wahrscheinlichste Ursache für die geringere Artenzahl und die geringeren Pflanzenmengen in diesem Teil der Neuen Donau.

Abschließend lässt sich sagen, dass sich Hochwässer, die ja eine Störung des Ökosystems darstellen, nicht negativ auf die Artenvielfalt der Neuen Donau auswirkten. Im Laufe des Untersuchungszeitraumes ist die Artenvielfalt gestiegen obwohl auch die Häufigkeit der Hochwässer anstieg. Innerhalb eines Hochwasserjahres war nach dem Ereignis ebenso ein Anstieg der Artenzahl zu beobachten, sofern es sich nicht um ein extremes Hochwasser, wie zum Beispiel 2002 einem Ereignis mit einer etwa hundertjährigen statistischen Wiederholungsrate, handelte. Die Arten *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, aber auch *Potamogeton crispus*, *Potamogeton perfoliatus* und *Potamogeton pectinatus* erwiesen sich als stetig und zeigten die besten Regenerations- und Kolonisationseigenschaften. *Elodea nuttallii* war ebenfalls stetig, aber auch dominant in der Pflanzenmenge. Die beiden Wasserkörper der Neue Donau unterscheiden sich in der Artenzusammensetzung und Pflanzenmenge, Hochwässer wirkten sich statistisch unterschiedlich aus. Dies berechtigt dazu, sie als eigenständige Lebensräume zu betrachten.

5. Referenzen

Barrat-Segretain, M.-H. und Amoros, C. (1995). Influence of flood timing on the recovery of macrophytes in a former river channel. *Hydrobiologia* 316, 91-101.

Barrat-Segretain, M.-H., Henry, C. P. und Bornette, G. (1999). Regeneration and colonization of aquatic plant fragments in relation to the disturbance frequency of their habitats. *ArchHydrobiol* 145, 111-127.

Casper, S. J. und Krausch, H.-D. (1980). Pteridophyta und Anthophyta Teil 1, (Stuttgart: Gustav Fischer Verlag).

Donabaum, K. (2009). Alte Donau, Neue Donau, Lobau-Gewässer-Entwicklung, Zustand, Besonderheiten. ÖWAV Seminarband: EU-Wasserrahmenrichtlinie; Die Umsetzung des nationalen Gewässerbewirtschaftungsplanes in Wien, 1-20.

Erhard, D., Pohnert, G. und Gross, E. M. (2007). Chemical Defense in *Elodea nuttallii* Reduces Feeding and Growth of Aquatic Herbivorous Lepidoptera. *J Chem Ecol* 33, 1646–1661.

Fink, J. (1966). Die Paläographie der Donau. In *Limnologie der Donau*, R. Liepolt, ed. (Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Vertragsbuchhandlung).

Fuchs, K. (1991) Die Nährstoffsituation der Neuen Donau - ein staureguliertes Hochwasserentlastungsgerinne an der Donau bei Wien - Im Jahr 1988, Diplomarbeit Universität für Bodenkultur, Wien.

Janauer, G. A. und Dokulil, M. (2006). Macrophytes and Algae in Running Waters. *Biological Monitoring of Rivers*, 90-109.

Janauer, G. A. und Heindl, E. (1998). Die Schätzsкала nach Kohler: Zur Gültigkeit der Funktion $f(x) = ax^3$ als Maß für die Pflanzenmenge von Makrophyten. *VerhZool-BotGesÖsterreich* 135, 117-128.

Janauer, G. A. und Schmidt, B. (2004). Vergleichende Studie zur Entwicklung der Makrophytenvegetation an ausgewählten Abschnitten der Donau und in

Augewässern des Machlandes. Schriftenreihe der Forschung im Verbund *Band 90*, 3-69.

Janauer, G. A. und Wychera, U. (1999). Wasserpflanzen in der Neuen Donau
Biodiversität, Habitatstruktur und Nährstoffalle. Perspektiven 2-3/99, 37-42.

Janauer, G. A., Zoufal, R., Christof-Dirry, P. und Englmaier, P. (1993). Neue Aspekte
der Charakterisierung und vergleichenden Beurteilung der
Gewässervegetation. Ber Inst Landschafts-Pflanzenökologie
Univ Hohenheim 2, 59-70.

Kohler, A. (1978). Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von
Süßwasserbiotopen. Landschaft und Stadt 10, 73-85.

Kohler, A. und Janauer, G. A. (1995). Zur Methodik der Untersuchung von
aquatischen Makrophyten in Fließgewässern. In Handbuch der Limnologie,
(Steinberg Bernhard Klapper), pp. 1-22.

Krausch, H. D. (1996). Farbatlas Wasser- und Uferpflanzen, (Stuttgart: Ulmer).

Krause, W. (1981). Characeen als Bioindikatoren für den Gewässerzustand.
Limnologica 13, 399-418.

Kreuzinger, N. und Matsché, N. (2000). Danube Island - an aquifer for nutrient and
water quality transfer into the New Danube (Vienna, Austria). Arch Hydrobiol Suppl
Large Rivers.

Leyer, I. und Wesche, K. (2007). Multivariate Statistik in der Ökologie, (Marburg:
Springer).

Linne von Berg, K.-H. und Melkonian, M. (2004). Der Kosmos - Algenführer Die
wichtigsten Süßwasseralgen im Mikroskop, (Stuttgart: Kosmos).

Oberhauser, R. (1980). Der Geologische Aufbau Österreichs: Geol. Bundesanstalt).

Pall, K. und Janauer, G. A. (1995). Die Makrophytenvegetation von Flußstauen am
Beispiel der Donau zwischen Fluß-km 2552,0 und 2511,8 in der
Bundesrepublik Deutschland. Arch Hydrobiol Suppl 101, 91-109.

Pall, K. und Janauer, G. A. (1997). Totalinventarisierung der Makrophytenvegetation der österreichischen Donau. Tagungsband der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (SIL).

Perspektiven (1991). Donaubereich vor dem Donauhochwasserschutz. Perspektiven 1A.

Pichler, B. (1994) Nährstoffeintrag in die Neue Donau über den Niederschlag, Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.

Pickett, S. T. A. und White, P. S. (1985). Patch dynamics: a synthesis. In The ecology of natural disturbance and patch dynamics, (New York: Academic Press), pp. 371-384.

Schratt-Ehrendorfer, L. (1999). Geobotanisch-ökologische Untersuchungen zum Indikatorwert von Wasserpflanzen und ihren Gesellschaften in Donaualtwässern bei Wien, Vol 64, (Linz: Stampfia).

Thiébaud, G. (2005). Does competition for phosphate supply explain the invasion pattern of Elodea species? Elsevier Water Research 39, 3385–3393.

Vrana, H. (1994) Quantifizierung des Nährstoffeintrags in die Neue Donau in Wien über das Grundwasser: Untersuchungen im Rahmen der interdisziplinären Studie "Neue Donau", Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.

Wang, Q., Li, Z., Cheng, S. und Wu, Z. (2010). Effects of humic acids on phytoextraction of Cu and Cd from sediment by Elodea nuttallii. Elsevier Chemosphere 78, 604-608.

Weilguni, H. (2000) Nutrient content as a basis for an aquatic management - Case study: New Danube in Vienna (Austria), Dissertation, Universität Wien, Wien.

Westlake, D. F. (1975). Macrophytes. River Ecology 2, 106-128.

Wiegand, G. (1991). Die Lebens- und Wuchsformen der makrophytischen Wasserpflanzen und deren Beziehung zur Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung der Arten. Tuexenia 11, 135-147.

Wyckera, U. und Janauer, G. A. (1998). Vergleich zwischen Längs- und Quertransektkartierung aquatischer Makrophyten in der Unteren Stauhaltung der Neuen Donau, Wien. Verh Zool-Bot Ges Österreich 135, 313-321.

<http://mars.geographie.uni-halle.de/geovlexcms/> (abgerufen August 2011).

GEOFLEX Online-Lernmodule. In, (Halle (Saale): Institut für Geowissenschaften Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Fachgebiet Thematische Kartographie und Geofernerkundung).

www.aeiou.at (abgerufen Juni 2011).

<http://www.aeiou.at/aeiou.encyclop.d/d658823.htm>. In, (Technische Universität Graz).

www.midcc.at (abgerufen August 2011). Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment. In, (Hydrobotany at the Department of Limnology and Hydrobotany University of Vienna).

www.webgeo.de/ (abgerufen August 2011). http://www.webgeo.de/h_001/. In, (Freiburg: Institut für Physische Geographie (IPG) Albert-Ludwigs-Universität Freiburg).

www.wien.gv.at (abgerufen Juli 2011a).

<http://www.wien.gv.at/umwelt/wasserbau/hochwasserschutz/donautech.html>. In, (Stadt Wien).

www.wien.gv.at (abgerufen Juli 2011b).

<http://www.wien.gv.at/umwelt/wasserbau/hochwasserschutz/wehranlagen.html>. In, (Stadt Wien).

www.wien.gv.at (abgerufen Juli 2011c).

<http://www.wien.gv.at/verkehr/grundbau/quartaer.html>; . In, (Stadt Wien).

Zusammenfassung

Ziel dieser Diplomarbeit war, über einen Zeitraum von 20 Jahren die Makrophytenvegetation der Neuen Donau anhand der einzelnen Untersuchungsjahre in Hinblick auf die dort aufgetretenen Arten und deren Pflanzenmengen zu vergleichen und dabei artenreiche und artenarme Jahre zu identifizieren. Außerdem wurden Dominanz und Frequenz der nachgewiesenen Arten, sowie der Einfluss der Hochwässer auf die Pflanzenbestände, untersucht. Die beiden Stauhaltungen der Neuen Donau wurden in Bezug auf die Artenzusammensetzung und die Pflanzenmengen verglichen.

In den Jahren 1988 bis 2007 wurde die Makrophytenkartierung (nach KOHLER) in der Oberen Stauhaltung (1995 bis 2007) und in der Unteren Stauhaltung (1988 bis 2007) der Neuen Donau durchgeführt. Arten die mit hoher Frequenz auftraten waren u.a. *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum* und *Elodea nuttallii*, Arten die mit mittlerer Frequenz auftraten waren u.a. *Potamogeton lucens* und *Potamogeton pusillus* und Arten die mit niederer Frequenz nachgewiesen wurden waren u.a. *Zannichellia palustris*. Die Analyse der relativen Pflanzenmengen und mittleren Mengenindizes ergab, dass *Elodea nuttallii* in Verbreitung und Menge dominierte. Mehrere Indikatorarten wurden identifiziert: in der Oberen Stauhaltung u.a. *Elodea Nuttallii* (1995) und *Chara sp.* (1996). In der Unteren Stauhaltung waren u.a. *Najas minor* (2003), *Typha latifolia* (1995) und *Potamogeton lucens* (1994) Indikatorarten. Große Hochwässer ereigneten sich 1991, 1997, 2002, 2005, 2006 und 2007, jedoch waren ihr Auswirkungen auf die Makrophyten nicht immer gleich gravierend. Während die Jahrhunderthochwässer 1991 und 2002 keine vollständige Erholung der Bestände zuließen, wirkten sich die anderen großen Hochwässer teilweise sogar positiv auf die Artenzahl aus. Obwohl sich die Hochwasserereignisse am Ende der Untersuchungsperiode häuften, war in der Oberen Stauhaltung kein deutlicher Rückgang der Artenanzahl zu verzeichnen. In der Unteren Stauhaltung stieg die Artenanzahl sogar tendenziell an. In der Oberen Stauhaltung konnten die Artenzusammensetzung, die Indikatorarten und die Pflanzenmengen als Ursachen für Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit der Jahre gefunden werden. Jahre in denen Hochwässer auftraten waren sich weitgehend ähnlich. In der Unteren Stauhaltung aber konnte mit statistischen Methoden keine Begründung für Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit der Stauhaltungen gefunden werden. Generell war die

Zusammensetzung der Makrophyten in der Oberen Stauhaltung „instabiler“. Es wurden weniger Arten nachgewiesen und die Hochwässer bewirkten eine größere Dezimierung der Arten und Pflanzenmengen. Die Stauhaltungen der Neuen Donau wiesen aber deutliche Unterschiede in Hinblick auf ihre Artenzusammensetzung und Pflanzenmengen auf.

Abstract

Aims of this thesis were to compare 20 years of aquatic macrophyte vegetation occurring in the New Danube (Vienna, Austria) flood protection canal with respect to species composition and plant mass, and to identify species-rich and species-poor years. In addition, dominance and frequency of identified species and the impact of floods on macrophytes were determined. Differences between species and plant mass in the two impoundments of the New Danube were analysed.

Determination of macrophytes (according to KOHLER) was performed during the years 1995 and 2007 in the upper impoundment and between 1988 and 2007 in the lower impoundment. Highly frequently occurring species included *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum* and *Elodea nuttallii*, frequently occurring species included *Potamogeton lucens* and *Potamogeton pusillus* and species with low frequency of occurring included e.g. *Zannichellia palustris*. Analysis of relative plant mass and mean quantitative indices revealed a dominance of *Elodea nuttallii* with respect to distribution and plant mass. Indicator species were identified by statistical analysis in several years, whereas *Elodea Nuttallii* (1995) and *Chara sp.* (1996) were indicative for the upper impoundment and *Najas minor* (2003), *Typha latifolia* (1995) and *Potamogeton lucens* (1994) were characteristic indicators for the lower impoundment. Huge floods occurred in 1991, 1997, 2002, 2005, 2006 and 2007. Interestingly, the impact of these floods on macrophytes was different in the years listed. While macrophytes did not recover completely after the hundred-year floods in 1991 and 2002 other huge floods supported the amount of species. Although floods occurred more frequently at the end of the observation period the amount of species did not decrease in the upper impoundment. Yet, in the lower impoundment the amount of species increased. Reasons for similarities and differences between years in the upper impoundment were species composition, indicator species and plant mass. Accordingly, years with floods were quite similar. In contrast, no distinct pattern of similarities or differences was found in the lower impoundment. The aquatic vegetation is more variable in the upper impoundment after floods, which caused a larger decrease in species number and plant mass than in the lower impoundment. Of course, the partitioning of the New Danube into two impoundments affected species composition and plant mass considerably.

Lebenslauf

Name: Franziska Heller-Meixner (geb. Meixner)

Geboren am: 07. 03. 1981 in Wien

Staatsbürgerschaft: Österreich

Familienstand: verheiratet seit 24. 05. 2007 mit Mag. Dr. Gerwin Heller

Kind: Andreas Dominik Heller, geboren am 01. 03. 2011

Bildungsweg:

1988 – 2000 Rudolf Steiner Schule in Wien Mauer

2000 – 2001 ORG Hegelgasse 14, Reifeprüfung am 19. 06. 2001

Seit 2003 Diplomstudium Biologie/Ökologie mit Studienzweig Limnologie und Hydrobotanik an der Fakultät für Lebenswissenschaften der Universität Wien

2011 Einreichung der Diplomarbeit an der Universität Wien