

REBEN



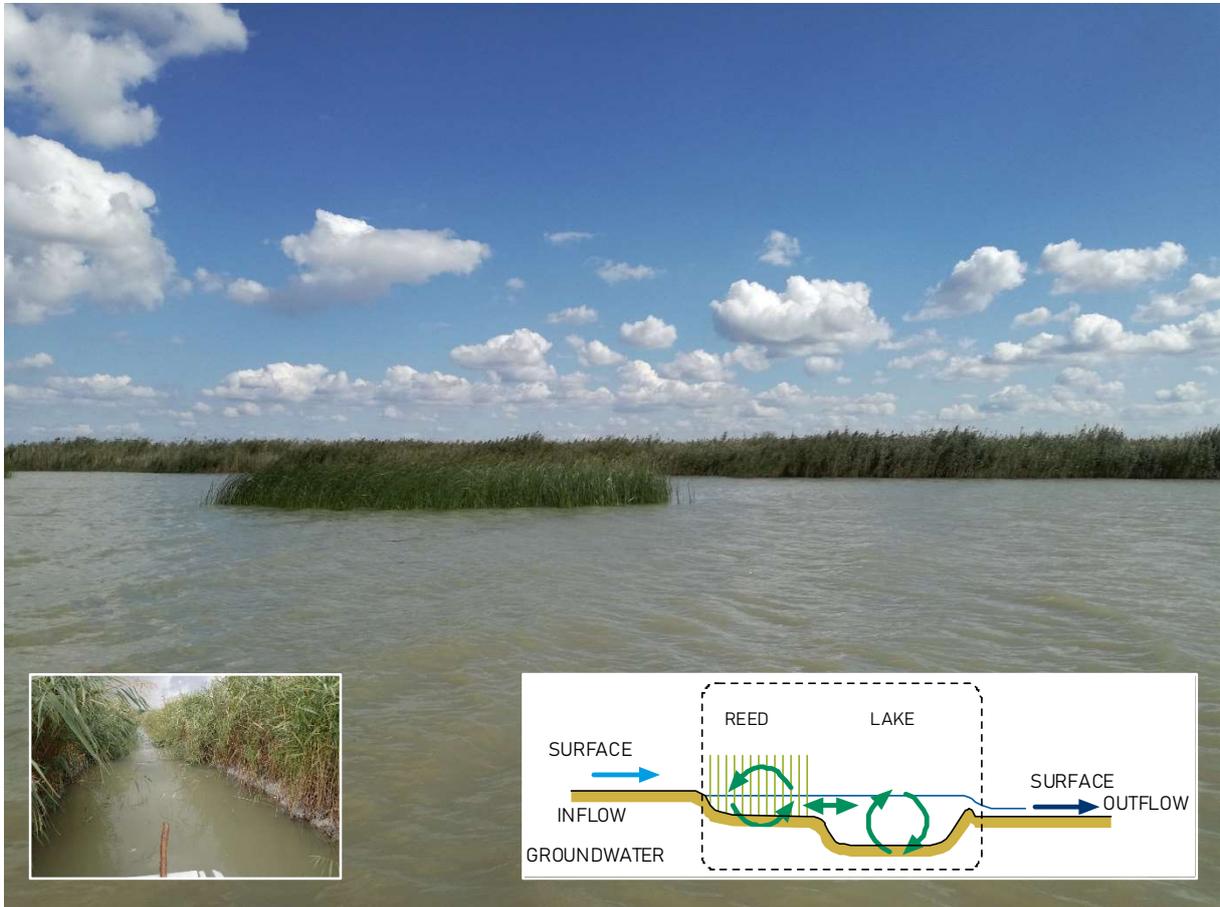
ÉSZAK-DUNÁNTÚLI
VÍZÜGYI IGAZGATÓSÁG
GYŐR



Land
Burgenland

Reed Belt Neusiedler See/Fertő (Interreg AT-HU 2014-20)

Wasserwirtschaftlicher Managementplan



Interreg Austria-Hungary

European Union – European Regional Development Fund



REBEN

Titel: Wasserwirtschaftlicher Managementplan für den Neusiedler See.
Technischer Bericht im Rahmen des Projektes REBEN – Reed Belt Neusiedler See/Fertő (Interreg-Projekt AT-HU 2014-20)

Auftraggeber: Amt der Burgenländischen Landesregierung, Abt. 5 – Baudirektion
Europaplatz 1, 7000 Eisenstadt
Ansprechpartner: DI Christian Sailer
Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság
Ansprechpartner: Richárd Kovács, Projektmanager

Auftragnehmer: ARGE „DWS Hydro-Ökologie – TU Wien“ (Österreich)

- 1) DWS Hydro-Ökologie GmbH
Technisches Büro für Gewässerökologie und Landschaftsplanung
Zentagasse 47, A-1050 Wien
Tel. 01 / 548 23 10, Fax DW 18
Email: office@dws-hydro-oekologie.at
- 2) Technische Universität Wien
Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie
Karlsplatz 13/222, A-1040 Wien
- 3) Subauftragnehmer der DWS Hydro-Ökologie
Technische Universität Dresden

Fertő 2019 Konsortium (Ungarn)

- 4) Budapest University of Technology and Economics Department of
Hydraulics and Water Resources Engineering
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
- 5) GYMSM Kormányhivatal Környezetvédelmi Mérőközpont (Győr-Moson
Sopron, County District Office, Environmental Measurement Center)
H-9021 Győr, Árpád út 32.
- 6) Centre for Ecological Research
H-8237 Tihany, Klebersberg Kunó u. 3.
- 7) Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság

Projektleitung: Mag. Dr. Georg Wolfram¹⁾

VerfasserInnen: Wolfram, G.¹⁾, E. Boros⁶⁾, A. P. Blaschke²⁾, E. Csaplovics³⁾, R. Hainz¹⁾, G. Király⁶⁾, R. Kovács⁷⁾, T. Krámer⁴⁾, R. Mayer⁵⁾, A. Nagy⁷⁾, M. Pannonhalmi⁷⁾, P. Riedler¹⁾, M. Zessner²⁾, I. Vass⁵⁾, O. Zoboli²⁾

Auftrag: A5/GEW.EUF-10003-11-2017 (Österreich)

Seitenanzahl: 68

Interne Berichts-Nr.: 15/078-B09

Zitierweise: Wolfram, G. et al. (2020). Managementplan Wasser für den Neusiedler. Technischer Bericht im Rahmen des Projektes REBEN – Reed Belt Neusiedler See/Fertő (Interreg-Projekt AT-HU 2014-20). Studie im Auftrag des Amtes der Burgenländischen Landesregierung, Abt. 5 – Baudirektion, und Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság. Wien – Budapest – Győr.

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	1
1 Einleitung	2
1.1 Hintergrund und Ziele.....	2
2 Reduktion der stofflichen Belastung aus dem Einzugsgebiet	4
2.1 Wesentliche Ergebnisse von REBEN	4
2.2 Maßnahmen.....	5
3 Durchgang der Zuflüsse durch den Schilfgürtel	9
3.1 Wesentliche Ergebnisse von REBEN	9
3.2 Maßnahmen.....	10
4 Sedimentmanagement	14
4.1 Wesentliche Ergebnisse von REBEN	14
4.2 Maßnahmen.....	18
5 Schilfmanagement	24
5.1 Wesentliche Ergebnisse von REBEN	24
5.2 Maßnahmen.....	29
6 Monitoring	34
6.1 Laufende Monitoringprogramme.....	34
6.2 Vorschlag.....	48
7 Zuständigkeiten	59
8 Literatur.....	61
9 Anhang	67
9.1 Liste mit Koordinaten der Monitoringstellen der nationalen Monitoringprogramme.....	67
9.2 Liste der Schadstoffe im nationalen Monitoring von Ungarn	68

ZUSAMMENFASSUNG

Das Projekt REBEN umfasste eine Vielzahl von Untersuchungen und Analysen zu Austauschprozessen zwischen dem offenen See und dem Schilfgürtel des Neusiedler Sees (Arbeitspaket 1). Die Arbeiten erstreckten sich auf österreichischer wie auf ungarischer Seite über einen Zeitraum von mehr als zwei Jahren und konnten wichtige, in der Strategiestudie Neusiedler See aufgeworfene Fragen beantworten sowie unser Verständnis für die ökologischen Zusammenhänge verbessern. Die Expertenteams beider Länder präsentierten ihre Ergebnisse in mehreren Fachberichten und einer nationalen Synthese. Auf Basis dieser Arbeiten wurde eine gemeinsame, bilateral abgestimmte Synthese erstellt.

Ziel der Untersuchungen war laut Projektbeschreibung die Schaffung einer Daten- und Wissensbasis für die Erstellung des hier vorgelegten Managementplans für die Wasserwirtschaft (Arbeitspaket T2). Er ist in sechs Hauptkapitel unterteilt:

- Reduktion der stofflichen Belastung aus dem Einzugsgebiet
- Durchgang der Zuflüsse durch den Schilfgürtel
- Sedimentmanagement
- Schilfmanagement
- Monitoring
- Zuständigkeiten

Für die Themen 1 bis 4 werden die wichtigsten Ergebnisse des Projekts REBEN kurz zusammengefasst und der Status quo beschrieben. Darauf aufbauend werden Maßnahmen vorgeschlagen, wie die aktuelle Situation verbessert werden kann, um eine nachhaltige zukünftige Entwicklung zu unterstützen und die in der Strategiestudie Neusiedler See definierten Ziele zu erreichen.

Das Thema 5 gibt einen Überblick über die aktuellen Monitoringprogramme am Neusiedler See in den Bereichen Hydromorphologie, Schilf, physikalisch-chemische Parameter und biologische Bewertung. Wir beleuchten die komplexen Anforderungen und die rechtlichen Hintergründe der verschiedenen Monitoringprogramme und schlagen, basierend auf unseren Erkenntnissen in REBEN sowie auf Datenanalysen aus anderen Studien, einige Anpassungen und Änderungen des aktuellen Monitoringnetzes und des analysierten Parametersatzes vor.

Das letzte Thema befasst sich mit den Zuständigkeiten für die 34 definierten Maßnahmen und gibt einen Überblick über die Relevanz und die Aufteilung der Zuständigkeiten zwischen den beiden Ländern innerhalb und außerhalb der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission (ÖUGK) für die Maßnahmen.

1 EINLEITUNG

1.1 Hintergrund und Ziele

Der Neusiedler See ist der westlichste und größte Steppensee der Paläarktis, eine der bedeutendsten Naturlandschaften Mitteleuropas und aufgrund seiner günstigen geographischen Lage in der Nähe von Großstädten (Wien, Bratislava, Győr, Szombathely) unbestritten auch von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Das Nebeneinander von wertvollem Naturraum und vielfältigen Nutzungen innerhalb der Kulturlandschaft sorgt für eine hohe Attraktivität der Region, macht aber auch eine sorgfältige Abstimmung der unterschiedlichen Interessen unabdingbar (Wolfram *et al.* 2014b).

In mehreren Teilberichten im Rahmen des Projekts REBEN wurden bilateral koordinierte Grundlagenuntersuchungen auf österreichischem und ungarischem Gebiet durchgeführt. Sie befassten sich mit der Hydrologie (Blaschke 2020; Krámer *et al.* 2019), Schilfstruktur (Csaplovics *et al.* 2020; Király 2019), Hydrochemie (Fertő 2019 Consortium 2019a; Hainz *et al.* 2020; Reif *et al.* 2020; Wolfram *et al.* 2020c) und Biologie (Fertő 2019 Consortium 2019b; c; Krisa *et al.* 2020). Die Studien lieferten Antworten auf offene und ungelöste Fragen und vertieften unser Verständnis der ökosystemaren Zusammenhänge am Neusiedler See. Die Ergebnisse dieser Studien erlauben eine bessere Einschätzung zukünftiger Entwicklungen, zeigen aber auch Möglichkeiten auf, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um ungünstige Entwicklungen zu verhindern.

Die Ergebnisse der Teilberichte wurden zunächst auf nationaler Ebene in Syntheseberichten zusammengefasst (Fertő 2019 Consortium (Hungary) 2020; Wolfram *et al.* 2020a). Aus diesen beiden Dokumenten entwickelten Experten aus beiden Ländern in Zusammenarbeit mit den beiden Auftraggebern, dem Land Burgenland und der Direktion für Wasserwesen Nord-Transdanubien, eine bilateral abgestimmte Synthese (Wolfram *et al.* 2020b). Darin wurde in verschiedenen Szenarien aufgezeigt, inwieweit veränderte hydromorphologische Bedingungen zur Erreichung der wichtigsten wasserwirtschaftlichen Ziele beitragen. Diese Rahmenbedingungen berücksichtigten die natürliche Variabilität (Wasserstandsschwankungen) und laufende Eingriffe in die Struktur des Schilfgürtels in Form regelmäßiger Ertüchtigung von Schilfkanälen.

Während die Szenarien im Synthesebericht teilweise bereits menschliche Eingriffe einschlossen, gibt es weitere mögliche Maßnahmen zur Beeinflussung der Prozesse im Neusiedler See, um die wasserwirtschaftlichen Ziele, wie sie in der Strategiestudie Neusiedler See definiert sind, zu erhalten oder zu erreichen.

Diese Maßnahmen sind Gegenstand des vorliegenden Wasserwirtschaftsplans. Er wurde auf Basis der oben genannten Gutachten erstellt, berücksichtigt aber auch die in der Strategiestudie Neusiedler See formulierten allgemeinen Maßnahmen. Obwohl wir uns grundsätzlich auf wasserwirtschaftliche Fragen konzentrieren, wurden auch Ideen, Vorschläge und Forderungen aus naturschutzfachlicher Sicht, wie in Nemeth *et al.* (2014) beschrieben, diskutiert und, soweit praktikabel, aufgenommen.

Die Maßnahmenprogramme (MP) zur Umsetzung der Nationalen Gewässerbewirtschaftungspläne Österreichs (BMLFUW 2015; BMLRT 2020a) und Ungarns (Nationale Wasserstrategie¹) wurden herangezogen, um die Wasserwirtschaft auf nationaler Ebene zu berücksichtigen. Allerdings beziehen sich in diesen Dokumenten keine spezifischen Maßnahmen auf den Neusiedler See.

Räumlich sind die Maßnahmen im vorliegenden Bericht nicht auf den Neusiedler See selbst beschränkt, sondern erstrecken sich auch auf das Einzugsgebiet. Die Regionen Seewinkel und Hanság (die teilweise in der Strategiestudie berücksichtigt wurden) sind jedoch nicht Teil des Managementplans.

Die ungarischen Teilberichte liegen in ungarischer und englischer Sprache vor, die österreichischen Berichte in deutscher Sprache mit einer englischen erweiterten Zusammenfassung. Die österreichische nationale Synthese wurde zusätzlich als Ganzes ins Englische übersetzt. Für die bilaterale Synthese wurde, wie auch für den Managementplan, Englisch als Arbeitssprache gewählt, um die gemeinsame Arbeit an den Dokumenten zu erleichtern. Beide Dokumente sind auch in den beiden Landessprachen verfügbar, der vorliegende Bericht stellt die deutsche Übersetzung des Managementplans dar.

¹ <https://www.vizugy.hu/index.php?module=vizstrat&programelemid=144>

2 REDUKTION DER STOFFLICHEN BELASTUNG AUS DEM EINZUGSGEBIET

2.1 Wesentliche Ergebnisse von REBEN

Aus den zentralen Erkenntnissen des REBEN-Projekts lassen sich zwei wesentliche Anforderungen an den Managements in Bezug auf die Reduzierung der stofflichen Belastungen aus dem Einzugsgebiet ableiten:

- Um die Verlandung des Schilfgürtels im Mündungsbereich der Wulka zu verlangsamen, muss der Eintrag von Schwebstoffen über die Wulka reduziert werden. Dies würde auch den Eintrag von Phosphor und partikelgebundenen Schadstoffen reduzieren. Es sind Anstrengungen erforderlich, um diese Art der Belastung aus dem Einzugsgebiet zu reduzieren.
- Der See ist grundsätzlich sehr empfindlich gegenüber Verunreinigungen mit Schadstoffen, da diese sich im Freiwasser aufkonzentrieren, in den Sedimenten des Schilfgürtels gespeichert und später mobilisiert werden oder zu unbekanntem Endprodukten (Metaboliten) umgebaut werden können. Speziell für mehrere regulierte Schadstoffe (PFOS, Benzo(a)pyren, Fluoranthene, Blei) besteht ein Risiko, den guten chemischen Zustand in der Wulka oder im See nicht zu erreichen. Zusätzliche Anstrengungen zur Reduzierung der Belastung aus dem Einzugsgebiet sind erforderlich.

Das Einzugsgebiet des Neusiedler Sees wurde bei den Untersuchungen im Rahmen des Projekts REBEN nicht direkt berücksichtigt. Die oben gezeigten Ergebnisse dieses Projekts zeigen jedoch die Notwendigkeit, den Fokus über den See selbst hinaus zu erweitern und das Einzugsgebiet in die Managementbetrachtung mit einzubeziehen. Während die Reduzierung der Nährstoffeinträge in den letzten Jahrzehnten sehr erfolgreich war, sind die Sedimentfrachten aus dem Einzugsgebiet in Hinblick auf den Schilfgürtel immer noch Grund zur Sorge. Darüber hinaus wurden Schadstoffe aus dem Einzugsgebiet kürzlich als sehr relevant für den Zustand der Wasserqualität des Sees erkannt (Zessner *et al.* 2019b). Daher muss sich das wasserwirtschaftliche Management des Sees nicht nur auf den See selbst konzentrieren, sondern auch das Einzugsgebiet und mögliche Maßnahmen dort berücksichtigen. Dazu wurden frühere Untersuchungen einbezogen, um die Hauptquellen und -pfade von Emissionen im Einzugsgebiet des Sees zusammenfassen zu können.

Die Wulka ist der größte Zufluss in den Neusiedler See und – neben dem atmosphärischen Eintrag und den Einleitungen aus Kläranlagen in den See – auch der wichtigste Eintragspfad für externe Nährstoffe in den See. Dies ist vor allem auf die intensive landwirtschaftliche Nutzung des Einzugsgebiets zurückzuführen, aus dem erhebliche Mengen an Nährstoffen

in die Wulka ausgewaschen werden (Wolfram *et al.* 2019; Wolfram & Herzig 2013). Während die Schwebstofffracht in der Wulka fast ausschließlich auf die landwirtschaftliche Erosion zurückzuführen ist, wird Phosphor im langjährigen Mittel immer noch zu fast 70% über diesen Eintragspfad und damit in partikulärer Form in die Wulka emittiert. Beim Stickstoff erfolgt der Großteil des Eintrags in gelöster Form und kommt über das Grundwasser und landwirtschaftliche Drainagen. Die landwirtschaftliche Erosion bzw. der partikuläre Transport ist in diesem Fall relativ unbedeutend. Nach der flächendeckenden Einführung einer weitgehenden Phosphor- und Stickstoffentfernung bei der Abwasserreinigung, die in hohem Maße zur Reduzierung der Nährstoffeinträge in den See beigetragen hat, liefert die Abwasserentsorgung heute für beide Parameter etwa 20–25% der Emissionen in die Wulka.

Spuren- und Schadstoffe werden sowohl über diffuse Quellen als auch über Punktquellen in die Wulka und den See emittiert. Abbildung 1 zeigt beispielhaft eine Abschätzung der Verteilung der Eintragspfade für die Parameter PFOS, PFOA, Benzo(a)pyren und Fluoranthen für die Wulka selbst, aber auch für das gesamte Einzugsgebiet des Neusiedler Sees inklusive der Deposition auf der Seeoberfläche. Während die Perfluortenside PFOS und PFOA hauptsächlich über abwassertechnische Anlagen in die Wulka eingeleitet werden, werden die PAKs Benzo(a)pyren und Fluoranthen hauptsächlich über Erosion emittiert (Zessner *et al.* 2019b). Auch im See selbst dürfte die atmosphärische Deposition eine große Rolle spielen, wobei die quantitativen Daten aufgrund der geringen Anzahl an Proben sehr unsicher sind.

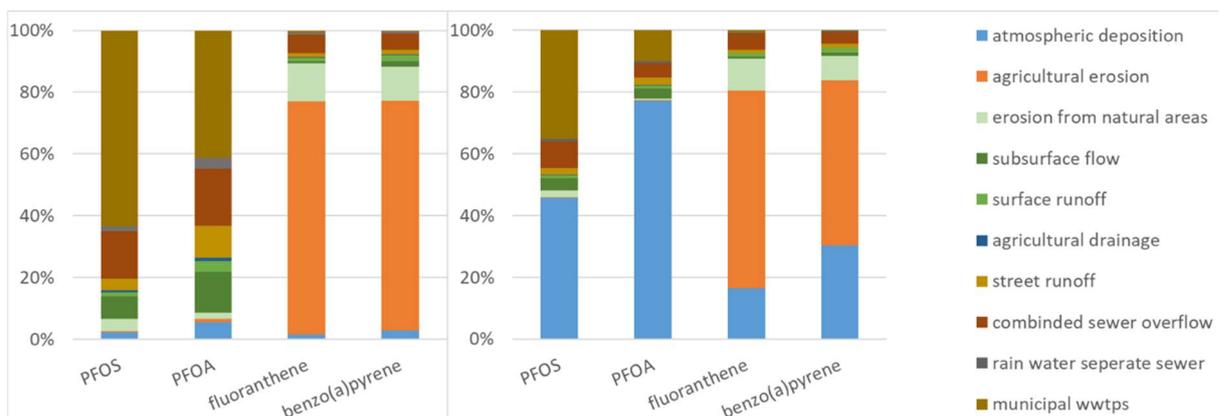


Abbildung 1. Emissionspfade in die Wulka (links) und den Neusiedler See (rechts). Aus: Zessner *et al.* (2019b).

2.2 Maßnahmen

Der Neusiedler See oder die Wulka werden weder im 1. oder 2. Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP) noch in einem Dokument in Vorbereitung des 3. NGP in

Österreich speziell in den Maßnahmenprogrammen erwähnt. Allgemeine Maßnahmen beziehen sich jedoch auf die Themen Belastung aus diffusen Quellen (Landwirtschaft → Wulka-Einzugsgebiet) und Klimawandel (→ Wasserstandsfragen). Lediglich in Bezug auf Maßnahmen zur Verbesserung des chemischen Zustands der Gewässer findet sich die Wulka in einer Tabelle, die sich mit der Benzo(a)pyren-Belastung und der Notwendigkeit einer Bewertung des Potenzials zur Verringerung der Belastung durch Maßnahmen an punktuellen und diffusen Quellen befasst. Aus detaillierteren Betrachtungen im Rahmen des Projektes REBEN geht hervor, dass die Reduzierung des Feststoffeintrags aus dem Einzugsgebiet in den Schilfgürtel und die Reduzierung der Schadstoffemissionen in die Wulka und den See aus dem Einzugsgebiet hoch relevante Managementthemen sind. Konkrete Managementkonzepte liegen derzeit noch nicht vor. Zukünftig ist ein stärkerer Fokus auf die Entwicklung und Umsetzung spezifischer Konzepte zur Reduzierung der stofflichen Belastung durch Schwebstoffe und Spurenstoffe im Einzugsgebiet erforderlich.

Die Bemühungen zur Reduzierung der Schwebstoffeinträge in die Gewässer des See-einzugsgebietes beginnen mit der **Verminderung der landwirtschaftlichen Erosion**. Gängige Ansätze sind z.B. Begrünung und Mulchsaat, die durch die österreichischen Förderprogramme für umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL²) gefördert werden. Darüber hinaus kann die Wahl der Anbaukulturen an steileren Hängen die landwirtschaftliche Erosion erheblich beeinflussen und sollte in landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsplänen berücksichtigt werden. Erosionsschutz hat den Vorteil, dass er neben dem Wasserschutz auch zum Bodenschutz beiträgt, indem er den Verlust von fruchtbaren landwirtschaftlichen Böden vermeidet. Zusätzlich kann die Freisetzung von Feinstaub aus Ackerflächen in Flüsse durch Maßnahmen wie Begrünung von bevorzugten Fließwegen oder Pufferstreifen, die den Eintrag von mobilisiertem Boden in die Gewässer verhindern, reduziert werden.

Einerseits deuten aktuelle Studien aus Oberösterreich darauf hin, dass das ÖPUL-Förderprogramm in Bezug auf den Erosionsschutz nicht sehr erfolgreich war, da die langfristige Entwicklung von partikulärem Phosphor und Schwebstoffen in den Flüssen seit dem Jahr 2000 tendenziell zugenommen hat, weil die beabsichtigten Reduktionen durch Erosionsschutzmaßnahmen konterkariert wurden durch Änderungen der Anbauwahl der Landwirte hin zu Kulturen, die die Bodenerosion begünstigen, wie z.B. Mais (Zessner *et al.* 2016). Andererseits haben Untersuchungen in Oberösterreich gezeigt, dass für den Gewässerschutz bereits die Fokussierung des Immissionsschutzes auf geringe Ackerflächenanteile effizient genug ist, um die Schwebstoffeinträge um bis zu 50% zu reduzieren, wenn die Maßnahmen zielgerichtet im Einzugsgebiet platziert werden (Kovacs *et al.* 2012; Strenge *et al.* in prep.; Zessner *et al.* 2019a). Für das Einzugsgebiet des Neusiedler Sees wären ähnliche

² https://www.bmlrt.gv.at/land/laendl_entwicklung/oepul/oepul2015.html

Untersuchungen notwendig, um den Erfolg bisheriger Erosionsschutzmaßnahmen zu evaluieren und den Fokus auf die Wirksamkeit künftiger Maßnahmen zu legen.

Sobald Schwebstoffe einmal in das Flusssystem gelangt sind, können sie bis zu einem gewissen Grad durch **flussbegleitende Sedimentrückhaltebecken** zurückgehalten werden. An der Wulka existiert ein Sedimentrückhaltebecken in der Nähe der Mündung in den See auf Höhe der Eisbachmündung. In den letzten Jahren war die Funktionsfähigkeit des Sedimentationsbeckens nicht zu 100% gegeben. Neue Erfahrungen und Überlegungen führten zu einer Überarbeitung des Konzeptes, um den eigentlichen Zweck als Sedimentrückhaltebecken zu erfüllen. Die baulichen Maßnahmen wurden bereits teilweise umgesetzt. Die derzeitige Wirkung auf den Feststoffrückhalt ist unbekannt, und andere Funktionalitäten (z.B. als Feuchtgebiet und Lebensraum für wassergebundene Vögel) wurden als attraktiver erkannt. Nichtsdestotrotz muss im Rahmen eines übergreifenden Schwebstoffmanagements im Einzugsgebiet zum Schutz der Funktionalität des Schilfgürtels der Nutzen dieses oder anderer flussnaher Sedimentrückhaltebecken im Einzugsgebiet bewertet werden, da die Sedimente in einem solchen Becken potenziell besser gemanagt werden können, als wenn sie den Schilfgürtel erreicht haben. Insgesamt sollte ein Sedimentmanagementplan für das Einzugsgebiet mit einem speziellen Fokus auf das Wulka-Gebiet entwickelt werden, der gezielte Erosionsbekämpfung und Sedimentfang in Pufferstreifen sowie Sedimentrückhaltebecken beinhaltet.

Ein erfolgreiches Sedimentmanagement im Einzugsgebiet ist der erste Schritt für eine erfolgreiche Strategie zur Reduzierung der Belastung mit Spurenstoffen (**Schadstoffen**). Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass ein erheblicher Anteil dieser Art von Verschmutzung mit erosiven Einträgen zusammenhängt. Dennoch spielen auch andere Quellen und Pfade eine wichtige Rolle und ein effizientes Management hängt von einem klaren Verständnis ab, wie Schadstoffe in die Gewässer gelangen (Zessner 2008). Die treibenden Kräfte für die Verschmutzungswege sind die physikalisch-chemischen Eigenschaften und Anwendungsmuster von Spurenschadstoffen. Während einige aus der Luftverschmutzung stammen und indirekt über Akkumulation in Böden und Erosion oder direkt über atmosphärische Deposition in die Gewässer gelangen, werden andere vor allem in städtischen Gebieten eingesetzt und gelangen über kommunale Abwassersysteme in die Gewässer oder werden als Tierarzneimittel eingesetzt. Sie können auch als Pestizide in der Landwirtschaft eingesetzt werden und gelangen über ober- oder unterirdische Abflüsse in die Gewässer.

Maßnahmen zur Verringerung der Spurenstoffbelastung können sich auf den Quellenschutz beziehen (ÖWAV 2020), was die Kompetenzen der Wasserwirtschaft im Rahmen eines regionalen Einzugsgebietes übersteigt. Jedenfalls ist für das Einzugsgebiet des Neusiedler Sees eine darüberhinausgehende spezifische Strategie für das Mikroschadstoffmanagement erforderlich, da der See spezifisch gefährdet ist, aber nicht alles durch

Quellenkontrolle auf nationaler/internationaler Ebene behandelt werden kann. Eine Mikro-schadstoffstrategie für den See sollte zusätzlich zum Sedimentmanagement

- die Identifizierung von Emissionsquellen und -pfaden für ausgewählte Indikator-substanzen beinhalten,
- Untersuchungen über das Umweltverhalten dieser Stoffe verbessern und
- auf der Bewertung der Kosten und der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Ver-ringering der Verschmutzung beruhen.

Für das kommunale Abwassermanagement könnten zum Beispiel verschiedene Formen der weitergehenden Abwasserbehandlung oder die Bekämpfung von Emissionen aus Mischwasserüberläufen oder Regenwasserkanälen je nach betrachteter Substanz günstig sein. Auch wenn in Zukunft wahrscheinlich Fortschritte in der kommunalen Abwasser-behandlung im Einzugsgebiet des Sees notwendig werden, muss noch untersucht werden, wie diese am kostengünstigsten umgesetzt werden können.

Zusammenfassung der vorgeschlagenen Maßnahmen

- 2-1 Entwicklung und Umsetzung spezifischer Konzepte zur Schadstoffkontrolle von Schwebstoffen und Spurenstoffen im Einzugsgebiet
- 2-2 Verringerung des Schwebstoffeintrags in die Gewässer des Seeinzugsgebiets durch Verminderung der landwirtschaftlichen Erosion (z.B. Begrünung und Mulch-saat, Überdenken der Anbaupflanzenwahl, Begrünung des bevorzugten Fließwegs, Pufferstreifen)
- 2-3 Evaluierung der Funktionalität des bestehenden Sedimentrückhaltebeckens und, je nach Ergebnis der Evaluierung, Erwägung weiterer Sedimentrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Wulka
- 2-4 Verringerung der Spurenstoffbelastung durch Identifizierung und Kontrolle der Emissionsquellen und -wege ausgewählter Indikatorsubstanzen, Verbesserung der Untersuchungen zum Umweltverhalten dieser Stoffe und Bewertung der Kosten und Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verringerung der Belastung

3 DURCHGANG DER ZUFLÜSSE DURCH DEN SCHILFGÜRTEL

3.1 Wesentliche Ergebnisse von REBEN

3.1.1 Prozesse und Frachten

Die Strömung der Zuflüsse und die Veränderungen der chemischen Zusammensetzung des Wassers wurden an der Wulka eingehend untersucht (Hainz *et al.* 2020; Wolfram *et al.* 2020a; Wolfram *et al.* 2020c). Der Schilfgürtel in diesem Gebiet hat eine Breite von mehreren Kilometern und wirkt wie ein großer Filter. Schwebstoffe, die in den Schilfgürtel gelangen, werden auch bei starken Hochwasserereignissen zu einem Gutteil hier zurückgehalten. Im Durchschnitt werden 3 890 t Schwebstoffe pro Jahr deponiert. Im Zeitraum 1992–2009 schwankte die jährliche Schwebstofffracht je nach Häufigkeit und Stärke der Hochwasserereignisse zwischen 740 und 24 230 t. Nur ein sehr geringer Teil (im Mittel auf ca. 3 % geschätzt) wird in den offenen See transportiert.

Die mittlere jährliche Phosphorfracht aus dem Wulka-Einzugsgebiet in den See beträgt 14 t (Bereich 4–40 t). Eine große Menge wird im Schilfgürtel als partikulärer Phosphor deponiert, aber die Freisetzung von gelöstem Phosphor aus dem Sediment führt zu einem bedeutenden Nährstoffexport aus dem Schilfgürtel (ca. 80 % der gesamten eingehenden Fracht). Wie bei den Schwebstoffen gibt es auch hier große Unterschiede zwischen trockenen und nassen Jahren.

Stickstoff wird fast vollständig durch Denitrifikation reduziert, wenn die Wulka diffus durch den Schilfgürtel fließt. Da derzeit ein erheblicher Teil der Wulka durch einen Kanal in den offenen See fließt, erreicht etwa 1/3 der gesamten Stickstoffbelastung aus dem Einzugsgebiet den offenen See.

Über andere Zuflüsse des Neusiedler Sees wie den Golser Kanal und kleine Bäche, die aus dem Leithagebirge oder von der Parndorfer Platte kommen, ist hinsichtlich der Gesamtfrachten und der Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Wassers viel weniger bekannt. Der Rákos patak (Kroißbach) ist in Bezug auf Wasserqualität, Belastungen und Veränderungen im Einzugsgebiet gut untersucht. Im Rahmen des Projekts REBEN waren keine spezifischen Untersuchungen geplant, aber die langfristigen Datenreihen, Beobachtungen und Monitoringergebnisse zur diffusen Durchströmung des Feuchtgebiets an der Mündung des Rákos patak sollten als eine der technischen Lösungen oder Vorschläge für das Wasserqualitätsmanagement der Zuflüsse genutzt werden. Der Beitrag der kleinen Zuflüsse zur Wasserbilanz des Sees ist vernachlässigbar, zumindest der

Golser Kanal und der Rákos patak haben aber einen Beitrag zur Gesamtnährstoffbelastung. Beide fließen nicht direkt in den See, sondern durch ein Feuchtgebiet (Rákos patak) oder durch den Schilfgürtel (Golser Kanal).

3.1.2 Bewertung

Die Bewertung verschiedener Szenarien im Synthesebericht (Wolfram *et al.* 2020b) hat deutlich gemacht, dass eine unkontrollierte diffuse Durchströmung der Wulka durch den Schilfgürtel lokal weniger Auswirkungen auf das Ökosystem hat, durch freigesetzte Nährstoffe aber dennoch den offenen See beeinflusst. Wasserwirtschaftliche Ziele wie der *Schutz der Einzigartigkeit des Schilfgürtels*, die *Erhaltung der natürlichen physikalisch-chemischen Dynamik* und die *Unterstützung weitgehend ungestörter biologischer Prozesse* lassen sich ohne ständige Störung durch jährliche Baggerungen besser erreichen.

Die diffuse Strömung unterstützt die Filterfunktion (= Senke) des Schilfgürtels und verhindert so den direkten Transport von Schwebstoffen in den offenen See. Die Verlandung des gesamten Neusiedler Sees wird gewissermaßen auf Kosten eines Teils des Schilfgürtels im Mündungsbereich der Wulka abgemildert bzw. verzögert. Schließlich ist es wesentlich kostengünstiger, wenn die Wulka ihren eigenen Weg durch den Schilfgürtel „findet“, ohne einen bevorzugten Weg durch Kanäle mittels Baggerungen und Kanalertüchtigungen vorzugeben.

Andererseits hätte das Ausbaggern den unbestreitbaren Vorteil, dass damit auch eine effektive (wenn auch langfristig sehr kostspielige) Entfernung von Sedimenten und Schadstoffen aus dem Seebecken verbunden wäre. Der Schutz der flussaufwärts gelegenen Infrastruktur vor Rückstauüberflutung wäre ein weiteres Argument dafür, eine schnelle Durchgängigkeit des Flusses zum offenen See zu gewährleisten.

3.2 Maßnahmen

Die vorgeschlagenen Maßnahmen zielen auf die Art der Durchströmung des Schilfgürtels (diffus versus linear) und die Verweilzeit des einströmenden Wassers im Schilfgürtel. Sie betreffen die Sedimentation / Fällung im Schilfgürtel versus Transport durch den Schilfgürtel sowie die Remobilisierung und den (sekundären) Transport in den offenen See.

Das Tracer-Experiment, das parallel zum Projekt REBEN durchgeführt wurde, hat gezeigt, dass die Wulka bei *hohen Abflüssen* nicht in engen Kanälen, sondern überwiegend *diffus* durch den Schilfgürtel strömt und dieser somit ein großer Filter für Schwebstoffe und

damit verbundene Schadstoffe ist. Diese Rückhalte- und Filterfunktion sollte beibehalten werden.

Die Ausbaggerung eines neuen Kanals im Winter 2019 hat die chemische Zusammensetzung des Wulkawassers am Standort WU1 in der Nähe des offenen Sees nicht signifikant verändert (siehe Messstellen in Wolfram *et al.* (2020c)); die Wirkung und Sinnhaftigkeit dieser Maßnahme in Niedrigabflusssituationen ist daher in Frage zu stellen. Darüber hinaus zeigten die chemischen Analysen positive Auswirkungen der diffusen Durchströmung auf die Denitrifikation aufgrund der erhöhten Verweilzeit.

Nach Abwägung der positiven und negativen Auswirkungen verschiedener Durchströmungsvarianten durch den Schilfgürtel (siehe Kapitel 4 in Wolfram *et al.* (2020b)) sprechen mehr Argumente für eine diffuse Durchströmung als dagegen. Geringfügige negative Auswirkungen in anderen Bereichen oder die Nichtrealisierung von positiven Effekten können in Kauf genommen werden. Dazu gehört die fehlende Konnektivität zwischen Wulka und See für einige Fischarten. Der positive Effekt des Ausbaggerns und Entfernens von Sedimenten aus dem System in großem Umfang dürfte ohnehin theoretisch sein, da sich diese Methode höchstwahrscheinlich als zu kostspielig erwiese. Eine wichtige offene Frage betrifft die Auswirkungen auf den Hochwasserschutz flussaufwärts. Das Risiko eines Rückstaus durch einen Anstieg des Wasserspiegels im Bereich der Wulkamündung sollte gesondert bewertet werden.

Um die Hydrologie im Bereich der Wulkamündung zu unterstützen, schlagen wir vor, die Konnektivität zwischen dem großen Bereich der diffusen Durchströmung (Bereich zwischen den Kanälen B, C und D in Abbildung 2) und den Hauptkanälen (B, C und D) zu verbessern, indem die Längsdämme entlang der Kanäle an mehreren Stellen geöffnet werden. Dies wird wahrscheinlich zu einer leichten Erhöhung des Exports von Nährstoffen und organischer Fracht aus diesem Bereich in den offenen See führen. Während jedoch die Mineralisierung von organischem Material im (überwiegend anoxischen) Bereich im Schilfgürtel stark reduziert ist, ist die Möglichkeit, das organische Material abzubauen, im turbulenten, sauerstoffreichen offenen See wesentlich höher. Ein stetiger Austritt eher geringer Konzentrationen aus dem Schilfgürtel entlastet das Wulkamündungsgebiet von einer zunehmenden Akkumulation von nicht abgebautem organischem Material, während der offene See die leicht erhöhte interne Nährstoffbelastung bewältigen dürfte.



Abbildung 2. Kanäle an der Mündung der Wulka in den Neusiedler See. Die letzten Kanalbaggerungen erfolgten zwischen A und B. Kanal B – C ist der bevorzugte Weg des Flusses bei geringem Abfluss. Bei hohem Abfluss fließt ein großer Teil des Flusses auch durch Kanal D.

Wenn künftig kleinräumige Baggararbeiten erforderlich sind, sollte das Sediment nicht durch Bildung eines durchgehenden Kanaldamms deponiert werden. Vielmehr sollten regelmäßige Öffnungen zwischen dem Kanal und dem Bereich hinter den Dämmen vorhanden sein. Dies betrifft auch den Flussabschnitt zwischen Seemühle und Punkt A in Abbildung 2, wo der Fluss ein offenes Netz („Delta“) innerhalb des Auwaldes ausbilden darf, anstatt zwischen festen Uferstreifen zu fließen. Falls lokale Baggarungen entlang der Kanäle B und D erforderlich sind, sollte das Sediment an der „äußeren“ Seite der Kanäle (südlich bei Kanal B, nördlich bei Kanal D) deponiert werden, um die inneren Bereiche der Schilfbestände nicht durch Längsdämme vom Kanal und damit vom offenen See abzutrennen.

Die Öffnungen sollten nicht einem regelmäßigen Muster folgen (z.B. alle 50 m). Wir schlagen vielmehr vor, zunächst die Situation hinter den Dämmen zu prüfen und Öffnungen vorzugsweise dort zu planen, wo eine effektive Verbindung zwischen offenen Wasserflächen und Kanälen hergestellt werden kann. Da dies aus Luft- oder Satellitenbildern allein nicht erkennbar sein wird, sollte das Wissen über das Höhenniveau des Sediments durch eine geodätische Vermessung der Morphologie in diesem Bereich verbessert werden, um die Erarbeitung eines digitalen Höhenmodells zu ermöglichen. Dieses kann als Referenz für zukünftige Kartierungen des Gebietes dienen, um die langfristigen Veränderungen der Sedimentansammlung an der Mündung der Wulka zu dokumentieren.

Zusammenfassung der vorgeschlagenen Maßnahmen

- 3-1 Förderung der überwiegend diffusen Durchströmung der Wulka durch den Schilfgürtel durch Beschränkung der Kanalertüchtigungen auf den Flussabschnitt zwischen Seemühle und Punkt A in Abbildung 2.
- 3-2 Öffnen bestehender Dämme entlang der Kanäle B, C und D in Abbildung 2 an mehreren Stellen, vor allem dort, wo offene Wasserflächen oder andere Kanäle hinter den Dämmen vorhanden sind.
- 3-3 Bei Baggerungen (kleinräumig) zwischen Seemühle und Punkt A in Abbildung 2 Vermeidung einer durchgehenden Dammbildung, stattdessen Öffnungen zum umgebenden Auwald und Schilfbeständen belassen.
- 3-4 Bei Baggerungen (kleinräumig) flussabwärts von Punkt A in Abbildung 2 Ablagerung des Sediments entlang der südlichen („rechten“) Seite des Kanals B und entlang der nördlichen („linken“) Seite des Kanals D; wie in Maßnahme 3-3 Öffnungen zum dahinter liegenden Gebiet belassen.
- 3-5 Verbessern unserer Kenntnisse über die Sedimenthöhe an der Wulkamündung durch eine geodätische Vermessung und die Erstellung eines digitalen Höhenmodells für dieses Gebiet.
- 3-6 Im Falle des Kroißbaches (Rákos patak) wird die kontrollierte diffuse Durchströmung eines Feuchtgebietes (Vorsedimentation und Verteilung auf Schilfgebiet) als eine anwendbare Lösung für die Nährstoffrückhaltung betrachtet.

4 SEDIMENTMANAGEMENT

Unter dem Begriff Sedimentmanagement werden in diesem Kapitel keine Maßnahmen zur Nutzung des Sediments oder mit dem Ziel der *Beeinflussung* von Prozessen innerhalb des Sees verstanden, wie es z.B. beim Schilfmanagement zutrifft. Er umfasst vielmehr ganz allgemein Eingriffe in das Sediment, die zum Teil aus anthropogenen Nutzungen resultieren (z.B. Ertüchtigung von Kanälen). Da sie einen relevanten indirekten Einfluss auf die Wasserwirtschaft haben können, sind sie im Managementplan zu berücksichtigen.

4.1 Wesentliche Ergebnisse von REBEN

Die natürliche Sedimentation wird verursacht durch

- i. überwiegend mineralische Sedimente, die aus dem Einzugsgebiet in den See gelangen (hauptsächlich über die Wolka und trockene Deposition)
- ii. Sedimentproduktion innerhalb des Sees durch Calcit- (und andere mineralische) Ausfällungen, und
- iii. organische Sedimente, die innerhalb des Sees produziert werden

Die natürlichen Sedimentationsprozesse können beeinflusst werden durch

- iv. die Ertüchtigung von Schilfkanälen
- v. Baggerungen zur Sedimententfernung in Segelhäfen (Hafenanlagen) und Badebereichen, und
- vi. Schilfbewirtschaftung

ad i. Der mittlere Sedimentimport aus dem Einzugsgebiet der Wolka kann auf 3 890 t Trockenmasse pro Jahr (= ca. 10 000 m³ Nasssediment pro Jahr) geschätzt werden. Eine vergleichbare Menge stammt aus der trockenen Deposition (3 000 t/a), während andere Zuflüsse (Golser Kanal, Rákos patak) ca. ein Achtel der Wolka-Fracht zum Neusiedler See transportieren. Die Messungen von REBEN zeigten, dass der Großteil der Wolka-Sedimentfracht (nicht künstlich, sondern natürlich und damit unkontrolliert) im Schilfgürtel deponiert wird, bevor der Fluss den offenen See erreicht. Schätzungsweise erreichen nur etwa 3% der externen Sedimentfracht aus Oberflächengewässern den offenen Seebereich.

ad ii. Massenbilanzen für den gesamten See über mehr als 20 Jahre ergaben, dass jährlich tausende Tonnen Sediment durch Calcitfällung gebildet werden. Von diesem auto-

chthonen Sediment werden jährlich netto 10 000 t Trockenmasse durch die Schilfkanäle in den Schilfgürtel transportiert (= ca. 26 000 m³ Nasssediment pro Jahr). Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Sedimentmenge ohne Kanäle (und wenn diese nicht regelmäßig ertüchtigt würden) größtenteils im offenen See deponiert würde, was die Sedimentationsrate außerhalb des Schilfgürtels erhöhen würde.

ad iii. Die organische Sedimentproduktion ist eine große Unbekannte in der Sedimentbilanz. Ein Vergleich der Seebeckenhöhe ergab, dass zwischen den 1960er Jahren und dem Ende der 1980er / Anfang der 1990er Jahre die Gesamtmenge an Sediment im See um ca. 75 Mio. m³ (3 Mio. m³ pro Jahr) zugenommen hat (Csaplovics *et al.* 1997), was weit mehr ist als die aus externen Einträgen und autochthoner (mineralischer) Sedimentproduktion berechneten Frachten. Es muss davon ausgegangen werden, dass der weitaus größte Anteil dieser Sedimentation auf die organische Produktion und einen stark reduzierten Abbau des produzierten Materials zurückzuführen ist.

ad iv. Seit Ende der 1990er Jahre werden die Kanäle in Österreich im Rahmen der laufenden Erhaltungsmaßnahmen regelmäßig von der Wasserbauverwaltung des Landes Burgenland ertüchtigt. In der Regel werden die ausgebaggerten Sedimente entlang der Kanäle in Form von Dämmen deponiert, die keinen Wasseraustausch zwischen dem Schilfkanal und den angrenzenden Wasserflächen zulassen (in den Jahren 2019 und 2020 wurden die seitlichen Dämme jedoch bereits mit Öffnungen versehen). In Österreich wurden seit der Wintersaison 2004/2005 mehr als 230 km Schilfkanäle ertüchtigt, was verdeutlicht, welche Menge an Sediment aus dem System entfernt wurde, auch wenn es noch im Seebecken verbleibt. In Ungarn wurde das Kanalnetz 2014/2015 in einem EU-geförderten Projekt ertüchtigt. Im Gegensatz zur Vorgehensweise in Österreich bis 2018 (und in Ungarn in den Jahren davor) wurden regelmäßige Öffnungen der Dämme vorgenommen, um einen Wasseraustausch zwischen Kanälen und umliegenden Wasserflächen zu ermöglichen.

Im Projekt REBEN wurden Berechnungen durchgeführt, um den Wasser-, Sediment- und Nährstofftransport durch die Schilfkanäle zu quantifizieren. In verschiedenen methodischen Ansätzen (Messungen, Modellierung) konnte deutlich gezeigt werden, dass Wasserstands- und Windeinfluss sowie Größe, Form und Anzahl der Schilfkanäle von großer Bedeutung sind, um Wege für den Wasser- und Stoffaustausch zwischen dem Schilfgürtel und dem offenen See zu schaffen und zu erhalten. In den letzten Jahren wurden in Österreich Schilfkanäle mit einer Gesamtlänge von 2,9 – 40,3 km pro Jahr (durchschnittlich 16,6 km) ertüchtigt. Die Menge des entnommenen (und seitlich deponierten) Sediments wird auf 450 – 9 070 t/a geschätzt (durchschnittlich 3 140 t Trockenmasse, nur Österreich). Auf ungarischer Seite wurden im Rahmen des von der EU mitfinanzierten Projekts (KEOP-7.3.1.2/09-2009-0020) Schilfkanäle mit einer Gesamtlänge von 76 km ertüchtigt.

Vor den 1990er Jahren wurden die Kanalerfüchtigungsarbeiten auf der ungarischen Seite von der Wasserdirektion, der Schilfgesellschaft und der Grenzüberwachung durchgeführt. Intensive Motorbootnutzung in den Schilfkanälen trug zudem zur Verlangsamung der Sedimentationsprozesse bei. In der Fertőrákos-Bucht wurde die Schilfinsel im Rahmen des von der EU kofinanzierten Projekts 2014–2015 entfernt.

ad v. Im Gegensatz zur Ertüchtigung von Kanälen wird durch die Schlammabgrabung am Neusiedler See effektiv Sediment aus dem Seebecken entfernt. Die Schlammabgrabung findet am See in Form von Saugabgrabungen statt. Das Sediment wird aus dem See in Absetzbecken gepumpt, von wo das getrocknete Sediment entweder deponiert wird oder auf landwirtschaftliche Flächen aufgebracht werden kann. Eine Schätzung der Kubatur der seit 2005 ausgegrabten Sedimente ergibt ein Volumen von fast 300 000 m³, im Durchschnitt 20 000 m³ pro Jahr (6 800 t/a).

Auf ungarischer Seite beschränkt sich die Baggertätigkeit auf Sedimentumlagerungen, Sedimentstabilisierung oder Aufschüttungen innerhalb des Seebeckens zu Erholungszwecken.

Es muss nicht betont werden, dass der Prozess der Verlandung für einen flachen See im Hinblick auf die vielfältigen menschlichen Nutzungen, aber auch für den See als Ökosystem von größter Bedeutung ist. Es stellt sich dabei allerdings die Frage, warum der See nach Jahrtausenden nicht längst der Verlandung zum Opfer gefallen ist. Bei der Beantwortung dieser Frage ist zwischen externen (hauptsächlich mineralischen) Einträgen, interner Bildung durch Calcit und organischer Sedimentproduktion zu unterscheiden.

Was den die *externen Einträge* betrifft, so besteht kein Zweifel, dass die Sedimentfracht der Zuflüsse im 20. Jahrhundert mit zunehmender Erosion im Einzugsgebiet deutlich zugenommen hat. Es handelt sich also um einen recht jungen Sedimenteintrag.

Die *autochthone Produktion* von mineralischem Sediment durch Salzausfällungen in situ im See hat eine längere „Tradition“, da zu allen Zeiten kalkreiches Wasser in den See gelangte und so zu einer zunehmenden Sedimentablagerung im See beitrug. Von den Salzacken des Seewinkels ist bekannt, dass Mineralien, die bei hohen Salzkonzentrationen gebildet und in Trockenphasen auf dem Seegrund abgelagert werden, durch den Wind in großen Mengen ausgeblasen und ausgetragen werden können. Ein ähnlicher Vorgang ist für den See in früheren Zeiten anzunehmen, und in der Tat deuten Berichte aus der letzten Trockenphase des Sees in den 1860er Jahren auf solche einen Prozess hin; die Menschen in umliegenden Dörfern klagten damals über Augenreizungen durch die vom Wind mitgeführten Salze, Staub und Sand. Man kann also die Hypothese aufstellen, dass regelmäßige Trockenphasen dem See helfen und ihn unterstützen, die angesammelten Mineralien und

Salze gewissermaßen loszuwerden. Neben dem windgetriebenen Austrag sind Ausfällung und Sedimentation von Salzen auf Wasserpflanzen und auf dem ausgetrockneten Seeboden bei niedrigem Wasserstand sowie die Auflösungsprozesse bei hohem Wasserstand zu berücksichtigen. Die Verluste an Salzen sind für den (seltenen) Fall eines gesteuerten und geregelten Abflusses über den Einser-Kanal zu berechnen. Auch der Einlassbereich des Einser-Kanals und seine Modifikation müssen betrachtet werden (Wasserzufluss aus dem Schilfgürtel statt direkt aus der Madárvárta-Bucht).

Die Prozesse und Faktoren, die die *organische Produktion* und den beschränkten Abbau steuern, sind komplex und nur teilweise bekannt. Ihre Untersuchung lag außerhalb des Rahmens des Projekts REBEN, weshalb wir auf die Erkenntnisse anderer Studien aufbauen müssen. Zweifellos ist die besondere chemische Zusammensetzung des Wassers des Neusiedler Sees von großer Bedeutung für den Abbau von organischem Material. Je höher der Sodagehalt und der pH-Wert, desto effektiver ist die Mineralisierung von organischem Material (Krachler *et al.* 2009). Solange der See hohe Salzkonzentrationen aufwies (zumindest in regelmäßigen Abständen und über längere Zeiträume), konnte das von Algen, Makrophyten und Röhricht produzierte organische Material mineralisiert werden und trug nur phasenweise und reversibel zur Akkumulation von organischem Material bei.

In diesen Ablauf wurde eingegriffen mit dem Bau des Einser-Kanals und den Wasserstandsregulierungsmaßnahmen, welche zu erheblichen Abflüssen von salzreichem Seewasser und in der Folge zu starken Salzverlusten führten. Der mittlere Salzgehalt über die letzten 25 Jahre liegt bei ca. 2 g L^{-1} (Bereich der Jahresmittelwerte 1997–2019: $1,92\text{--}2,85 \text{ g L}^{-1}$), während Berger & Neuhuber (1979) über Konzentrationen von bis zu 16 g L^{-1} in früheren Jahren berichteten. Das häufigere Auftreten von Phasen mit niedrigem Salzgehalt kann als einer der Faktoren angenommen werden, die den Schilfgürtel im 20. Jahrhundert deutlich wachsen ließen. Gesunkene Salzgehalte und pH-Werte im See, aber auch niedrige Sauerstoffkonzentrationen im Schilfgürtel als Folge des verminderten Austauschs mit dem offenen See, schließlich die verstärkte Produktivität während der Eutrophierung in den 1960er bis 1980er Jahren waren die treibende Kräfte für die Akkumulation von organischem Material im Litoral des Sees.

Abschließend sind nicht nur die natürlichen Sedimentationsprozesse (i-iii) und die direkten anthropogenen Eingriffe in den Sedimenthaushalt durch Ausbaggerung und Sedimententnahme (iv-v) zu berücksichtigen, sondern auch indirekte Einflüsse auf die Sedimentbildung und -verteilung durch Abflüsse über den Einser-Kanal sowie Transportprozesse zwischen dem offenen See und dem Schilfgürtel durch Kanäle. Diese indirekten Einflüsse haben großen Auswirkungen auf das Schilfwachstum (siehe nächstes Kapitel) und die Verlandung des Sees, aber auch auf den Nähr- und Schadstoffhaushalt, da deren Transport stark mit den Sedimenttransportmechanismen verbunden ist. Dies macht deutlich, dass

das Thema Sedimentation nicht nur eine Frage der Hydromorphologie ist, sondern auch einen starken Einfluss auf die Wasserqualität hat.

4.2 Maßnahmen

Die Bewertung verschiedener Szenarien im Synthesebericht (Wolfram *et al.* 2020b) hat gezeigt, dass mit keinem Szenario alle wasserwirtschaftlichen Ziele, wie sie in der Strategiestudie Neusiedler See (Wolfram *et al.* 2014b) definiert sind, erreicht werden können. In mehreren Fällen besteht ein Interessenkonflikt, der es notwendig macht, verschiedene Ziele in Hinblick auf die Ökosystemleistungen gegeneinander abzuwägen. Soll man sich die Verlandung des offenen Sees oder eher jene Verlandung des Schilfgürtels verhindern? Wiegen die positiven Auswirkungen eines intensivierten Wasser- und Stoffaustausches zwischen offenem See und Schilfgürtel mehr als die negativen Effekte durch die Mobilisierung von Schadstoffen, die sonst sicher im Sediment innerhalb des Schilfgürtels abgelagert werden? Und schließlich: Können oder sollen wir den See so belassen, wie er ist, d.h. ohne künftige Eingriffe und Maßnahmen, mit dem Ziel, die natürlichen Prozesse und die natürliche Dynamik zu unterstützen?

Es ist offensichtlich, dass eine Priorisierung der Ziele und in der Folge der Maßnahmen notwendig ist. Letztendlich müssen neben den wasserwirtschaftlichen Zielen auch das Ausmaß, die Kosten und mögliche Nebenwirkungen der Maßnahmen berücksichtigt werden.

Im Folgenden schlagen wir eine gestaffelte Betrachtung von Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Sedimentmanagement vor:

- A. Vermeidung von externen Einträgen
- B. Beeinflussung (oder Kontrolle) von internen Prozessen
- C. Direkter Eingriff durch Sedimententnahme

Die **Vermeidung** oder Minimierung von externen Einträgen beginnt im Einzugsgebiet. Die Maßnahmen, die dieses Ziel betreffen, wurden bereits in Kapitel 2 diskutiert.

Die **Beeinflussung** interner Prozesse umfasst Maßnahmen, die helfen, die autochthone mineralische Sedimentbildung und die organische Sedimentproduktion gering zu halten, sowie Maßnahmen zur Verbesserung des Wasseraustausches zwischen dem offenen See und dem Schilfgürtel.

Maßnahmen, die die autochthone Sedimentbildung gering halten, zielen darauf ab,

- signifikante Einträge von kalkreichem Wasser aus Zuflüssen oder anderen Quellen zu vermeiden,
- die Mineralisierung von organischem Material zu verstärken, indem der Natriumgehalt und der pH-Wert hoch gehalten oder sogar erhöht werden. Dies kann erreicht werden, indem Abflüsse von salzreichem Wasser aus dem See so weit wie möglich vermieden werden.

Maßnahmen zur Verbesserung des Wasseraustausches zwischen dem offenen See und dem Schilfgürtel zielen darauf ab,

- das bestehende Netz von Schilfkanälen auszubauen, um
 - den Schilfgürtel mit sauerstoffreichem Wasser aus dem offenen See zu versorgen, um die Redox-Bedingungen an der Sediment-Wasser-Grenze zu verbessern und den Abbau von organischem Material zu unterstützen,
 - Nährstoffe aus dem offenen See in den Schilfgürtel zu exportieren und damit die Wasserqualität im offenen See zu verbessern,
 - gelöste organische Stoffe aus den Braunwasserbereichen innerhalb des Schilfgürtels in den offenen See zu exportieren, wo schwer abbaubare organische Stoffe effektiver aufgespalten und mineralisiert werden können (ständige Sauerstoffzufuhr, hohe Oberfläche für Biofilm, hohe UV-Strahlung in einem ungeschützten Bereich) und somit aus dem System entfernt werden.

Ein verstärkter Export von Wasser aus dem Schilfgürtel in den offenen See kann natürlich auch zu unerwünschten Nebeneffekten wie dem Export von persistenten Schadstoffen führen. Das Aufwirbeln des Sediments im Schilfgürtel im Laufe von Ertüchtigungsmaßnahmen lässt sich nicht vermeiden, aber möglicherweise lassen sich die Techniken so modifizieren, dass die negativen Auswirkungen unmittelbar nach dem Ausbaggern gering gehalten werden. Ideen in diese Richtung (wie auch unten vorgeschlagen) sollten in Zusammenarbeit mit erfahrenen Baggerfahrern diskutiert werden. Eine Option könnte sein, im inneren Schilfgürtel zu beginnen und die Verbindung zum offenen See nach einer Erholungsphase von mehreren Tagen abzuschließen, damit sich Sediment (und adsorbierte Schadstoffe) wieder absetzen können.

- einen hohen Wasserstand zu ermöglichen. Da der Wasserhaushalt des Neusiedler Sees hauptsächlich durch Niederschlag und Verdunstung bestimmt wird, gibt es nur wenige Möglichkeiten, darauf Einfluss zu nehmen: die Anhebung des Grenzwasserstandes, ab dem das Wasser über den Einser-Kanal abgeleitet wird, und die zusätzliche Zuführung von Fremdwasser. Eine Fremdwasserzufuhr zum See wurde nach langen Trockenperioden und niedrigen Wasserständen immer wieder diskutiert. Einer der ersten konkreten Lösungsvorschläge stammt aus dem Jahr 1929, die letzte umfassende

Untersuchung wurde im Auftrag der Burgenländischen Landesregierung von Zessner *et al.* (2012) durchgeführt („Neusiedlersee – Ökodynamische Rehabilitation“). In jüngster Zeit im Trockenjahr 2020 wurde erneut eine Fremdwasserzufuhr diskutiert. Dabei ist zu beachten, dass diese dem oben genannten Ziel, den externen Nährstoff- und Calciumeintrag zu minimieren, um die Calcitsedimentbildung gering zu halten, aber auch den Anforderungen aus naturschutzfachlicher Sicht (hohe Variabilität der Wasserstände) widerspricht. Optionen einer Fremdwasserzufuhr sind nur dann zu rechtfertigen, wenn die Wasserbilanz infolge der globalen Erwärmung zunehmend negativ wird.

Die **Sedimententnahme** ist eine kostspielige Maßnahme mit primär lokaler Wirkung. Wie die Berechnungen im REBEN-Bericht Nr. 7 (Wolfram *et al.* 2020a) gezeigt haben, sind sie jedoch im Vergleich zu externen Einträgen aus dem Einzugsgebiet und zur autochthonen mineralischen Sedimentbildung keineswegs irrelevant. Vielmehr können sie einen maßgeblichen Einfluss auf den Sedimenthaushalt des gesamten Sees haben.

Maßnahmen, die das Sediment aus dem gesamten System entfernen, sind solchen vorzuziehen, bei denen das Sediment im Seebecken verbleibt und nur lokal deponiert wird, aber von weiteren Sedimenttransportprozessen ausgeschlossen ist. Während derzeit die Sedimententfernung durch Saugbaggerungen auf Segelhäfen und kleinräumige Badebereiche beschränkt ist, sollte die Möglichkeit der Einbeziehung anderer, größerer Gebiete in Betracht gezogen werden. Da man mit der räumlichen Ausdehnung einer solchen Maßnahme neue Wege beschreiten würde, sollten die Auswirkungen durch Beweissicherungen gut untersucht werden, z.B. hinsichtlich der Resilienz einer ausgebaggerten Fläche bezüglich der Wiederbesiedlung durch benthische Wirbellose und damit deren Wiederherstellung als Nahrungsgrundlage für Fische.

Wenn Maßnahmen zur Sedimententnahme nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich ausgedehnt werden, sollte erwogen werden, diese nicht nur gelegentlich durchzuführen, sondern z.B. auch eine wiederholte Entnahme durch feste Einrichtungen (z.B. Rohrleitungen) zu ermöglichen. Diese Option sollte gesondert bewertet werden.

In Bezug auf das Ausbaggern von Sedimenten in Kanälen sind folgende Vorgangsweisen möglich:

- Vollständiges Entfernen des Materials aus dem Seebecken (analog zu den Baggerungen aus Segelhäfen und Badebereichen)
- Deponierung des Sediments entlang der Kanäle (derzeitige Praxis)
- Deponierung des Sediments entlang der Kanäle, aber mit Öffnungen, vorzugsweise nicht nach einem regelmäßigen Muster, sondern an Stellen, an denen eine effektive Verbindung zwischen offenen Wasserflächen und Kanälen erreicht werden kann

- Deponierung des Sediments nicht entlang der Kanäle (lineare Deponierung), sondern an ausgewählten Ablagerungsflächen (wohin es transportiert werden müsste)

Es gibt aus Sicht der Verfasser eine klare Präferenz für die erste Variante, allerdings stehen dem technische Einschränkungen, Kosten und Platzverfügbarkeit entgegen, letzteres sowohl in Bezug auf Deponierung innerhalb des Schilfgürtels als auch außerhalb des Seebeckens.

Davon abgesehen stellen sich grundsätzliche Fragen nach der Anzahl der Kanäle, deren Lage und Größe. Die Berechnungen zum REBEN-Synthesebericht haben gezeigt, dass Kanäle als effektive Wege des Stofftransports dienen können, wenn sie an große Wasserflächen im inneren Schilfgürtel angeschlossen sind. Deren gibt es nicht viele, sie liegen vor allem im Bereich von Mörbisch und Illmitz. Kanäle haben jedoch nur eine begrenzte Wirkung, wenn sie durch dichte Schilfbestände führen, wie sie den äußeren, mehrere 100 m breiten Schilfsaum entlang des Westufers des Sees kennzeichnen.

Modellrechnungen im ungarischen Teil des Schilfgürtels haben gezeigt, dass starke Windeinflüsse je nach Gestaltung des Kanalnetzes auch zu Zirkulationsströmungen führen können. Aufgrund der geringen Strömungsgeschwindigkeiten kommt es nicht zu einer Aufwirbelung von Feinsedimenten, die Strömungen führen jedoch zu einem erheblichen Eintrag von trübem Seewasser und einem Austrag von Braunwasser durch Kanäle in verschiedenen Teilen des Schilfgürtels (Fertő 2019 Consortium (Hungary) 2020; Krámer *et al.* 2019). In Österreich kommen vergleichbare Zirkulationsströme nur lokal vor (z.B. am Kanal zur Biologischen Station Illmitz oder an der Bucht unmittelbar nördlich des Seebades Illmitz). Es erscheint sinnvoll, diese Form eines Netzwerks von Schilfkanälen zu fördern, um den Wasseraustausch zu erhöhen.

Was die Gestaltung der Kanäle anlangt, so ermöglichen geradlinige Kanäle einen effektiveren Wasserfluss als gewundene Kanäle mit engen Abschnitten. Die Breite der Kanäle sollte mindestens 5 m betragen, damit Ertüchtigungen nicht in zu kurzen Zeitabständen notwendig werden. Eine spezielle Ausrichtung der Kanäle nach bestimmten Himmelsrichtungen (d.h. bevorzugten Windrichtungen) wird in den Maßnahmenvorschlägen nicht berücksichtigt, da der Spielraum für Alternativen in dieser Hinsicht ohnehin begrenzt ist.

Abschließend schlagen wir vor, sich in einem ersten Schritt auf die bestehenden (alten) Kanäle zu konzentrieren, anstatt neue zu schaffen, um diese künstlichen Eingriffe in das Ökosystem zu begrenzen. Auf der Grundlage eines verbesserten digitalen Höhenmodells für den Schilfgürtel – welches allerdings noch aussteht – und der im Projekt REBEN sowohl von ungarischen als auch von österreichischen Hydrologen getestet und verwendeten Modelle kann ein konkreter Entwurf eines Kanalnetzes, seiner Auswirkungen auf die

Strömungen durch den Schilfgürtel und Möglichkeiten zu deren Optimierung erstellt werden. Es wird empfohlen, eine Kerngruppe aus Experten und Vertretern von Grundeigentümern, dem Land Burgenland, Gemeinden und Interessenvertretern zu bilden, die sich in regelmäßigen (jährlich) stattfindenden Besprechungen darüber abstimmt, wann bzw. welche Kanäle ertüchtigt werden sollen.

Zusammenfassung der vorgeschlagenen Maßnahmen

- 4-1 Evaluierung der Wehrbetriebsordnung des Wehrs bei Mexikópuszta und des Einser-Kanals bei Mosonszentjános (→ hoher Wasserstand und reduzierte Salzverluste); Untersuchung zur Ausgestaltung des Mündungsbereichs des Einser-Kanals
- 4-2 Bewertung der Möglichkeiten, Vor- und Nachteile einer Fremdwasserzufuhr → hoher Wasserstand, aber verstärkte Calcitbildung durch Zufuhr von calciumreichem Wasser
- 4-3 Verstärkung und Ausbau des bestehenden Kanalnetzes im österreichischen Teil des Schilfgürtels (außerhalb der Schutzzone des Nationalparks)
 - 4-3-1 Etablierung einer Kerngruppe von Experten und Vertretern von Interessengruppen zur regelmäßigen Abstimmung darüber, wann und welche Kanäle ertüchtigt werden sollen. Die Erhaltung der Kanäle muss in Übereinstimmung mit den gesetzlichen Vorgaben der Wasserwirtschaft und des Naturschutzes erfolgen.
 - 4-3-2 In einem ersten Schritt sollte man sich auf bestehende (alte) Kanäle konzentrieren, anstatt neue zu schaffen, um Eingriffe in das Ökosystem zu begrenzen
 - 4-3-3 In einem zweiten Schritt sollten Kanalzirkulationsströme durch den Schilfgürtel bei Illmitz gefördert werden, wobei die Import- und Exportprozesse begleitend zu untersuchen sind
 - 4-3-4 Langfristig Entwicklung eines konkreten Entwurfs eines Kanalnetzes für den Schilfgürtel auf der Grundlage eines verbesserten digitalen Höhenmodells und einer hydrologischen Modellierung
 - 4-3-5 Evaluierung von Optionen und Kosten zur dauerhaften Entfernung von ausgebaggertem Sediment aus den Kanälen (diese Maßnahme wird derzeit von der Naturschutzbehörde abgelehnt)
 - 4-3-6 Evaluierung von Optionen zur Bildung von Deponien innerhalb des Schilfgürtels anstelle der Schaffung von Längsdämmen entlang der Schilfkanäle
 - 4-3-7 Falls das Sediment entlang der Kanäle deponiert wird (wie derzeit bei der Kanalertüchtigung in Österreich üblich) → Schaffung von Dammöffnungen zur Verbindung des Kanals mit umliegenden offenen Wasserflächen und Kanälen
 - 4-3-8 Evaluierung von Optionen, um den Export von Sediment und Schadstoffen aus dem Schilfgürtel in den offenen See während und unmittelbar nach dem

- Ausbaggern zu minimieren (z.B. Erholungsphase vor der endgültigen Öffnung zum offenen See)
- 4-3-9 Bei der Planung von neuen Kanälen Vermeidung einer gewundener Linienführung; Kanäle sollten stattdessen eher gerade und breit genug (mindestens 5 m) angelegt werden, um einen effektiven Wassertransport zu ermöglichen
 - 4-4 Evaluierung von Kosten für die dauerhafte Sedimententfernung aus Segelhäfen und Buchten (fixe Installationen), begleitet von Beweissicherungen
 - 4-5 Etablierung eines GIS-basierten Dokumentationssystems über alle Eingriffe in das Sediment des Sees, einschließlich Kanalertüchtigung, ausgebaggte Flächen, Sedimentdeponierungen und Abschätzungen der Sedimentkubatur in Segelhäfen und Buchten
 - 4-6 Durchführung einer homogenen, grenzüberschreitenden, flächendeckenden 3D-Vermessung der Ausdehnung und räumlichen Verteilung der Sedimentschichten und Erstellung von digitalen Oberflächenmodellen zur räumlich-zeitlichen volumetrischen Bewertung von Veränderungen in einem 10-Jahres-Intervall

5 SCHILFMANAGEMENT

5.1 Wesentliche Ergebnisse von REBEN

Status quo und Entwicklung des Schilfgürtels im 20. Jahrhundert

Der Schilfgürtel des Neusiedler Sees umfasst ca. 181 km² einschließlich der See-Land-Übergangszone, wobei ca. 64 km² auf ungarischem und ca. 117 km² auf österreichischem Gebiet liegen (Csaplovics 2019). Es stellt damit das zweitgrößte geschlossene Schilfgebiet in Europa dar und gilt als eine Zone mit besonders hoher Empfindlichkeit für die Landschaft (Wolfram *et al.* 2014b). Die eminente Bedeutung des Schilfgürtels für die Ökologie des Sees ist hinlänglich bekannt und muss nicht näher erläutert werden. Es besteht heute auch Einigkeit darüber, dass die ökologische Schutzfunktion des Schilfgürtels durch entsprechende Pflege- und Bewirtschaftungsformen sichergestellt werden muss (Landesentwicklungsprogramm Burgenland 2011, LGBl. Nr. 71/2011).

Es sollte dabei jedoch nicht vergessen werden, dass der Schilfgürtel des Neusiedler Sees im Grunde relativ jung ist. Obwohl es Berichte über Sumpf- und Schilfgebiete in früheren Jahrhunderten gibt (Csaplovics 2019), erfuhr der Schilfgürtel erst nach der letzten Austrocknung in den 1860er Jahren eine merkliche Zunahme. Die Hauptperiode der Ausdehnung der Schilfgebiete begann nach 1900 nach dem Bau des Einser-Kanals als künstlicher Abfluss des Sees.

In Zeiten niedriger Wasserstände in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gab die Ausdehnung des Schilfgürtels Anlass zur Sorge, dass der See mit Schilf überwuchert werden könnte. Mit der Inbetriebnahme der Wehranlage am Einser-Kanal Höhe Meksikópuszta im Jahr 1965 wurde der durchschnittliche Wasserstand des Sees um mehrere Dezimeter angehoben, was die Ausbreitung des Schilfgürtels seewärts verlangsamte oder sogar stoppte (und gleichzeitig seine Ausbreitung auf ehemaligen Seewiesen am landseitigen Rand des Seebeckens verstärkte). Neuere Kartierungen zeigten eine Stabilisierung der seitlichen Ausdehnung des Schilfgürtels (Csaplovics *et al.* 2020; Király 2019).

Freilich bedeutet der Begriff „Stabilisierung“ bei weitem nicht, dass der Schilfgürtel keinen weiteren Veränderungen unterliegt. Csaplovics (2019) weist auf die fortschreitende Verschlechterung der Schilfstruktur hin: Zwischen 1979 und 2008 stieg der Anteil der Braunwasserflächen im Schilfgürtel im österreichischen Teil von 2,42 km² (Csaplovics 1982) auf 12,54 km² (Csaplovics & Schmidt 2011b). Die Gründe dafür sind unklar und könnten mit einer unzureichenden Nährstoff- oder Sauerstoffverfügbarkeit (Redox-Verhältnisse) im Schilfgürtel zusammenhängen. Allerdings werden in der Literatur viele andere Ursachen

für einen Rückgang der Schilfbestände diskutiert und können für den Neusiedler See nicht ausgeschlossen werden, z.B. hydro-morphologische Einflüsse (Binz-Reist 1989), allelopathische Substanzen (Armstrong & Armstrong 2001), Fraßdruck durch pflanzenfressende Tiere (Ritterbusch-Nauwerck 1995) oder Schwermetallbelastung (Lastrucci *et al.* 2016) (für eine allgemeine Diskussion zu diesem Thema siehe Ostendorp (1989)).

Neben Veränderungen der Schilfflächen und Verschiebungen verschiedener Schilfklassen wurde auch eine Erhöhung des Sediments innerhalb des Schilfgürtels beobachtet, die jedoch schwieriger zu dokumentieren ist und im Vergleich zur Flächenausdehnung oder der Degradierung von Schilfbeständen relativ unbemerkt erfolgt.

Ziele – und eine schwache Wissensbasis für Maßnahmen

Ein Hauptziel der Wasserwirtschaft ist der Schutz des Schilfgürtels des Neusiedler Sees als Lebensraum und die Erhaltung seiner Funktion für den gesamten See. Gleichzeitig soll aber auch ein übermäßiges Wachstum des Schilfgürtels auf Kosten der offenen Seefläche vermieden werden – was aber, wie oben erwähnt, derzeit kein Problem darstellt. Der Fokus der wasserwirtschaftlichen Maßnahmen sollte daher eher auf der Sedimentation „in der Vertikalen“ liegen, d.h. auf der Akkumulation bzw. dem Abbau des jährlich anfallenden organischen Materials.

Um zu klären, wie diese Ziele erreicht werden sollen, muss zunächst geklärt werden, welche Biomasse im Schilfgürtel tatsächlich vorhanden ist, jährlich produziert und am Seegrund akkumuliert wird. Leider und überraschenderweise ist unser Wissen über Produktion und Absterben im Schilfgürtel und noch mehr über Abbau und Akkumulation unvollständig.

Burian *et al.* (1986) geben einen Bereich der jährlichen Produktion von 9–12 t/ha für ungeschnittene und 10–22 t/ha für geschnittene Schilfgebiete an. Als grober Richtwert kann die durchschnittliche Jahresproduktion mit 10 t/ha (1 kg/m²) angesetzt werden. Dies liegt in dem Bereich (0,8–6 kg/m² pro Jahr), der von Whittaker & Likens (1975, zit. in Ostendorp (1993)) für Sümpfe, Marschen und Schilf angegeben wurde, und ähnelt sehr stark einer neueren Schätzung von Dietrich & Gamauf (1998) (12–18 t/ha pro Jahr).

Eine einfache Hochrechnung auf den gesamten Schilfgürtel (ca. 180 km²) würde eine jährliche Produktion von 180 000 t (Trockenmasse) ergeben, von der nur ein kleiner Teil jährlich geerntet wird (ca. 10 000 t in Österreich, ca. 14 000 t/a in Ungarn in den 1970er und 1980er Jahren). Nach einer früheren Schätzung von Löffler (1974) entspricht dies etwa ¼ der gesamten Biomasse, wovon ein erheblicher Anteil auf die unterirdische Produktion entfällt; die Autoren gingen von einem Verhältnis der Biomasse unterirdisch : oberirdisch von 1 : 1 aus. Burian *et al.* (1986) geben ein Verhältnis von 2 : 1 bis 3 : 1 auf dem Höhepunkt

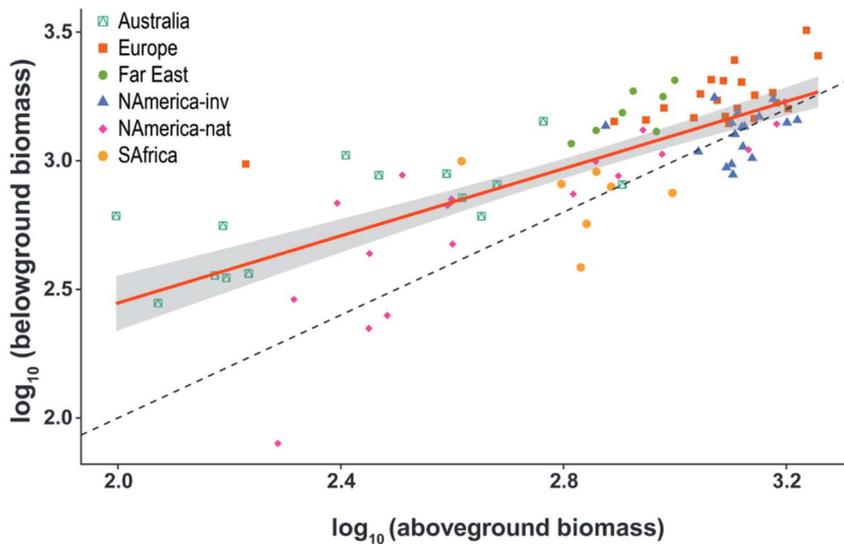


Abbildung 3.
Allometrische
Beziehungen zwischen
der Biomasse der
verschiedenen Schilf-
organe. Gestrichelte
Linien stellen iso-
metrische Linien dar
(Steigung = 1),
durchgezogene rote
Linien stellen
signifikante
Beziehungen zwischen
den Variablen dar. Aus:
Pyšek et al. (2019).

der Vegetationsperiode an. Eine aktuelle vergleichende Auswertung von Pyšek *et al.* (2019) zeigt – bei einem ausgeprägten allometrischen Verhältnis – in den meisten Fällen eine deutlich höhere Biomasse unterirdisch als oberirdisch (Abbildung 3).

Die hier angegebenen Zahlen beziehen sich auf die Trockenmasse. Nach Burian *et al.* (1986) beträgt die Trockenmasse in den Blättern 10–20% des Frischgewichts, in den Trieben 30–50% und im Stängel etwa 80%, nimmt aber jahreszeitlich bedingt von durchschnittlich 70–75% im Frühjahr auf 45–50% ab. In anderen Studien wird der Kohlenstoffgehalt mit 40% bis 45% angegeben (Obolewski *et al.* 2007; Pyšek *et al.* 2019), der Aschegehalt mit 3–13% (Baran *et al.* 2002; Gelosia *et al.* 2015; Rodewald-Rudescu 1974).

Soll Schilf entfernt werden? Wenn ja, wie und in welchem Umfang?

Angesichts der fortschreitenden vertikalen Erhöhung der Sedimenthöhe im Schilfgürtel durch unvollständige Zersetzung der organischen Substanz erscheint eine regelmäßige Reduzierung der Schilfbestände aus wasserwirtschaftlicher Sicht sinnvoll. Dieses Ziel steht im Einklang mit den Belangen des Naturschutzes (mit dem Ziel der Reduzierung von mehrjährigem Schilf), aber auch der Schilfschneider, die junges und intaktes Schilf bevorzugen.

Die einzigen beiden quantitativ relevanten Methoden zur Reduzierung der Schilfbiomasse sind die Ernte durch Schilfschnitt und das Abbrennen. Wie Untersuchungen in den 1980er Jahren zeigten, ist das Schneiden (Ernten) nur als Winterschnitt nachhaltig, während der Grünschnitt als nachteilig für die Nährstoffbilanz angesehen wird (Gunatilaka 1986). Da auch das Abbrennen im Frühjahr und Sommer aus ökologischen Gründen vermieden werden sollte, beschränkt sich der Biomasseabbau in beiden Fällen auf die Winterperiode.



Abbildung 4. Luftbild eines Schilfbrandes am Nordufer des Neusiedler Sees im Januar 1984. Foto aus dem Burgenländischen Landesarchiv (Nr. 15741 LM 2009), entnommen aus der Masterarbeit von Führer (2010).

Die jährlich durch die **Ernte** entfernte Schilfmenge und die betroffenen Flächen sind recht gut bekannt (siehe Bericht 2 der österreichischen Experten). Auch zu den (oft negativen) Auswirkungen der Schilfernte liegen Erfahrungen vor. Die mechanische Beschädigung durch schwere Erntemaschinen kann langanhaltende Effekte verursachen, aber auch das „Plätten“, d.h. das Niederwalzen von Altschilf, um das Aufkommen von Jungschilf im Folgejahr zu begünstigen, ist aus wasserwirtschaftlicher Sicht abzulehnen. Diese beiden Effekte, quasi Kollateralschäden des Schilfschnittes, sind langfristig wahrscheinlich nachteiliger als der Vorteil der Biomassegewinnung durch die jährliche Ernte.

Die Auswirkungen von **Feuer** sind wesentlich schwieriger abzuschätzen. Bedenken bestehen vor allem im Hinblick auf mögliche ökologische Auswirkungen auf die Fauna im Schilfgürtel, aber auch erhöhte Emissionen in die Atmosphäre werden als nachteilig angesehen. (Auch sollte man nicht die negative öffentliche Wahrnehmung von Feuer im Allgemeinen außer Acht lassen. Es wird als zerstörerisch und damit auch nachteilig für ein Ökosystem gesehen).

Grundsätzlich ist das Brandmanagement eine sehr effiziente und kostengünstige Möglichkeit, die Biomasse zu reduzieren. Wie bei der Ernte betrifft das Brandmanagement, zumindest auf den ersten Blick, nur das oberirdische Schilf und ist auch (und insbesondere) auf altes Schilf anwendbar, das für Schilfschneider unattraktiv ist. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass ein Feuer bei niedrigem Wasserstand in einem weitgehend trockenen Gebiet das Potenzial hat, auch die angesammelte bodennahe Schilfstreu zu verbrennen und durch Mineralisierung aus dem System zu entfernen. Es könnte also ein interessanter Ansatz sein, um die Menge an nicht abgebautem organischem Material zu reduzieren.

Der Anteil der jährlichen Akkumulation am Gesamtbestand und an der Jahresproduktion kann derzeit nicht mit Sicherheit abgeschätzt werden, aber es besteht kein Zweifel daran, dass langfristig nicht die gesamte organische Produktion abgebaut wird. Nach Ostendorp (1993) ist die Abbaurate durch Mikroorganismen und Detritivore unter ungünstigen Bedingungen (hohe Produktion, Sauerstoffmangel in der Streuschicht, Nährstoffmangel, pH-Werte weit unter 7) geringer als die jährliche Produktion, was zur Bildung von humusreichem „Schilftorf“ führt. Im Schilfgürtel des Neusiedler Sees spiegelt sich dies in den hohen Konzentrationen an gelöstem organischem Stickstoff und Kohlenstoff (DON, DOC) wider, wie an vereinzelt Stellen des Schilfgürtels bei Illmitz nachgewiesen wurde (Bericht Nr. 3 der österreichischen Experten).

Im Bericht Nr. 2 der österreichischen Experten wurde der Anteil an nicht mineralisiertem Schilf auf 1–5% geschätzt, was in der Größenordnung des Schätzwertes für die Schilfbestände am Bodensee (4%) liegt (Ostendorp 1988). Natürlich hat Feuer keinen Einfluss auf diese akkumulierte organische Substanz während der Inundation der Brandfläche und auch nicht, wenn die organische Substanz bereits von mineralischem Sediment bedeckt ist, eine teilweise Mineralisierung der oberflächennahen organischen Substanz auf der trockenen oder nur feuchten Sedimentoberfläche scheint jedoch möglich.

Neben dem Schnitt- und Brandmanagement gibt es einen dritten Ansatz, um nicht nur die flächenmäßige Ausdehnung des Schilfgürtels, sondern auch die Zersetzungsprozesse im Schilfgürtel zu beeinflussen: das Wasserstandsmanagement. Es kann diese Prozesse und damit auch die Anreicherung von nicht abgebauter organischer Substanz auf unterschiedliche Weise beeinflussen.

Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass das Austrocknen des Schilfgürtels bei niedrigem Wasserstand den Abbau von organischem Material aufgrund der Verfügbarkeit von Luftsauerstoff fördert. Dies sollte zumindest zeitweise in den oft trockenfallenden landwärtigen Bereichen des Schilfgürtels zu beobachten sein. Ob dies tatsächlich der Fall ist, ist jedoch nicht bekannt. Auch ein gegenteiliger Effekt, nämlich ein Vordringen anderer Pflanzen und eine Vergrößerung der Pflanzenmasse, ist denkbar.

Gunatilaka (1986) nahm an, dass die Zersetzung von organischem Material gefördert wird, wenn der Wasserstand nach hohen Werten (und anaeroben Bedingungen) im Frühjahr/Sommer zum Herbst hin absinkt und eine bessere Durchlüftung der oberen Streuschicht ermöglicht. Eine bessere Sauerstoffversorgung kann aber auch durch einen verstärkten Wasseraustausch zwischen dem Schilfgürtel und dem offenen See erreicht werden, zumindest in den Bereichen, die von einströmendem Seewasser erreicht werden (siehe REBEN-Synthesebericht, Wolfram *et al.* (2020b), und Kapitel 4 dieses Berichts).

Derzeit können wir keine der drei Hypothesen – verstärkter Abbau von organischem Material a) in trocken gefallen Bereichen, b) im Flachwasser und c) durch verstärkten

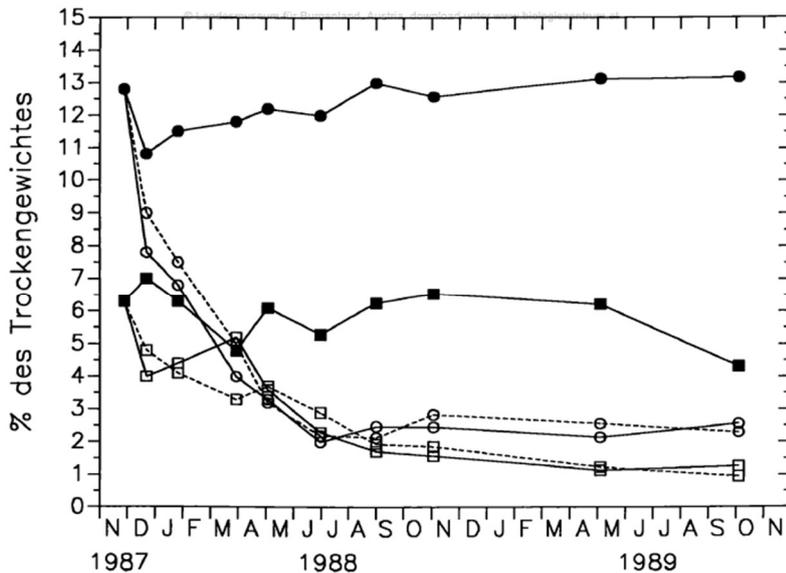


Abbildung 5. Aschegehalt der Blatt- und Halmstreu von Schilf in Langzeitversuchen im November 1987 (Hietz 1989). Kreise = Blätter, Quadrate = Halme, gefüllte Symbole = über Wasser, offene Symbole = unter Wasser, gestrichelte Linie = in feinmaschigem Sack eingeschlossene Schilfteile, durchgezogene Linie = in grobmaschigem Sack eingeschlossen.

Austausch mit dem offenen See – mit Sicherheit verwerfen. Wahrscheinlich ist eine Kombination verschiedener Prozesse notwendig, um den Abbau zu fördern und damit die Anreicherung von organischem Material zu verlangsamen. Nach Einschätzung der Verfasser überwiegen derzeit die Argumente für die dritte Hypothese, d.h. für einen intensivierten Abbau bei verstärktem Wasseraustausch und damit einen hohen Wasserstand. Dafür sprechen auch frühere Abbauversuche von Hietz (1989), der einen effektiveren Abbau der organischen Substanz unter Wasser als über Wasser nachwies. Zur Klärung dieser wichtigen Frage ist jedoch ein besserer Nachweis erforderlich (Abbildung 5).

5.2 Maßnahmen

Abschließend zur Diskussion über Vor- und Nachteile im vorigen Abschnitt befürworten wir eine nachhaltige Nutzung des Schilfs für die Ernte, sofern die negativen Nebeneffekte schwerer Maschinen auf die Rhizomstruktur und die Praxis des Plättens vermieden wird. Die Genehmigungen, jährlichen Erntepläne und die aktuelle Dokumentation des Schilfschnitts (wie von Ornithologen durchgeführt und im GIS für den österreichischen Teil des Sees erfasst, siehe Korner *et al.* (2014)) sollten eine Aufgabe der Wasserwirtschaftsbehörden in Zusammenarbeit mit Naturschutzvertretern und Schilferntebetrieben werden. Die Ernte selbst ist in den folgenden Maßnahmen nicht enthalten, da sie nicht in der Zuständigkeit der Wasserwirtschaftsbehörden liegt. Da das Schilfschneidegeschäft jedoch aufgrund eines erhöhten Angebots an billigem Schilf auf dem internationalen Markt unter starkem wirtschaftlichen Druck steht, sollte eine finanzielle oder anderweitige

Unterstützung der Schilferntebetriebe als wertvolle wasserwirtschaftliche Maßnahme in Betracht gezogen werden.

Auch die Idee des Brandmanagements wird von den Verfassern als Maßnahme zur Reduzierung der Biomasse im Schilfgürtel des Neusiedler Sees unterstützt. Es ist klar, dass bei der Umsetzung dieser Option die Risiken für negative Auswirkungen auf die terrestrische Fauna des Schilfgürtels (Vögel, Säugetiere, Wirbellose) berücksichtigt werden müssen, insbesondere durch eine sorgfältige Planung und durch die Begrenzung der möglichen Zeitpunkte einer solchen Maßnahme. Auch das Risiko möglicher Schäden an der Infrastruktur durch ein außer Kontrolle geratenes Feuer muss so gering wie möglich gehalten werden, z.B. durch die Einrichtung von Brandschneisen. Nicht außer Acht gelassen werden dürfen jedoch einige offene Fragen zu den kurzfristigen Auswirkungen von Schilfbränden auf die Stoffbilanzen, die nicht allein durch Analysen der chemischen Inhaltsstoffe im Schilf gelöst werden können. Schließlich müssen auch rechtliche Fragen geklärt werden. Führer (2010) hebt die Bedenken der Schilferntebetriebe hervor, falls diese für das Brandmanagement zuständig wären, u.a. den Aufwand für die Einreichung einer behördlichen Genehmigung, die Kosten und die Haftung. Daher werden die Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Brandmanagement als allgemeine Empfehlungen und als Grundlage für detailliertere Überlegungen und Diskussionen betrachtet.

Schließlich sind wir der Meinung, dass ein hoher Wasserstand und ein regelmäßiger Wasseraustausch zwischen dem offenen See und dem Schilfgürtel (resultierend aus regelmäßigem Windaufkommen und -abflachung und den damit einhergehenden Seiche-Bewegungen des Sees) die Sauerstoffversorgung im Schilfgürtel begünstigt und damit die Zersetzung organischer Substanz verbessert und Akkumulationsprozesse verlangsamt.

Zusätzlich zu diesen drei direkten und indirekten Eingriffen in den Schilfgürtel empfehlen wir, alle anderen Arbeiten innerhalb des Schilfgürtels (z.B. Kanalunterhaltung – siehe Kapitel 3 & 4; lokaler Schilfschnitt durch Jäger – siehe Anhang unten in diesem Kapitel) sowie Nutzungszonen innerhalb des Schilfgürtels (z.B. touristische Touren) in einer Geodatenbank zu erfassen, die allen beteiligten Akteuren oder auch der Öffentlichkeit (z.B. als Web-GIS-Tool) zur Verfügung gestellt werden könnte, um das Bewusstsein und das Wissen über die Nutzungen und Interessen der jeweils anderen zu erhöhen.

Zusammenfassung der vorgeschlagenen Maßnahmen

Schilfernte

- 5-1 Sammeln von Informationen über Genehmigungen und jährliche Erntepläne und Dokumentieren der jährlich geschnittenen Schilfflächen im GIS
- 5-2 In Zusammenarbeit mit Naturschutz und Schilfernteunternehmen: Unterstützung eines Transformationsprozesses der derzeitigen Schilfschneidepraxis hin zu einer nachhaltigen Nutzung ohne die derzeitigen negativen Auswirkungen
- 5-3 Evaluierung einer direkten oder indirekten Unterstützung nachhaltiger Schilfernte, um eine Praxis mit langer Tradition zu erhalten und zu bewahren, die das Potenzial hat, die Biomasse des Schilfgürtels effektiv zu reduzieren und die Tendenz zur verstärkten Akkumulation von organischem Material zu verlangsamen

Brandmanagement

- 5-4 Unterstützung der Entfernung von alten Schilfbeständen durch Brandmanagement im Winter in definierten Gebieten außerhalb des Nationalparks
 - Abklärung der Rechtsgrundlage für Genehmigungen (Häufigkeit, Fläche, Kontrolle)
 - Evaluierung der Errichtung breiter Kanäle oder Streifen aus geschnittenem Schilf als Brandschneisen gegen gefährdete Infrastruktur
 - Begleitung des Brandmanagements durch Untersuchungen zu Stoffhaushalt und Nährstoffexport sowie biologisches Monitoring

Wasserstandsmanagement

- 5-5 Begünstigung hoher Wasserstände durch Evaluierung von Optionen für erhöhte Schwellenwerte für den Abfluss durch das Wehr zum Einser-Kanal
- 5-6 Begünstigung des Austauschs zwischen offenem See und Schilfgürtel ... siehe Maßnahmen 4-3ff in Kapitel 4.2 dieses Berichts
- 5-7 Schließen von Wissenslücken über die Akkumulation von organischer Substanz im Schilfgürtel und über die Zersetzung von Schilf bei unterschiedlichen Umweltbedingungen

Allgemeine Fragen

- 5-8 Aufbau einer Geodatenbank mit grenzüberschreitend vereinheitlichter, räumlich-zeitlicher Erfassung von Struktur und Dichte der Schilfbestände (Schilfklassifizierung) im 10-Jahres-Intervall sowie der Dokumentation aller direkten und indirekten Eingriffe im Schilfgürtel (Ernte, Brandmanagement, Kanalertüchtigung, Zonen mit weiteren Nutzungen) zur Aufbereitung einer Datenbank, die allen beteiligten Akteuren bzw. der Öffentlichkeit als solche zur Verfügung steht (z.B. als webbasiertes GIS-Tool) mit dem Ziel, das öffentliche Bewusstsein dafür zu erhöhen

Addendum: Beispiele für Kanalertüchtigungen in Österreich

Die folgenden Karten, entnommen aus Google Earth, sollen vergangene Kanalertüchtigungen illustrieren (Beispiel 1 & 2) und Möglichkeiten für künftige Kanalertüchtigungen vorstellen (Beispiel 3).

Abbildung 6 zeigt ein Gebiet in der Nähe von Oggau, in dem in den Jahren (jeweils Winter) 2005/06, 2006/07, 2009/10, 2011/12, 2014/15 und 2015/16 nahezu wahllos und ungeplant Kanäle ausgebaggert, aber auch neu angelegt wurden (vgl. Abbildung 27 in Csaplovics *et al.* (2020)). Sie entsprechen nicht den oben genannten Empfehlungen und ermöglichen wahrscheinlich nur einen eingeschränkten Wasseraustausch. Die im rechten Bild gezeigten großen „Pools“ wurden zwischen 2003 und 2011 angelegt und dienen vermutlich als Enten-„Fallen“ für Jäger.



Abbildung 6. Ausschnitte aus Google Earth Satellitenbildern des Schilfgürtels bei Oggau. Links: mindestens bis 2003, rechts: mindestens seit 2011.

Abbildung 7 zeigt eine weitere Schilfgürtelfläche am Westufer des Neusiedler Sees in der Nähe des Ortes Breitenbrunn. Laut den vom Land Burgenland zur Verfügung gestellten GIS-Daten zur Kanalertüchtigung (vgl. Abbildung 27 in Csaplovics *et al.* (2020)) fanden Kanalausbaggerungen hauptsächlich im Winter 2010/11, 2013/14 und 2015/16 statt. Die kleinen, leicht mäandrierenden Kanäle aus dem Jahr 2010/11, die auf dem Bild aus dem Jahr 2012 (unten links in Abbildung 7) zu sehen sind, sind möglicherweise lediglich Spuren der Kanalbagger. Diese Kanäle wuchsen jedoch relativ rasch wieder zu. Während die meisten Kanäle in den inneren Teil des Schilfgürtels führen, verläuft ein Kanal parallel zum äußeren Schilfsaum (weißer Pfeil) und ist für den Wasseraustausch von geringem Nutzen. Auch die wechselnden Spuren von Schilfschneide- und Kanalbaggermaschinen im rechten oberen Feld der vier Bilder entsprechen nicht dem Ziel, einen effektiven Wasseraustausch zu fördern.

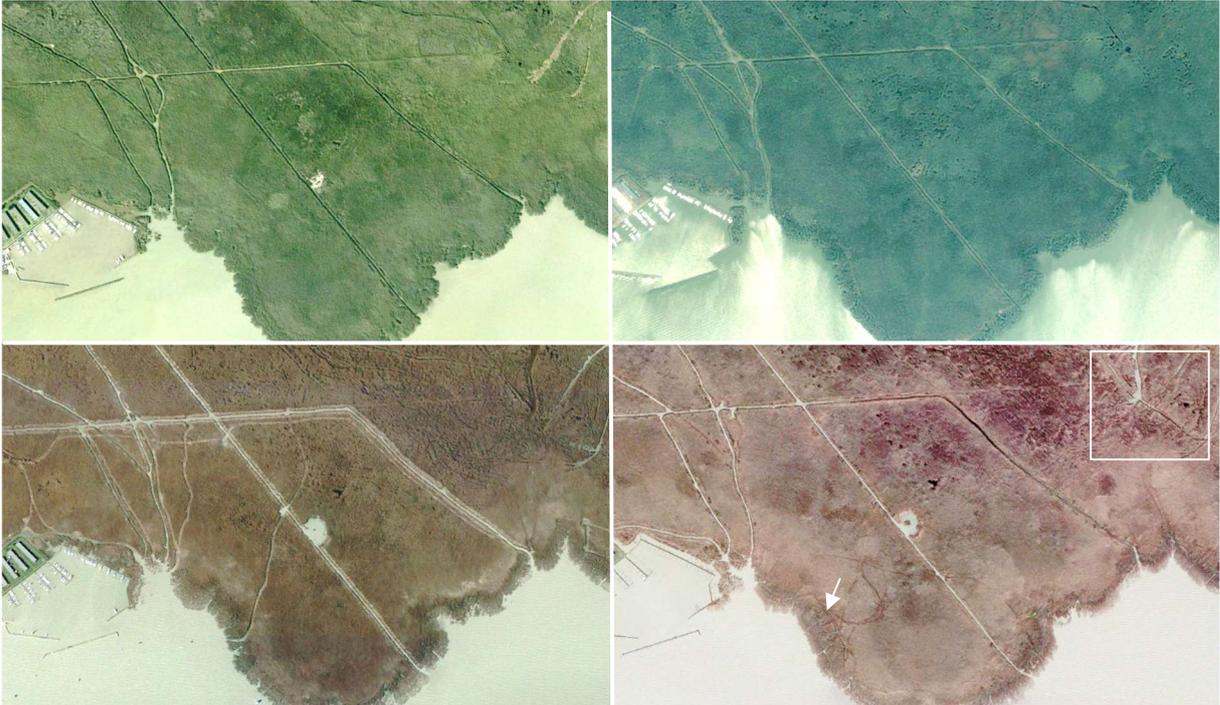


Abbildung 7. Ausschnitte aus Google Earth-Satellitenbildern des Schilfgürtels bei Breitenbrunn Resort. Oben links: Dez 2000, oben rechts: 26 Jun 2003, unten links: 28 Apr 2012, unten rechts: 29 Apr 2018. Pfeil und Quadrat werden im Text erklärt.

Das dritte Beispiel zeigt ein Gebiet bei Illmitz (Abbildung 8). Der Kanal vom offenen See zum Ruster Poschn ist stark verschlammt und zugewachsen. Eine Wiederherstellung dieses Kanals könnte einen effektiven Weg zum inneren Teil des Schilfgürtels in diesem Bereich schaffen. Ob er auch die Etablierung von Zirkulationsströmungen in Richtung Süden ermöglicht, sollte durch hydraulische Modellierung evaluiert werden.



Abbildung 8. Schilfkanal vom offenen See zur sogenannten Ruster Poschn bei Illmitz.

6 MONITORING

6.1 Laufende Monitoringprogramme

Derzeit sind unterschiedliche Monitoringprogramme und Anforderungen an das Monitoring definiert:

- Nationales Monitoringprogramm gemäß Wasserrahmenrichtlinie in Österreich
- Nationales Monitoringprogramm gemäß Wasserrahmenrichtlinie in Ungarn
- Monitoringprogramm der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission (ÖUGK)
- Lokales operatives Monitoring in Ungarn (Hydro-meteorologische Station)
- Lokales operatives Monitoring in Österreich (Biologische Station Illmitz)

In Österreich liegen die Wurzeln des Messnetzes nach der WRRL im hydrographischen Messnetz, wie es im österreichischen Wasserrechtsgesetz (WRG 1959 und Verordnungen zum Wasserrechtsgesetz) definiert ist.

In diesem Kapitel sind die Programme nach den Hauptthemen Seebecken & Sediment, Hydrologie, allgemeine physikalisch-chemische Parameter, Schadstoffe und Biologie aufgeteilt. Wo angebracht, werden die Anforderungen an die verschiedenen oben genannten Monitoringprogramme in jedem Unterkapitel nacheinander besprochen. Eine gemeinsame Beschreibung erfolgt schließlich in Kapitel 6.2.

6.1.1 Seebecken und Sediment

Das Projekt GeNeSee zielte auf eine umfassende topographische Vermessung des Seebeckens ab. Während der offene See mittels Ultraschall sehr detailliert vermessen werden konnte, blieben die bodenphysikalischen Messungen im Schilfgürtel hinter den Erwartungen zurück, die in der Strategiestudie geäußert worden waren (Csaplovics *et al.* 2014b; Csaplovics *et al.* 2020). Abgesehen von verstreuten Messungen gibt es keine aktuellen Daten zur Sedimenthöhe und -dicke im Schilfgürtel, insbesondere zur Höhe des sogenannten Seewalls. Um das Seevolumen aus dem Wasserstand zu berechnen, muss die alte Schlüsselkurve von Csaplovics *et al.* (1997) verwendet werden. Dies hat zur Folge, dass Veränderungen, die in den letzten 25 Jahren stattgefunden haben, mit dieser Formel nicht erfasst werden können. Es fehlen also grundlegende Daten über die rezente Topographie des Seebeckens und seiner Sedimentschichten. Folglich ist auch kein regelmäßiges Monitoring etabliert, um eine Abschätzung der langfristigen Veränderungen zu ermöglichen.

6.1.2 Hydrologie

6.1.2.1 Beschluss der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission

In einer Resolution der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission wurde ein gemeinsames Monitoringprogramm für die Hydromorphologie vereinbart (Tabelle 1).

Öffentliche Informationsdienste:

- Österreich: <https://wasser.bgld.gv.at> (Wasserstand)
- Ungarn: www.ferto-neusiedlersee.hu (Fertőrákos aktuelle Daten: Windrichtung, Windgeschwindigkeit (10 min. Durchschnitt, Lufttemperatur, Wassertemperatur, Wassertemperatur 50 cm über Grund, Wasserstand)

6.1.2.2 Detaillierte Beschreibung

Einen allgemeinen Überblick über das hydrologische Monitoring in Österreich geben Sailer & Maracek (2019). Der **Wasserstand** des Neusiedler Sees wird an sieben Stationen in 15-Minuten-Intervallen gemessen. Die Daten stehen der Öffentlichkeit unter <https://wasser.bgld.gv.at/hydrographie/der-neusiedler-see> zur Verfügung (Hydrographischer Dienst Burgenland 2020). Auf ungarischer Seite können aktuelle tägliche Wasserstandsdaten (gemessen um 7 Uhr morgens) von der Website des Wasserwirtschaftsgeneraldirektorats (2020) heruntergeladen werden, während ältere Daten beim Országos Vízügyi Szolgálat [National Water Service] (2020) verfügbar sind (Tabelle 2).

Das dichte Netz an bestehenden Wasserstandsmessern, die meisten davon in Österreich, ist ein wichtiges Element zur Erfassung der windinduzierten Bewegung der Wasseroberfläche. Dies ermöglicht die langfristige, kontinuierliche Abschätzung der Windeffekte auf den See anhand von Modellierungen (wie in der ungarischen REBEN-Studie durchgeführt), was für die Abschätzung der zeitlichen Abfolge von Wellen, Strömungen und dem schwerkraftbedingten Wasseraustausch zwischen dem See und dem Schilfgürtel unerlässlich ist.

Der **Oberflächenzufluss** der Wulka und des Golser Kanals wird bei Schützen/ Gebirge (HZB-Nr. 210096) bzw. bei Gols (HZB-Nr. 210369) in 15-Minuten-Intervallen gemessen. Die Daten können von der Website des *Hydrographischen Diensts Burgenland* (2020) frei heruntergeladen werden. Der Wasserstand des Rákos-Patak wird in Fertőrákos (Stations-ID: 000027) in 1-Stunden-Intervallen gemessen und die Abflussdaten werden vierteljährlich berechnet. Diese Daten sind nicht im Internet veröffentlicht.

Der **Abfluss über den Einser-Kanal** wird am Wehr in Mekszikópuszta geregelt (ÉDU-KÖVIZIG 2011; Kubu 2010). Daten zu Wasserstand und Abfluss im Kanal werden im *Wasserportal Burgenland* (Hydrographischer Dienst Burgenland 2020) dargestellt. Tägliche

Wasserstandsdaten sind auch auf der Website des Wasserwirtschaftsgeneraldirektorats (2020) verfügbar.

Laut *Wasserportal Burgenland* wird der **Niederschlag** an 4 Stationen direkt am See (Neusiedl, Rust, Illmitz, Apetlon) und weiteren 7 Stationen im Einzugsgebiet der Wulka und des Sees gemessen. Die eHyd-Website bietet Daten von 19 Stationen im Einzugsgebiet der Wulka und des Sees (eHyd 2020). Auf ungarischer Seite wird der Niederschlag in Fertőrákos (000336), Fertőújlak (000337) und Fertőboz (110215) mit täglicher Erfassungsrate gemessen. Die Daten werden nicht veröffentlicht.

Ein regelmäßiges Monitoring des **Grundwasserzu-** und **-abflusses** findet nicht statt. Aufgrund von Altersberechnungen mittels Isotopenanalysen (Rank 1986; Reitinger 1991) wird er als vernachlässigbar angesehen.

Die **Verdunstung** wird regelmäßig an der Biologischen Station Illmitz gemessen (Sailer & Maracek 2019). Die Daten werden zur Auswertung der Wasserbilanz verwendet, die als „verbleibendes“ Bilanzelement berechnet wird. In den letzten Jahren stimmen die Daten gut überein, und Abweichungen können durch saisonale Schwankungen des Schilfwachstums erklärt werden (K. Maracek, pers. Mitt.). Die Berechnungen über die Verdunstung werden jährlich unter den Vertretern der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission harmonisiert. Auf ungarischer Seite wird die Verdunstung in Fertőrákos (000336) in täglichen Intervallen gemessen, es sind zudem aus monatlichen meteorologischen Parametern berechnete Daten verfügbar. Weder die österreichischen noch die ungarischen Verdunstungsdaten werden auf einer Website veröffentlicht.

Tabelle 1. Von der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission vereinbarte hydromorphologische Parameter und Probenahmefrequenz.

Parameter	Untersuchungszeitraum	Häufigkeit/Jahr Ungarn	Häufigkeit/Jahr Österreich
Hydro-morphologische Qualitätselemente			
Wasserstand	jährlich	kontinuierlich, min. täglich	kontinuierlich, min. täglich
Wasserhaushalt	jährlich	1x	1x
Morphologie	Alle 6 Jahre	1x	1x

Tabelle 2. Hydrologische Monitoringstellen und Probenahmefrequenz in Österreich und Ungarn.

Elemente des Wasserhaushalts	Anzahl der Stellen		Häufigkeit		Verfügbar für die Öffentlichkeit	
	AT	HU	AT	HU	AT	HU
Wasserstand	7	1	15 min	täglich (7.00 Uhr)	B, C	C, D
Oberflächenzufluss	2	1	15 min	stündlich	+	D
Oberflächenabfluss	–	1	–	stündlich	+	C, D
Grundwasserzufluss	–	–	–	--	–	–
Grundwasserabfluss	–	–	–	--	–	–
Niederschlag See + Einzugsgebiet	4 + 7 *)	3	15 min	täglich (7.00 Uhr)	C, D	D
	2 + 17 **)	n.v.	n.v.	--	B	–
Verdunstung	1	1	–	täglich (7.00 Uhr)	–	D

A ... kostenloser Download aller Rohdaten, B ... kostenloser Download der Tagesmittelwerte bzw. Tagessummen aller Daten, jedoch letzte Daten 2 Jahre alt, C ... kostenloser Download der Rohdaten des aktuellen Monats, D ... Rohdaten werden auf Anfrage zur Verfügung gestellt

*) Wasserportal Burgenland (Hydrographischer Dienst Burgenland 2020), nur fernübertragene Daten

**) eHyd (2020), inklusive analoger Stationen

6.1.3 Allgemeine chemisch-physikalische Parameter

6.1.3.1 Monitoringprogramm nach dem Beschluss der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission

In einem Beschluss der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission (ÖUGK) wurde ein gemeinsames Monitoringprogramm für physikalisch-chemische Parameter vereinbart. Dieses Monitoring wird an 4 Standorten in Österreich und an 1 Standort in Ungarn durchgeführt (Tabelle 3). In beiden Ländern sind diese Standorte Teil des nationalen Monitoringprogrammes im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und in den

nationalen Plänen zur Bewirtschaftung der Flusseinzugsgebiete (NGP) enthalten. Die Analyseergebnisse (Tabelle 4) werden jährlich im Rahmen eines Expertentreffens ausgetauscht. Alle drei Jahre erstellen die Experten einen gemeinsamen Bericht.

6.1.3.2 Nationales und lokales operatives Monitoring in Österreich

Die Ergebnisse des von der ÖUGK beschlossenen Monitorings können in der H₂O-Datenbank des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus frei heruntergeladen werden (BMLRT 2020b). Die Probenahmehäufigkeit der Daten in der H₂O-Datenbank variiert über die Jahre: 4 Termine in den Jahren 2010, 2018 und 2019, 8 Termine in den Jahren 2011, 2013–2017, und 12 Termine im Jahr 2012. Die Parameter entsprechen den von der ÖUGK vereinbarten und in Tabelle 4 aufgeführten, mit Ausnahme von ortho-Phosphat. Dieser Parameter wurde bis 2004 zusammen mit dem gesamten gelösten Phosphor (DP) analysiert, während derzeit nur DP in das regelmäßige Monitoring einbezogen und an die H₂O-Datenbank gemeldet wird. Zusätzliche Parameter im nationalen Monitoring sind gelöster und gesamter organischer Kohlenstoff (DOC, TOC).

Tabelle 3. Von der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission vereinbarte Monitoringstellen.

Land	Name der Probenahmestelle	Koordinaten
Österreich	Weiden (Insel Seemitte), Stelle 24 in Abbildung 9	47° 41.03 / 16° 45.58
	Donnerskirchen, Stelle 27	47° 45.24 / 16° 43.43
	Illmitz – Mörbisch (Luftlinie, Seemitte), Stelle 5	47° 51.19 / 16° 45.87
	Südliche Staatsgrenze (Seemitte), Stelle 4	47° 53.97 / 16° 48.18
Ungarn	Fertőrákosi öböl (Bucht)	47° 43.26 / 16° 41.53

Tabelle 4. Von der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission vereinbarte Parameter.

Parameter	Untersuchungszeitraum	Häufigkeit/Jahr Ungarn	Häufigkeit/Jahr Österreich
Physikalisch-chemische Qualitätselemente			
Secchi-Tiefe	Jährlich	12x	4x
Wassertemperatur	Jährlich	12x	4x
Gelöster Sauerstoff, O ₂ -Sättigung	Jährlich	12x	4x
pH-Wert, Alkalinität	Jährlich	12x	4x
Elektrische Leitfähigkeit	Jährlich	12x	4x
Ca, Mg, Na, K, Cl, SO ₄	Jährlich	12x	4x
PO ₄ -P, Total P, NO ₃ -N	Jährlich	12x	4x
NH ₄ -N, NO ₂ -N	Jährlich	12x	4x
Chlorophyll-a	Jährlich	12x	4x

Das lokale operative Monitoring der Biologischen Station Illmitz umfasst zusätzliche Daten:

- **Monitoringstellen:** Bis 2014 wurden 38 Stellen im offenen See und in der Nähe des Schilfgürtels, einige Stellen auch in Kanälen und großen offenen Wasserstellen innerhalb des Schilfgürtels (z.B. Ruster Poschn, Hoadaseppposchnlucka) beprobt. Im Jahr 2015 wurde das Programm auf 17 Monitoringstellen reduziert: 4 im offenen See, 12 in der Nähe des Schilfgürtels und in Buchten (hauptsächlich in der Nähe von Badeplätzen) und 1 innerhalb des Schilfgürtels (Abbildung 9).
- **Die Probenahmehäufigkeit** war bis 2014 wöchentlich bis zweiwöchentlich an etwa 10 Stellen und monatlich bis zweimonatlich an den restlichen Stellen. Seit 2015 werden die Probenahmen in monatlichen Abständen zwischen (März) April und Oktober (November) durchgeführt (Tabelle 5)
- **Parameter:** In früheren Jahren wurden auch Silikat (bis 2012 von 3 Monitoringstellen), gelöster Stickstoff (bis 2003), Gesamtstickstoff (2011 und 2012 von ausgewählten Stellen) analysiert. Außerdem wurden, wie oben erwähnt, bis 2004 sowohl gelöster Phosphor als auch Orthophosphat-P gemessen.

6.1.3.3 Nationales Monitoring in Ungarn

In Ungarn entnimmt das Umweltmesszentrum der Abteilung für Umwelt und Naturschutz des Regierungspräsidiums Győr-Moson-Sopron chemische Wasserproben aus der Fertőrákos-Bucht gemäß der WRRL. Wenn es die Wetterbedingungen erlauben, werden 12 Wasserproben pro Jahr genommen. Die Parameter und Häufigkeiten sind im NGP des Wasserqualitätsmonitorings definiert.

Die allgemeinen, im ungarischen Monitoring enthaltenen physikalisch-chemischen Parameter entsprechen den von der ÖUGK vereinbarten Parametern (siehe Tabelle 4), umfassen aber zusätzlich: Geruch, BSB₅, CSB(ap), CSB(Cr), gesamte Schwebstoffe, gesamte gelöste Stoffe, gesamte Trockensubstanz, Kjeldahl-Stickstoff, organischer Stickstoff, Gesamtstickstoff. Außerdem werden die allgemeinen Wetterbedingungen und die Lufttemperatur °C aufgezeichnet.

Tabelle 5. Monitoringstellen (vgl. Abbildung 9) und allgemeine physikalisch-chemische Parameter im jährlichen, von der Biologischen Station Illmitz durchgeführten Monitoring des Neusiedler Sees. Die Abbildungen geben die Anzahl der Beprobungstermine im Jahr 2019 an. Die Farben in den Spaltenköpfen zeigen die Lage der Monitoringstellen im offenen See (blau), in der Nähe des Schilfgürtels und in Buchten (grün) und innerhalb des Schilfgürtels (braun).

Parameter	Monitoringstellen in Österreich																	
	1	2	4	5	6	8	13	18	21	23	24	25	26	27	29	35	36 ^{*)}	
Wassertemperatur	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Elektrische Leitfähigkeit	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
pH-Wert	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Gelöster Sauerstoff	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Sauerstoffsättigung	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Secchi-Tiefe	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
DOC	–	–	8	8	–	–	–	–	–	–	8	–	–	8	–	–	–	–
TOC	–	–	8	8	–	–	–	–	–	–	8	–	–	8	–	–	–	–
Gesamthärte	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Calcium	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Magnesium	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Natrium	8	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Kalium	8	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Hydrogenkarbonat	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Karbonat	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Chlorid	8	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Sulfat	8	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Nitrat-N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Nitrit-N	–	–	8	8	–	–	–	–	–	–	8	–	–	8	–	–	–	–
Ammonium-N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
Phosphor gesamt	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	3
Gelöster Phosphor	–	–	8	8	–	–	–	–	–	–	8	–	–	8	–	–	–	–
Chlorophyll-a	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3

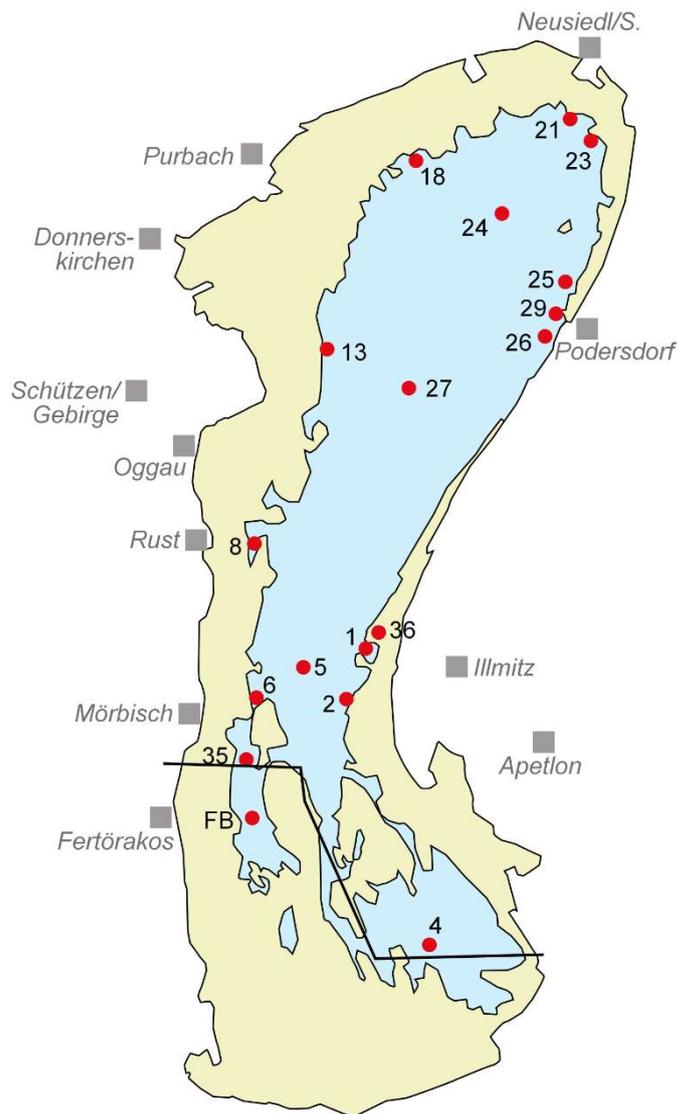


Abbildung 9. Monitoringstellen am Neusiedler See. Die von der ÖUGK vereinbarten und im NGP aufgeführten offiziellen Probenahmestellen sind 24, 27, 5, 4 und FB (Fertörákos-Bucht).

6.1.3.4 Lokales operatives Monitoring in Ungarn (Hydro-meteorologische Station Fertörákos)

Die Nord-Transdanubische Wasserdirektion betreibt ein lokales Gewässergütemonitoring am Neusiedler See, das 16 Probenahmestellen umfasst. Dieses Monitoringprogramm konzentriert sich auf Kanäle im Schilfgürtel und Buchten (Abbildung 10, Liste der Standorte siehe Anhang Tabelle 13).

Die Durchführung des Programms ist von den Witterungsverhältnissen abhängig. Während der schiffbaren Zeit dauert die Beprobung von April bis November, an einigen Standorten sind maximal 8 Beprobungstermine pro Jahr möglich. Während des Winters (nicht schiffbare Periode, Dezember bis März) sind die folgenden Probenahmestellen zugänglich:

Virágosmajori főcsatorna 2, Nádas állomás und Fertőrákos-Bucht. An diesen Stellen werden 12 Proben/Jahr genommen.

Die Probenahme (sowohl in der schiffbaren als auch in der nicht schiffbaren Periode) findet einmal im Monat statt, am ersten Montag (oder Dienstag) des Monats. Die Proben werden im Labor der Hydrometeorologischen Station Fertő tavi analysiert. Weder die Probenahme noch die Laboruntersuchungen sind akkreditiert. Die verwendeten Analysemethoden entsprechen den ungarischen Normen. Die untersuchten Parameter sind in Tabelle 6 aufgeführt. Zusätzlich werden vor Ort Farbe, Geruch, Wassertemperatur in (°C), Lufttemperatur (°C), Wassertiefe (cm), Transparenz (Secchi-Tiefe, cm) und Wetterbedingungen

Tabelle 6. Monitoringstellen und allgemeine physikalisch-chemische Parameter im lokalen operativen Monitoring des Neusiedler Sees in Ungarn. Die Zahlen geben die Anzahl der Probenahmeterminale an.

Parameter	Monitoringstellen in Ungarn														
	Bozi- főcsat. 1.	Bozi- főcsat. 2.	Bozi- főcsat. 3.	Bozi- főcsat. 4.	Bozi- főcsat. 5.	Köröcsat. 1.	Köröcsat. 2.	Köröcsat. 3.	Köröcsat. 4.	B0	Madárvárta (HFCS)	Herlakni-tó	Fertőrákosi-öböl	Virágosmajori- főcsat. 2.	Nádas állomás
Nr. in Abbildung 10	1	6	7	8	9	5	4	3	2	14	11	13	12	16	15
Wassertemperatur	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Leitfähigkeit	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
pH-Wert	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Gelöster Sauerstoff	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Secchi-Tiefe	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Chlorophyll-a	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
CSB(ap)	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
CSB(Cr)	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Calcium	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Magnesium	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Natrium	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Kalium	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Hydrogencarbonat	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Karbonat	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Chlorid	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Sulfat	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	10	10	10
NO ₂ -N	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
NO ₃ -N	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
NH ₄ -N	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Kjeldahl-N	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
Totalphosphor	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12
PO ₄ -P	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	5	5	12	12	12

untersucht. Ab 2020 wurden diese Parameter durch Vor-Ort-Messungen von pH-Wert, Leitfähigkeit, gelöstem Sauerstoff und Redoxpotential ergänzt.

Als unterstützenden Maßnahmen zur Verbesserung bzw. den Schutz der Wasserqualität des Neusiedler Sees durch eine Verringerung der externen Nährstoffbelastung und der Degradierung der Schilfgebiete wurden im Jahr 2004 zwei biologische Feuchtgebiete am Rákos-patak eingerichtet. Die Hydrometeorologische Station Fertőrákos führt zusätzliche chemische Wasseranalysen in dem im Schilf gelegenen Feuchtgebiet des Rákos-patak durch.



Abbildung 10. Lokale operative Monitoringstellen am Neusiedler See in Ungarn im jährlichen Monitoring der Wasserdirektion Nord-Transdanubien (Nummern siehe Tabelle 6, Koordinaten siehe Tabelle 13 im Anhang; Standort 10 Meggyesi szél ist seit 2018 nicht mehr Teil des regelmäßigen Monitorings).

6.1.4 Schadstoffe

6.1.4.1 Gemeinsames österreichisch-ungarisches Monitoring am Neusiedler See

Auf der Grundlage des Beschlusses der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission (ÖUGK) wurde für den Zeitraum 2016–2021 ein gemeinsames Monitoringprogramm für Schadstoffe an den in Tabelle 3 aufgeführten Probenahmestellen vereinbart. Die Parameter entsprechen den in der Richtlinie 2013/39/EU (European Commission 2013) aufgeführten. In Ungarn werden zusätzlich die Parameter Phenolindex, ANA (anionischer Detergenziengehalt), Öl-UV (UV-Ölindex) analysiert.

6.1.4.2 Nationales Monitoring in Österreich

In Österreich werden die Schadstoffe gemäß der Verordnung über Umweltqualitätsnormen für chemische Parameter in Oberflächengewässern (QZV Chemie Oberflächengewässer, BGBl. II Nr. 96/2006), welche prioritäre Stoffe aus der Richtlinie 2013/39/EU enthält, im Wasser der Wulka überwacht. PAK waren im Jahr 2013 im Monitoring enthalten, andere Parameter im Jahr 2018. Im Neusiedler See gibt es kein Monitoring dieser Stoffe gemäß dem nationalen österreichischen Monitoringprogramm. In der Wulka und im Neusiedler See wurden 2013 regulierte Substanzen in Biota im Rahmen eines nationalen Programms untersucht (Clara *et al.* 2015). Untersuchungen von Spurenschadstoffen im See wurden im Rahmen gezielter Projekte durchgeführt (Wolfram *et al.* 2020c; Zessner *et al.* 2019b).

6.1.4.3 Nationales Monitoring in Ungarn

Wie bei den allgemeinen physikalisch-chemischen Schadstoffen entnimmt das Umweltmesszentrum der Abteilung für Umwelt und Naturschutz des Regierungspräsidiums Győr-Moson-Sopron in der Fertőrákos-Bucht chemische Wasserproben gemäß der WRRL. Die in diesem Monitoring berücksichtigten Parameter sind im Anhang (Kapitel 9.2) aufgeführt.

Alle drei Jahre führt das Umweltmesszentrum an der gleichen Probenahmestelle Sedi-mentanalysen auf Schwermetalle und PAK gemäß den Anforderungen der WRRL durch.

6.1.4.4 Lokales operatives Monitoring in Ungarn (Fertőrákos Hydro-meteorologische Station)

Unser Wissen über die spezifischen Schadstoffe des Wassers und der Sedimente des Neusiedler Sees ist unzureichend (Wolfram *et al.* 2014b). Im Jahr 1987 wurden Sedimente von 12 Standorten im ungarischen Teil des Sees auf Schwermetalle untersucht. Die Schwermetallkonzentration im Sediment war sehr niedrig, nahe an den geologischen Hintergrundkonzentrationen (Horváth & Pannonhalmi 1989). Sehr ähnliche Werte wurden 1991 von der Ungarischen Akademie der Wissenschaften veröffentlicht (Dinka 1991).

Nach dem Sanierungsprogramm der Kanäle im südlichen Teil des Sees im November 2014 wurden an 6 Probenahmestellen Schwermetalle und Pestizide untersucht (Abbildung 11). Bei den Schwermetallen lagen die Konzentrationen mit Ausnahme von Quecksilber (ubiquitär) unter der Hintergrundkonzentration. An den nordöstlichen Probenahmestandorten lag die Quecksilberkonzentration über den Hintergrundwerten, aber weit unter der Belastungsgrenze. Die Pestizidkonzentrationen lagen in der Nähe des messbaren Wertes, aber an 4 Probenahmestellen wurden DDT-Derivate nachgewiesen (Pannonhalmi 2014).

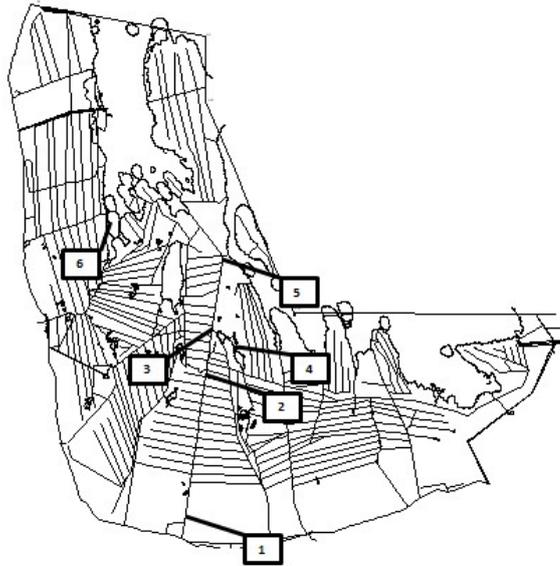


Abbildung 11. Lokale operative Sedimentmonitoring-Probenahmestellen im ungarischen Teil des Neusiedler Sees für Schadstoffe (2014).

6.1.5 Biologie

6.1.5.1 Gemeinsames österreichisch-ungarisches Monitoring am Neusiedler See

Basierend auf dem Beschluss der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission (ÖUGK) wurde folgendes gemeinsames Monitoringprogramm für biologische Qualitätselemente im Neusiedler See im Zeitraum 2016-2021 vereinbart (Tabelle 7).

Tabelle 7. Monitoring der von der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission vereinbarten biologischen Qualitätselemente.

Parameter	Untersuchungszeitraum	Häufigkeit/Jahr Ungarn	Häufigkeit/Jahr Österreich
Biologische Qualitätselemente			
Phytoplankton	jährlich	4x	4x
Phytobenthos	AT: – / HU: jährlich	2x	–
Makrophyten	AT: alle 6 Jahre / HU: alle 3 Jahre	1x	1x
Fische	alle 6 Jahre	1x	1x

6.1.5.2 Nationales Monitoring in Österreich

Derzeit wird ein jährliches Monitoring für Phytoplankton und Zooplankton durchgeführt (letzteres ist allerdings nicht in der WRRL enthalten), allerdings mit deutlich geringerem Aufwand als während des wissenschaftlichen Monitorings in den 1970er bis 1990er Jahren. Makrophyten und Fische wurden in den letzten Jahren einmalig nach den Vorgaben der WRRL beprobt (Gassner & Achleitner 2008; Pall *et al.* 2013). Darüber hinaus erfolgen seit

den 1990er Jahren im Rahmen der österreichischen Nationalparkforschung fast jährlich fischökologische Untersuchungen mit wechselnden Programmen (Fürnweiger *et al.* 2019; Herzig *et al.* 1994; Wolfram *et al.* 2001).

Das aktuelle Zooplankton-Monitoring beschränkt sich auf vier bis sechs Probenahmestellen im offenen See und wird von der Biologischen Station Illmitz in Zusammenarbeit mit dem Abt. 5 Baudirektion / Gewässerschutz durchgeführt (Großschartner 2020) (Tabelle 8).

Das Phytoplankton-Monitoring ist Teil des offiziellen WRRL-Monitorings zum ökologischen Zustand und umfasst die 4 Hauptprobenstellen im offenen See an 4 Beprobungsterminen (Krisa 2020) (Tabelle 3, Tabelle 8). Für die Bewertung des Phytoplanktons nach der Methode von Wolfram *et al.* (2011) werden Gesamtbiovolumen und Chlorophyll-a verwendet.

6.1.5.3 Nationales Monitoring in Ungarn

In Ungarn führt das Umweltmesszentrum der Abteilung für Umwelt und Naturschutz des Regierungspräsidiums Győr-Moson-Sopron biologische Probenahmen in der Fertőrákos-Bucht in Übereinstimmung mit der Wasserrahmenrichtlinie durch. Biologische Untersuchungen werden jährlich durchgeführt: Makrozoobenthos (1× pro Jahr), Phytoplankton (4×), Phytobenthos (2×), Makrophyten (1×).

6.1.6 Schilf

Seit Anfang der 1980er Jahre gibt es eine enge Zusammenarbeit zwischen Experten auf österreichischer und ungarischer Seite, die sich mit detaillierten Schilfkartierungen beschäftigen (Csaplovics & Schmidt 2011a; Márkus & Király 2011). Leider ist es bis heute nicht gelungen, die Inventarisierung des Schilfgürtels auf der Basis von Luftbildern so zu koordinieren, dass eine homogene, grenzüberschreitende Luftbildaufnahme des gesamten

Tabelle 8. Anzahl der Beprobungstermine im Monitoringprogramm für Phytoplankton und Zooplankton am Neusiedler See von 2015 und 2019.

Messstelle	Phytoplankton					Zooplankton				
	2015	2016	2017	2018	2019	2015	2016	2017	2018	2019
Weiden (P24)	4	4	4	4	4					
Donnerskirchen (P27)	4	4	4	4	4	9	8	8	7	8
Bucht von Illmitz (P1)	–	–	–	–	–	–	4	3	7	5
Illmitz – Mörbisch (P5)	4	4	4	4	4	6	3	8	8	7
Apetlon (P4)	4	4	4	4	4	6				
Ruster Poschn (P36)	–	–	–	–	–	–	6	5	4	3

Gebietes möglich ist (Csaplovics *et al.* 2014a). Für den Schilfgürtel gibt es kein gemeinsames regelmäßiges Monitoring und keine Klassifizierung der Röhrichtbestände.

6.1.7 Methoden zur Bewertung des ökologischen und chemischen Zustands

In Österreich folgt die Bewertung des chemischen Zustands der nationalen Verordnung über den Qualitätszustand für die Ökologie in Oberflächengewässern oder QZV *Ökologie OG* (BGBl. II Nr. 99/2010 idgF). Für die biologischen Qualitätselemente liegen keine offiziellen Bewertungsmethoden vor, aber unveröffentlichte Berichte bieten Bewertungsmethoden für Phytoplankton (Wolfram *et al.* 2011), submerse Makrophyten (Pall unpubl., basierend auf Pall *et al.* (2013)) und Fische (Gassner unpubl.).

Eine Bewertungsmethode der Hydromorphologie nach der Wasserrahmenrichtlinie ist für Ungarn, nicht aber für Österreich verfügbar. Grenzwerte für physikalisch-chemische Parameter für den österreichischen Teil des Neusiedler Sees (aber nur der offene See, nicht der Schilfgürtel) wurden von Wolfram & Donabaum (2010) definiert und sind in der QZV *Ökologie OG* enthalten. Auch in Ungarn gibt es Bewertungsmethoden für biologische, chemische und hydromorphologische Einstufungen.

Basierend auf Messungen oder durch Gruppierung wurde der ökologische und chemische Zustand des Neusiedler Sees für den 2. NGP wie in Tabelle 9 zusammengefasst bewertet.

Tabelle 9. Einstufung des Neusiedler Sees im 2. NGP (2015) in Österreich und Ungarn.

Land	Österreich	Ungarn
Code des Oberflächenwasserkörpers	10500200	HUAIH070
Kategorie	Natürlich	Natürlich
Biologische Elemente (die auf Verschmutzung hinweisen)	Gut (B)	Gut
Biologische Elemente (die auf hydro-morphologische Veränderungen hinweisen)	Gut (B)	
Hydromorphologische Elemente	n.a.	Sehr gut
Allgemeines physikalisch-chemisches Element	n.a.	Gut
Spezifische Schadstoffe (national)	Sehr gut (B)	Gut
Chemischer Zustand - ohne ubiquitäre Schadstoffe	Sehr gut (B)	
Chemischer Zustand - ubiquitäre Schadstoffe	Mäßig (C)	

(B) = basierend auf Gruppierung, (C) = vorläufig (keine Messungen), na = nicht ausgewertet

6.2 Vorschlag

6.2.1 Allgemeines Monitoring

6.2.1.1 Allgemeine Hinweise

Das Monitoring des Neusiedler Sees in den Bereichen Hydromorphologie, Chemie und Biologie hat zum Ziel, eine umfassende Beschreibung des Neusiedler Sees zu liefern, um eine Grundlage für die ökologische und chemische Einstufung des Sees zu schaffen, kurz- und langfristige Veränderungen durch Variation natürlicher oder anthropogener Einflüsse zu dokumentieren und fundierte Daten für die Ausarbeitung und Evaluierung von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen zu liefern.

Da das nationale Monitoring (WRRL und ÖUGK) am Neusiedler See in Österreich und Ungarn seit vielen Jahren diskutiert und aufeinander abgestimmt wird, sind die bestehenden Programme vergleichbar und stimmen in vielen Fällen gut überein, es gibt aber auch Unterschiede. Darüber hinaus wurden einige Themenbereiche durch das regelmäßige Monitoring nicht ausreichend abgedeckt. Der folgende Vorschlag zur Harmonisierung der beiden lokalen operativen Monitoringprogramme berührt drei Aspekte:

- Themenbereiche, Qualitätselemente und Parameter,
- Messstellen,
- Häufigkeit von Probenahmen und Messungen.

Was den Prozess der Harmonisierung kompliziert macht, ist die Tatsache, dass es gesetzliche Anforderungen und Verpflichtungen gibt, die in zwei nationalen Bewirtschaftungsplänen definiert sind und auf die offiziellen nationalen Berichte an die EU-Kommission ausgerichtet sind (z.B. Ergebnisse des Überblicksmonitorings). Darüber hinaus gibt es Anforderungen, die über das nationale Monitoring hinausgehen, z.B. um die wissenschaftlichen Kenntnisse über den See und das Verständnis von hydrologischen und ökologischen Prozessen im See zu verbessern. In Österreich spielen auch die unterschiedlichen Finanzierungen und Zuständigkeiten eine Rolle: Während das Monitoring im Rahmen des NGP gemeinsam von den Bundesländern und dem Bund finanziert wird, wird das lokale operative Monitoring an der Biologischen Station Illmitz allein vom Land Burgenland getragen. In Ungarn liegen die Monitoringprogramme im Rahmen der WRRL (definiert im NGP) und der ÖUGK in der Verantwortung der Regierung (Ministerium für Inneres und Generaldirektion für Wasserwirtschaft Ungarn, Regierungssämter), während die Gestaltung, Finanzierung und Durchführung des lokalen operativen Monitoringprogramms in der Verantwortung der Wasserdirektion Nord-Transdanubien liegt.

Insgesamt sollen aber beide Monitoringansätze ein umfassendes und korrektes Bild des ökologischen Zustandes des Neusiedler Sees liefern: auf einer allgemeineren Ebene durch das nationale Monitoring und gesetzlich festgelegt in nationalen Verordnungen (was der Vereinbarung der ÖUGK entspricht), auf einer detaillierten Ebene unter Berücksichtigung lokaler Belange durch das lokale operative Monitoring.

Da die Koordination zwischen verschiedenen Verwaltungsebenen (in Österreich: Bund, ÖUGK, Land Burgenland; in Ungarn: Generaldirektion für Wasserwirtschaft, Ministerium für Inneres und Ämter WRRL, HAWC) den Rahmen des Bewirtschaftungsplans sprengt, stehen im Folgenden die fachlichen und keine administrativen Fragen im Vordergrund.

6.2.1.2 Hydro-morphologie

Es sollte eine bilaterale Monitoringgruppe eingerichtet werden, welche die periodisch notwendigen, grenzüberschreitend abgestimmten Erhebungen und Analysen zu allen räumlichen Aspekten der Erhaltung und Entwicklung des Naturraumes Neusiedler See – Seewinkel – Hanság, durchführt und koordiniert (raum-zeitlich variable Prozesse der Schilfentwicklung, Sedimentation, Schilfnutzung, raumrelevante Landnutzung mit Relevanz für den See, ...).

Das Oberflächenrelief des gesamten Seebeckens (Sedimentober- und -unterkante) und die daraus resultierende Sedimentdynamik sollte Bestandteil eines regelmäßigen Monitorings (alle 10 Jahre) werden. Es wird empfohlen, die morphologischen Veränderungen anhand von Zeitreihen auf der Basis historischer und aktueller Messungen auszuwerten, um die Modellierung von Sedimentationsszenarien zu ermöglichen. Besonderes Augenmerk sollte auf trockene Bereiche im Schilfgürtel in Abhängigkeit vom Wasserstand (neue für den ganzen See gültige Oberflächen/Volumen-Schlüsselkurve) und auf die Erhebung nahe dem offenen See („Seewall“) gelegt werden. Berechnungen und Daten zur Verdunstung, die in den letzten Jahren vielfach diskutiert wurden, sollten transparent und verfügbar gemacht werden.

Die Untersuchung der Schilfkanäle einschließlich der Sedimentzusammensetzung sollte ein Teil des hydro-morphologischen Monitorings sein, da sie die Transportkapazität mit den Wasserströmungen verknüpfen und Muster der Stoffakkumulierung innerhalb des Schilfgürtels und die natürliche Verlandung der Kanäle aufzeigen.

Eine kontinuierliche Messung des Wasserdurchflusses an einigen kritischen Kanalquerschnitten wird empfohlen, um einen langfristigen Einblick in die Transportraten von Stoffen zwischen dem Schilfgürtel und dem offenen See bei unterschiedlichen Wasserständen zu erhalten. Der Betrieb von Durchflussmessern würde eine direkte Messung ermöglichen. Diese sind jedoch teuer und störungsanfällig, Wasserstandsmesser stellen

daher einen konventionelleren und robusteren Ansatz dar und sind mit der Strömung durch das Gefälle der Wasseroberfläche und die Durchflusskapazität des Kanals verbunden. Diese Pegel sollten an den Endpunkten relevanter Kanalabschnitte aufgestellt werden und kontinuierlich mit hoher Frequenz (z.B. 15 Minuten) aufzeichnen.

6.2.1.3 Schilfgürtel

Die Beurteilung von Veränderungen des Schilfgürtels (Ausdehnung, Dichte, physiologischer Zustand) sollte nicht nur in kurzfristigen Projekten thematisiert werden, sondern Teil eines regelmäßigen Langzeitmonitorings werden, das auf einer grenzüberschreitenden Erfassung homogener Daten für eine gemeinsame thematische Kartierung (homogener gemeinsamer Klassifizierungsschlüssel!) in Abständen von ca. 10 Jahren basiert. Dabei sollen sowohl das laterale Schilfwachstum als auch qualitative Aspekte erfasst werden, um Korrelationen von Schilfklassen und hydro-morphologischen Parametern der Sedimentbedingungen (Struktur, Trocknungsphasen, Wallbildung, ...) zu ermöglichen. Ziel ist es, digitale Schilfkarten und digitale Oberflächenmodelle von Sedimentschichten im gesamten Schilfgürtel zu erstellen. Die Entwicklung von *Schoenoplectus litoralis* sollte aufmerksam verfolgt werden. Die Arbeit an einer gemeinsamen Schilfklassifikation sollte auf der Ebene der ÖUGK erfolgen.

6.2.1.4 Physikalisch-chemische Parameter

Die Ergebnisse aus REBEN zeigten deutlich die Bedeutung der chemischen Situation im Schilfgürtel für den offenen See. Es wird daher empfohlen, das Schilfgürtel-Messnetz der beiden lokalen operativen Monitoringprogramme in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden (z.B. Biologische Station Illmitz, Hydro-meteorologische Station Fertőrákos, ÖUGK) zu harmonisieren und zu erweitern. Sie liefern Informationen über die chemische Situation im Litoral.

Langfristig sollen Daten sowohl aus dem offenen See als auch aus dem Schilfgürtel die Grundlage für eine seeweite Beurteilung der Wasserqualität bilden und eine Datenbasis für ein neues WRRM-Monitoring nach 2027 schaffen, welches sich nicht auf den offenen See beschränkt.

Es wird dringend empfohlen, in das lokale österreichische Monitoring eine Probenahmeestelle einzubeziehen, welche sich direkt im Kanal der Wulka befindet, bevor diese den offenen See erreicht, um Informationen über den tatsächlichen Import aus der Wulka zu erhalten (d.h. nach dem Umwandlungsprozess während der Passage der Wulka durch den Schilfgürtel). Zum Vergleich wird auch ein Standort an der Mündung des Rákos patak in das lokale operative Monitoring in Ungarn einbezogen.

Darüber hinaus empfehlen wir für das österreichische lokale operative Monitoring die Einbeziehung einer Messstelle in einem der großen offenen Braunwasserflächen, z.B. südlich der Straße, die zum Segelhafen von Illmitz führt (entspricht dem Standort IL9 in den Probenahmekampagnen des Projekts REBEN).

Die Messstellen in Buchten und Badegebieten auf österreichischer Seite (als Teil des laufenden Monitorings der Biologischen Station Illmitz) geben einen guten Überblick über mögliche Auswirkungen in Erholungsgebieten und sollten im Monitoringprogramm bleiben, aber mit dem ungarischen lokalen operativen Monitoringnetz, das sich auf Schilfgürtel und Kanäle konzentriert, harmonisiert werden. Sie liefern Informationen zu lokalen Aspekten und unterstützen Analysen von seenweiten Langzeittrends.

Bezüglich der **Häufigkeit der Probenahme**: Während sich die vier offiziellen WRRL-Messstellen im offenen See in Österreich in Bezug auf die physikalisch-chemischen Parameter nicht sehr stark untereinander unterscheiden, variieren sie zeitlich sehr stark. Daher empfehlen wir, die Frequenz an den vier vereinbarten Standorten in Österreich von 4-mal pro Jahr auf monatliche Probenahmekampagnen (wie in Ungarn) zu erhöhen. Da im lokalen operativen Monitoring durch die Biologische Station Illmitz ohnehin monatliche Probenahmen durchgeführt werden, sollten diese Daten auch Teil des WRRL-Monitoringprogramms werden, wie von der ÖUGK vereinbart³. Derzeit werden nur Daten von 4 Beprobungsterminen für die WRRL-Einstufung herangezogen, während deutlich mehr Daten zur Verfügung stehen würden.

Auch sollte an einigen Standorten lokalen operativen Monitoring der Biologischen Station Illmitz der Monitoringzeitraum auf das ganze Jahr ausgedehnt werden (wie in Ungarn und wie es in Österreich bis 2014 war; derzeit nur März – Oktober). Da die Situation im Winter einen großen Einfluss auf die Entwicklung im Folgejahr haben kann, werden Daten aus diesem Zeitraum benötigt, um die Prozesse der Nährstofftransporte zu verstehen.

Um einen harmonisierten und konsolidierten Datensatz zu gewährleisten, empfehlen wir die Durchführung von Testanalysen zum Zwecke des **Laborvergleichs** der am chemischen Monitoring beteiligten Labore. Sie sollten zu einer selbstverständlichen Routine innerhalb der Qualitätssicherungssysteme der Labore werden. Derzeit nehmen in Österreich die Biologische Station Illmitz und in Ungarn das GYMSM Kormányhivatal Környezetvédelmi Mérőközpont (Győr-Moson Sopron, Komitatsverwaltung, Umweltmesszentrum), die die Analysen für die WRRL-Einstufung durchführen, jedes Jahr an nationalen interkalibrierten Messungen teil. Die von der ÖUGK vereinbarte Liste der **Parameter** sollte erweitert werden

³ In Österreich stammt die Beschränkung auf 4 Beprobungstermine pro Jahr von stabilen geschichteten, dimiktischen, oligotrophen Alpenseen, wo diese geringe Anzahl als ausreichend angesehen wird (vgl. Wolfram & Donabaum 2010). In sich schnell verändernden meso- bis eutrophen Seen wird eine höhere Anzahl von Monitoringterminen dringend empfohlen.

und nicht nur Gesamtphosphor (TP) und ortho-Phosphat-P ($\text{PO}_4\text{-P}$, als löslicher reaktiver Phosphor), sondern auch die gesamte gelöste Phosphorfraktion (DP = TP nach Filtration) umfassen. Sie gibt Auskunft über den nicht reaktiven löslichen Phosphor (Polyphosphate, organische Phosphorverbindungen) sowie über den partikulären Phosphoranteil. Darüber hinaus empfehlen wir, die partikulären Bestandteile (= Schwebstoffe) und den Glühverlust (= organischer Anteil der Schwebstoffe) in die Liste der analysierten Parameter aufzunehmen.

Parameter, die sowohl in den Listen der ÖUGK als auch im lokalen operativen Monitoringprogramm weggelassen werden können, sind: TOC, CSB, Gesamt-N, Kjeldahl-N und Redoxpotential.

Ein wichtiger Punkt ist die **Verfügbarkeit der Daten für die Öffentlichkeit**, welche nach der Veröffentlichung der EU-Richtlinie 2003/4/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. Januar 2003 über den Zugang der Öffentlichkeit zu Umweltinformationen ohnehin eine Verpflichtung ist. Die Ergebnisse des physikalisch-chemischen Monitorings sollten in **Jahresberichten** zur Wasserqualität zusammengefasst und auf den Homepages der zuständigen Behörden beider Länder zum **Download** bereitgestellt werden.

6.2.1.5 Schadstoffe

Aufgrund der Anfälligkeit des Neusiedler Sees für Spurenstoffbelastungen ist ein regelmäßiges Monitoring der Schadstoffe

- in der Wulka vor dem Eintritt in den Schilfgürtel,
- nach dem Schilfgürtel, und
- im See und an ausgewählten Messstellen im Schilfgürtel

notwendig (z.B. 12-malige Beprobung im ersten Jahr und 6-malige Beprobung in den Folgejahren), um den Qualitätszustand des Sees sowie das Verhalten und die langfristigen Trends ausgewählter Stoffe zu beobachten. Dabei ist zu hinterfragen, ob die gesamte Liste der regulierten Stoffe zu überwachen ist. Geeigneter scheint es, spezifische Indikatorsubstanzen für verschiedene Verhaltenstypen und solche Substanzen, bei denen ein Risiko der Überschreitung der Umweltqualitätsstandards besteht, für diese Art des Monitorings auszuwählen.

Zusätzlich sollten größere Ereignisse des Sedimenttransports während der Kanalertüchtigung oder des Ausbaggerns von Sedimenten von speziellen Monitoringprogrammen ausgewählter Spurenstoffe begleitet werden, um die Rolle dieser Ereignisse auf die Stoffmobilisierung zu kontrollieren. Wie oben beschrieben, sollte ausgewählte Indikatorparameter in diesem Monitoring erfasst werden.

6.2.1.6 Biologische Qualitätselemente (BQE)

Die Forderung der WRRL zur Bewertung der BQE und die Vereinbarungen im Rahmen der ÖUGK (Tabelle 7) werden weitgehend als ausreichend angesehen. Für das **Phytoplankton** sind jedoch 4 Beprobungstermine nicht ausreichend, um einen umfassenden Einblick in die Algengemeinschaft in dem sich rasch verändernden Ökosystem zu erhalten. Wir empfehlen monatliche Intervalle während der Vegetationsperiode (März bis Oktober, 8 Termine). Das Monitoring kann jedoch eventuell auf 3 Standorte in Österreich (P4, P24⁴ und ein neuer Standort im Schilfgürtel) und 1 Standort in Ungarn reduziert werden. Diese Änderung würde die Anzahl der Proben in Österreich von $4 \times 4 = 16$ auf $3 \times 8 = 24$ nur geringfügig erhöhen. In beiden Fällen sollten die Kosten und Laborkapazitäten berücksichtigt werden. Es wird empfohlen, das Monitoring für Übergangszeitraum von einigen Jahren durchzuführen, um eine Datenbasis für zukünftige Änderungen des Monitoringprogramms zu schaffen.

Wie bei den physikalisch-chemischen Parametern ist ein Laborvergleichstest sehr zu empfehlen, um die Datenkonsistenz zu verbessern, aus dem Datenvergleich zu lernen und das bilaterale Expertenwissen zu stärken.

Da das **Phytobenthos** in Seen oft nicht Teil des WRRL-Monitorings im europäischen Ausland ist, halten wir es nicht für notwendig, diese BQE in das regelmäßige biologische Monitoring aufzunehmen. Das Projekt REBEN zeigte auch erhebliche Unsicherheiten und Probleme bei der Standardisierung der Probenahme von benthischen Algen auf, die es schwierig machten, zuverlässige und repräsentative Daten zu liefern. Da jedoch Informationen über das Phytobenthos zum Verständnis der internen Prozesse beitragen können, sollte diese BQE in Zukunft in spezifische Programme aufgenommen werden.

Der Monitoringansatz für **Fische** und **Makrophyten** soll bleiben, wie von der ÖUGK vereinbart (einmal in 6 Jahren, idealerweise den gesamten See in Österreich und Ungarn abdeckend oder gemeinsam durch zwei nationale Teams nach Harmonisierung der Feldmethodik).

Zusätzlich zu den vier WRRL-relevanten BQE im Rahmen des überblicksweisen Monitorings empfehlen wir, das **Zooplankton** als zusätzliche BQE in das lokale operative Monitoring aufzunehmen. Das Monitoring des Zooplanktons setzt eine langjährige und damit sehr wertvolle Datenreihe seit den 1970er Jahren fort und ist eine wertvolle Information zum Verständnis und zur richtigen Interpretation der Monitoringdaten von Phytoplankton und

⁴ Im nördlichen Teil des offenen Sees ist eine Mischprobe aus P5, P24 und P27 anstelle einer Probe aus P24 ein möglicher Kompromiss zwischen der Reduzierung der Anzahl der Probenahmestellen und der Abdeckung der Variabilität und Vielfalt eines großen Teils des Sees.

Fischen. Dieser Aspekt soll unter Berücksichtigung von Kosten und Laborkapazitäten diskutiert werden.

Abschließend schlagen wir vor, eine Expertengruppe zu initiieren, die Optionen zur Einbeziehung **mikrobiologischer Aspekte** als Teil des zukünftigen biologischen Monitorings bewertet.

Wie bei den physikalisch-chemischen Parametern sollten die Ergebnisse der nationalen Monitorings zu bilateral abgestimmten **jährlichen Monitoringberichten** (verfasst von den an den Analysen beteiligten Experten) zusammengefasst werden, die der Öffentlichkeit durch kostenlosen Download auf den Homepages der zuständigen Behörden zur Verfügung gestellt werden sollen. In Österreich finden sich vergleichbare Lösungen in fast allen anderen Bundesländern, z.B. Institut für Seenforschung (KIS) in Kärnten⁵, Land Salzburg⁶, Internationale Bodenseekommission⁷.

6.2.1.7 Bewertungsmethoden

Während der Interkalibrierungsphase wurden hunderte von Bewertungsmethoden in ganz Europa verglichen und harmonisiert (Birk *et al.* 2012). Dieser enorme Aufwand umfasste Flüsse, Seen, Übergangs- und Küstengewässer. Bei den Seen wurden biologische Methoden in alpinen Seen (Wolfram *et al.* 2009; Wolfram *et al.* 2014a) sowie in osteuropäischen Seen (Borics *et al.* 2018) interkalibriert. Keine dieser Studien schloss den Neusiedler See ein, der sich als einzigartiger Steppensee nicht in die internationalen Seentypen nach der Definition der EU Commission (2002) und Poikane *et al.* (2014) einfügen ließ.

Aus unserer Sicht besteht ein klarer Bedarf, die nationalen Bewertungsmethoden Österreichs und Ungarns für Phytoplankton, Makrophyten und Fische zu vergleichen und zu harmonisieren, aber auch die Richtwerte und Klassengrenzen der physikalisch-chemischen Parameter zu harmonisieren. Es geht dabei nicht um die Entwicklung neuer, sondern um den Vergleich bestehender Methoden, mit dem Ziel, die nationalen Ansätze anzupassen und damit die ökologische Zustandsbewertung transparent, reproduzierbar und für die Öffentlichkeit verständlich zu machen.

⁵ <https://kis.ktn.gv.at/Informationen/Seenberichte%20%28Archiv%29>

⁶ https://www.salzburg.gv.at/umweltnaturwasser_/Documents/grabensee_phosphor_neu.pdf (als Beispiel: Grabensee, Gesamtposphor)

⁷ <https://www.igkb.org/oeffentlichkeitsarbeit/limnologischer-zustand-des-sees-gruene-berichte/>

6.2.1.8 Zusammenfassende Tabellen

Tabelle 10. Vorgeschlagene Monitoringstellen für die physikalisch-chemischen Parameter im Rahmen des gemeinsamen Monitorings (Moni.) gemäß NGP, durchgeführt für die Ungarisch-Österreichische Gewässerkommission (ÖUGK) und im Rahmen des lokalen operativen Monitoringprogramms (LOMP) des Landes Burgenland und der Wasserdirektion Nord-Transdanubien. Änderungen am bestehenden Programm sind rot hervorgehoben.

Land	Nr.	Name der Probenahmestelle	Moni.	ÖUGK	LOMP
Österreich	1	Bucht von Illmitz			+
	2	Seebad Illmitz			+
	4	Offener See, Apetlon / Staatsgrenze	+	+	
	5	Offener See, Illmitz - Mörbisch	+	+	
	6	Schilfkante bei Mörbisch			+
	8	Ruster Bucht			+
	13	Schilfrand vor dem Donnerskirchener Kanal			+
		Wulka-Kanal vor der Mündung in den offenen See			neu
	18	Seebad Breitenbrunn			+
	21	Seebad Neusiedl			+
	23	Seebad Weiden			+
	24	Offener See, Breitenbrunn - Weiden	+	+	
	25	Schilfkante vor dem Gols-Kanal			+
	26	Seebad Podersdorf			+
	27	Offener See, Donnerskirchen - Podersdorf	+	+	
	29	Schilfkante Podersdorf			+
	35	Staatsgrenze südlich von Mörbisch			+
	36	Ruster Poschn			+
		Braunwasserfläche südlich der Straße zum Seebad Illmitz			neu
Ungarn	1	Fertőbozi főcsatorna 1			+
	2	Körcsatorna 4			+
	3	Körcsatorna 3			+
	4	Körcsatorna 2			+
	5	Körcsatorna 1			+
	6	Fertőbozi főcsatorna 2			+
	7	Fertőbozi főcsatorna 3			+
	8	Fertőbozi főcsatorna 4			+
	9	Fertőbozi főcsatorna 5			+
	10	Meggyesi szél			+
	11	Madárvárta (HFCS)			+
	12	Fertőrákosi öböl (bay)	+	+	
	13	Herlakni-tó			+
	14	B0			+
	15	Nádas állomás			
	16	Virágosmajori főcsatorna 2			+

Tabelle 11. Vorgeschlagene Parameter und Qualitätselemente. Änderungen am bestehenden Programm sind rot hervorgehoben.

Parameter	Untersuchungs- zeitraum	Häufigkeit pro Jahr AT + HU	Monitoringstellen
Physikalisch-chemische Qualitätselemente			
Secchi-Tiefe	Jährlich	12x	An allen Stellen
Gesamtschwebstoffe, Glühverlust	Jährlich	12x	An allen Stellen
Wassertemperatur	Jährlich	12x	An allen Stellen
Gelöster Sauerstoff, O ₂ -Sättigung	Jährlich	12x	An allen Stellen
pH-Wert	Jährlich	12x	An allen Stellen
HCO ₃ , CO ₃	Jährlich	12x	An allen Stellen
Gesamtalkalinität (SBV)	Berechnet	12x	An allen Stellen
Elektrische Leitfähigkeit	Jährlich	12x	An allen Stellen
Ca, Mg, Na, K, Cl, SO ₄	Jährlich	12x	An allen Stellen
PO ₄ -P, Gelöst P, Total P	Jährlich	12x	An allen Stellen
Gelöster unreaktiver P, partikulärer P	Berechnet	12x	An allen Stellen
NO ₃ -N, NH ₄ -N, NO ₂ -N	Jährlich	12x	An allen Stellen
Chlorophyll-a	Jährlich	12x	An allen Stellen
DOC	Jährlich	12x	An allen Stellen
TOC, COD, Total-N, Kjeldahl-N, Redox	Gestrichen	–	–
Spezifische Schadstoffe			
Nicht-synthetische	Jährlich	6–12x	ÖUGK
Synthetische	Jährlich	6–12x	ÖUGK
Biologische Qualitätselemente			
Phytoplankton	Jährlich	8x	Offener See, mind. 1 Stelle im Schilfgürtel
(Phytobenthos gestrichen)	–	–	–
Zooplankton	Jährlich	8x	Offener See, mind. 1 Stelle im Schilfgürtel
Submerse Makrophyten	Alle 6 Jahre	1x	Gesamter See
Fische	Alle 6 Jahre	1x	Gesamter See
Hydrologie			
Wasserstand	Jährlich	Kontinuierlich	Bestehende Stellen
Wasserbilanz	Jährlich	1x	Gesamter See
Hydromorphologie und Schilfgürtel			
Morphologie (Sedimentschichten)	Alle 10 Jahre	1x	Gesamter See
Schilfgürtel	Alle 10 Jahre	1x	Gesamter See
Bilateral vereinbarte Bewertung			
Ökologischer Zustand ^{*)}	Jährlich	1x	Gesamter See
Chemischer Zustand ^{**)}	Alle 6 Jahre	1x	Gesamter See

^{*)} basierend auf dem biologischen Qualitätselement Phytoplankton und, als unterstützende Elemente, den allgemeinen physio-chemischen Parametern; in 6-Jahres-Intervallen werden Makrophyten und Fische einbezogen

^{**) basierend auf den spezifischen Schadstoffen}

6.2.2 Spezielle Monitoringvoraussetzungen

Während das oben diskutierte Monitoringprogramm das Überblicksmonitoring im Sinne der WRRL (Überblick) – übereinstimmend mit dem von der ÖUGK beschlossenen Monitoringdesign – betrifft, sollten spezifische Themen durch separate Monitoringprogramme abgedeckt werden. Sie können als investigatives Monitoring *sensu* WRRL betrachtet werden.

Die beiden folgenden Aspekte stellen bei weitem keine umfassende Liste offener Fragen dar. Diesbezüglich verweisen wir auf den Synthesebericht (Wolfram *et al.* 2020b). Sie sollten jedoch Teil eines unregelmäßigen und anlassbezogenen Monitorings werden.

1. Über die **Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen** bei Kanalausbaggerungen, Sedimententnahme und anderen **Arbeiten im Schilfgürtel** und im Zusammenhang mit dem Sedimenttransport ist nur sehr wenig bekannt. Dieser Aspekt wurde bereits früher erwähnt und diskutiert (Gunatilaka 1986) und ist immer noch eine offene Frage. Wir empfehlen, diese Frage in einem Pilotprojekt zu behandeln, danach aber parallel zu den o.g. Eingriffen ursachenbezogene Untersuchungen im Sinne einer **Beweissicherung** durchzuführen. Die Analysen sollten Sediment, Nährstoffe und spezifische Schadstoffe umfassen.

2. Zusätzlich zu einzelnen Probenahmekampagnen wie im Rahmen des überblicksweisen Monitorings und in Anlehnung an das ÖUGK-Monitoringprogramm empfehlen wir die Einrichtung regelmäßiger **Online-Wasserqualitätsstationen**, wie sie im aktuellen Projekt eingesetzt und im REBEN-Bericht Nr. 5 (Hainz *et al.* 2020) beschrieben werden. Sie bieten eine einzigartige Datenbasis für die Dokumentation von kurzfristigen Veränderungen in der Chemie und ermöglichen Einblicke in den Stofftransport, die aus Einzelmessungen nicht ohne weiteres abgeleitet werden können. Schließlich sind sie eine wertvolle und datenbankgestützte Ergänzung zu Druck-(Wasserstands-)Sonden zur Erweiterung und Auswertung hydraulischer Modellierungen. Online-Stationen sind besonders nützlich an Standorten, an denen die Zugänglichkeit eingeschränkt ist und der Zeitaufwand für Routinebeprobungen zu hoch ist. Von besonderem Interesse sind sie an der Mündung von Zuflüssen (Wulka, Golser Kanal, Rákos patak) und bei besonderen Anlässen, wie sie im vorigen Punkt beschrieben wurden (Kanalausbaggerung, Arbeiten im Schilfgürtel).

6.2.3 Zusammenfassung der Maßnahmen

- 6-1 Etablierung einer bilateralen Monitoring-Gruppe, die periodisch grenzüberschreitend harmonisierte Bestandsaufnahmen und Analysen zu räumlichen Aspekten einschließlich Entwicklungen innerhalb des Seebeckens und Nutzungen in der Region mit möglichen Auswirkungen auf den See plant, durchführt und koordiniert
- 6-2 Regelmäßiges Monitoring des Oberflächenreliefs des gesamten Seebeckens (Sedimenterober- und -unterkante) sowie des Schilfgürtels (Seitenwuchs, qualitative Aspekte, insbesondere Schilfkanalbetten) in 10-jährigen Abständen (vgl. Maßnahme 4-6)
- 6-3 Grenzüberschreitende Erfassung homogener Daten und thematische Kartierung zur Erstellung eines homogenen Schilfklassifizierungsschlüssels
- 6-4 Anpassung von Parametern, Monitoringstellen und Probenahmehäufigkeit für die physikalisch-chemischen Parameter und die biologischen Qualitätselemente wie in Tabelle 10 und Tabelle 11 vorgeschlagen
- 6-5 Einrichten einer Expertengruppe zur Evaluierung von Möglichkeiten, mikrobiologische Aspekte in das biologische Monitoring (neben dem hygienisch-bakteriologischen Monitoring) einzubeziehen
- 6-6 Regelmäßige Vergleichstests von Chemie und Phytoplankton als selbstverständliche Routine im Rahmen der Qualitätssicherungssysteme der beteiligten Laboratorien
- 6-7 Interkalibrierung und Harmonisierung der nationalen Bewertungsmethoden für die biologischen Qualitätselemente sowie der Richtwerte (Klassengrenzen) für die relevanten physikalisch-chemischen Parameter
- 6-8 Erstellung jährlicher Berichte über die Wasserqualität einschließlich der Einstufung des ökologischen Zustands und Zurverfügungstellung für die Öffentlichkeit als kostenlosen Download auf den Homepages der zuständigen Behörden
- 6-9 Etablierung von regelmäßigen Untersuchungsprogrammen im Sinne einer Beweissicherung und Dokumentation der Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen durch Bagger- und andere Arbeiten im (oder in der Nähe des) Schilfgürtels
- 6-10 Einrichtung kontinuierlich messender Online-Wasserqualitätsstationen zur Dokumentation kurzfristiger Veränderungen und des Stofftransports sowie als Datenbasis für die Auswertung hydraulischer Modelle. Sie sollten an der Mündung von Zuflüssen, aber auch zur Beweissicherung bei kurzfristigen Maßnahmen eingesetzt werden. Wasserstandsmesser könnten auch an den Endpunkten relevanter Kanalabschnitte mit einer kontinuierlichen, zeitlich hoch aufgelösten Aufzeichnung eingesetzt werden.

7 ZUSTÄNDIGKEITEN

In den vorangegangenen Kapiteln wurden 34 Maßnahmen und mehrere Untermaßnahmen für folgende Bereiche definiert:

- Einzugsgebiet,
- Zuflüsse,
- Sedimentmanagement,
- Schilfmanagement und
- Monitoring

Einige davon sind aus offensichtlichen Gründen nur für ein Land relevant (z.B. jene, die sich auf die Wulka beziehen), andere Maßnahmen können nur gemeinsam auf beiden Seiten umgesetzt werden (z.B. die Entwicklung von grenzüberschreitenden homogenisierten Datensätzen und Karten).

Außerdem sind einige Maßnahmen von großer Relevanz und fallen in die Zuständigkeit der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission, während andere außerhalb der Zuständigkeit der ÖUGK liegen und auf nationaler Ebene entschieden und umgesetzt werden sollen. Unabhängig davon sollten Informationen über alle Maßnahmen regelmäßig ausgetauscht werden.

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die Relevanz der Maßnahmen und die Aufteilung der Zuständigkeiten zwischen den beiden Ländern innerhalb und außerhalb der ÖUGK.

Tabelle 12. Relevanz und Zuständigkeiten für die Maßnahmen.

Maßnahme	Kurzbeschreibung	Innerhalb der ÖUGK		Außerhalb der ÖUGK	
		AT	HU	AT	HU
	Einzugsgebiet				
2-1	Spezifische Konzepte für den Immissionsschutz	+	+		
2-2	Verminderung der landwirtschaftlichen Erosion			+	(+)
2-3	Bewertung von Sedimentrückhaltebecken			+	+
2-4	Kontrolle von Emissionsquellen und -pfaden, Untersuchen des Verschmutzungsverhaltens, Bewerten der Kosten	+	+		
	Zubringer				
3-1 bis 3-4	Diffuse Strömung der Wulka durch Schilfgürtel			+	
3-5	Digitales Höhenmodell für die Wulka-Mündung			+	
3-6	Rückhaltebecken Kroißbach (Rákos patak)				+

Maßnahme	Kurzbeschreibung	Innerhalb der ÖUGK		Außerhalb der ÖUGK	
		AT	HU	AT	HU
	Sedimentmanagement				
4-1	Evaluierung der Wehrbetriebsordnung	+	+		
4-2	Evaluierung einer externen Wasserzuleitung	+	+		
4-3	Stärkung des bestehenden Netzes von Schilfkanälen in Österreich			+	
4-4	Schlammabgraberungen auf permanenter Basis			+	?
4-5	GIS-basierte Dokumentation von Sediment-Eingriffen	+	+		
4-6	Grenzüberschreitende Vermessung von Sedimentschichten zur Erstellung digitaler Oberflächenmodelle	+	+		
	Schilfmanagement				
5-1	Dokumentation schilfbezogener Informationen im GIS			+	+
5-2	Nachhaltige Schilfschnittpraxis			+	?
5-3	Evaluierung einer direkten oder indirekten Unterstützung nachhaltig wirtschaftender Schilferntebetriebe			+	?
5-4	Brandmanagement zur Beseitigung alter Schilfbestände			+	+
5-5	Evaluierung höherer Grenzwerte am Wehr zum Einser-Kanal	+	+		
5-6	Austausch zwischen offenem See und Schilfgürtel unterstützen ... siehe Maßnahmen 4-3ff				
5-7	Schließen von Wissenslücken zur Akkumulation von organischem Material	+	+		
5-8	Geodatenbank zur Schilfklassifizierung und räumlich-zeitliche Dokumentation von Eingriffen in den Schilfgürtel	+	+		
	Monitoring				
6-1	Bilaterale Monitoring-Gruppe	+	+		
6-2	Regelmäßiges Monitoring des Oberflächenreliefs des Seebeckens	+	+		
6-3	Grenzüberschreitende homogenisierte Datensätze und Karten	+	+		
6-4	Anpassung des physikalisch-chemischen und biologischen Monitorings			+	+
6-5	Etablierung einer Expertengruppe für Mikrobiologie	+	+		
6-6	Vergleichstests für Chemie und Biologie			+	+
6-7	Harmonisierung der nationalen Bewertungsmethoden	+	+		
6-8	Jährliche Berichte über die Wasserqualität für die Öffentlichkeit			+	+
6-9	Beweissicherung zur Schadstofffreisetzung bei Baggararbeiten			+	+
6-10	Online-Wasserqualitätsstationen und Wasserstandsmesser			+	+

8 LITERATUR

Armstrong, J. & W. Armstrong, 2001. An overview of the effects of phytotoxins on *Phragmites australis* in relation to die-back. *Aquatic Botany* 69(2-4):251-268 doi:10.1016/s0304-3770(01)00142-5.

Baran, M., Z. Váradyová, S. Krácmar & J. Hedbávny, 2002. The common reed (*Phragmites australis*) as a source of roughage in ruminant nutrition. *Acta Vet Brno* 71:445-449.

Berger, F. & F. Neuhuber, 1979. The hydrochemical problem. In Löffler, H. (ed) *Neusiedlersee - the limnology of a shallow lake in Central Europe Monographiae Biologicae* 37. Dr. W. Junk bv Publ., The Hague - Boston - London, 89-99.

BGBI. II Nr. 99/2010 idgF, Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer – QZV Ökologie OG. Wien.

Binz-Reist, H.-R., 1989. Mechanische Belastbarkeit natürlicher Schilfbestände durch Wellen, Wind und Treibzeug. PhD, ETH Zürich.

Birk, S., W. Bonne, A. Borja, S. Brucet, A. Courrat, S. Poikane, A. Solimini, W. Bund, N. Zampoukas & D. Hering, 2012. Three hundred ways to assess Europe's surface waters: An almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive. *Ecological Indicators* 18:11.

Blaschke, A. P., 2020. Hydrologie. Teilbericht Nr. 1 im Rahmen der angewandten hydrologischen und limnologischen Basisuntersuchungen zum Projekt REBEN – Reed Belt Neusiedler See/Fertő (Interreg-Projekt AT-HU 2014-20). Studie im Auftrag des Amtes der Bgld. Landesregierung, Abt. 5 – Baudirektion, Wien.

BMLFUW, 2015. 2. Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

BMLRT, 2020a. Erstellung des Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplans 2021 – Zeitplan, Arbeitsprogramm, geplante Anhörungsmaßnahmen. BMLRT. https://www.bmlrt.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/plan_gewaesser_ngp/nationaler_gewaesserbewirtschaftungsplan-ngp/ngp_arbeitsprogramm_2018.html Accessed 1. Oktober 2020.

BMLRT, 2020b. H2O Fachdatenbank, Version 5.1.2. <https://wasser.umweltbundesamt.at/h2odb/fivestep/abfrageQdPublic.xhtml> Accessed 29. September 2020.

Borics, G., G. Wolfram, G. Chiriac, D. Belkinova, K. Donabaum & S. Poikane, 2018. Intercalibration of the national classifications of ecological status for Eastern Continental lakes. Biological quality Element: Phytoplankton. EUR 29338 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Burian, K., R. Maier, H. Sieghardt, O. Hammer & G. Teuschl, 1986. Produktionsbiologische Untersuchungen an *Phragmites*-Beständen im geschlossenen Schilfgürtel des Neusiedler Sees. *Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland* 72:189-221.

Clara, M., A. Draxler & K. Deutsch, 2015. Fisch-Untersuchungsprogramm 2013: GZÜV Untersuchungen. Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

Csaplovics, E., 1982. Interpretation von Farbinfrarotbildern - Schilfkartierung Neusiedler See. *Geowiss Mitt (TU Wien)* 23.

Csaplovics, E., 2019. Der Schilfgürtel des Neusiedler Sees. *Österr Wasser- und Abfallw* 71:494-507.

Csaplovics, E., L. Bácsatyai, I. Márkus & A. Sindhuber, 1997. Digitale Geländemodelle des Neusiedler Seebeckens. Wiss Arb Bgld 97.

Csaplovics, E., G. Király & I. Márkus, 2014a. 2.4 Entwicklung des Schilfgürtels. In Wolfram, G., L. Déri & S. Zech (eds) Strategiestudie Neusiedler See - Phase 1. Studie im Auftrag der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission, Wien - Szombathely, pp. 36-42.

Csaplovics, E., T. Krámer, J. Józsa, K. Homoródi & M. Kiss, 2014b. 2.3 Hydromorphologie. In Wolfram, G., L. Déri & S. Zech (eds) Strategiestudie Neusiedler See - Phase 1. Studie im Auftrag der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission, Wien - Szombathely, pp. 25-35.

Csaplovics, E. & J. Schmidt, 2011a. Mapping the Austrian reed bed of Lake Neusiedl by means of airborne optical scanner imagery. Paper presented at the International Symposium on Advanced Methods of Monitoring Reed Habitats in Europe (Fernerkundung und angewandte Geoinformatik 9), Illmitz, 25-26 November 2010.

Csaplovics, E. & J. Schmidt, 2011b. Schilfkartierung Neusiedler See, Ausdehnung und Struktur der Schilfbestände des Neusiedler Sees-Projektmanagement, Erfassung und Kartierung des österreichischen Anteils durch Luftbildklassifikation. Projekt-Abschlussbericht, OeNB Burgenland, Eisenstadt, Dresden.

Csaplovics, E., G. Wolfram, G. Kum & P. Riedler, 2020. Schilfstruktur und Morphologie. Teilbericht Nr. 2 im Rahmen der angewandten hydrologischen und limnologischen Basisuntersuchungen zum Projekt REBEN – Reed Belt Neusiedler See/Fertő (Interreg-Projekt AT-HU 2014-20). Studie im Auftrag des Amtes der Bgld. Landesregierung, Abt. 5 – Baudirektion, Wien.

Dietrich, R. & N. Gamauf, 1998. Vorprojekt: Schilfnutzung am Neusiedler See. Studie i.A. des Amtes der Bgld. Landesregierung, Eisenstadt.

Dinka, M., 1991. Schwermetallbelastung zweier seichter Seen (Neusiedler See und Balaton – Österreich und Ungarn. Mitt österr geol Ges 83:9-22.

ÉDU-KÖVIZIG, 2011. Wasserrechtliche Bewilligung zur Wehranlage Mekszikópuszta vom 28.07.2011 (Zl. 854-9/2011). Umweltschutz, Naturschutz und Wasseraufsicht Nordtransdanubien, Győr.

eHyd, 2020. Messstellen und Daten. Accessed 2nd October 2020.

EU Commission, 2002. CIS Guidance document No. 6: Towards a guidance on establishment of the Intercalibration network and on the process of the Intercalibration exercise. Produced by Working Group 2.5 - Intercalibration.

European Commission, 2013. Directives 2013/39/EC of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy. Brussels.

Fertő 2019 Consortium, 2019a. Investigations supporting water management planning to protect the water quality of Lake Neusiedl. 2. Test methods and evaluation of results for water and sediment samples. REBEN – Reed Belt Neusiedl – Joint Approach for Ensuring the Water Quality of Lake Neusiedl (AT-HU 53. Interreg project), Budapest.

Fertő 2019 Consortium, 2019b. Investigations supporting water management planning to protect the water quality of Lake Neusiedl. 3. Examination of phytobenthos. REBEN – Reed Belt Neusiedl – Joint Approach for Ensuring the Water Quality of Lake Neusiedl (AT-HU 53. Interreg project), Budapest.

Fertő 2019 Consortium, 2019c. Investigations supporting water management planning to protect the water quality of Lake Neusiedl. 4. Investigation of biological water qualification parameters in Lake Neusiedl: phytoplankton, zooplankton, aquatic macrophyte. REBEN – Reed Belt Neusiedl – Joint Approach for Ensuring the Water Quality of Lake Neusiedl (AT-HU 53. Interreg project), Budapest.

- Fertő 2019 Consortium (Hungary), 2020. Investigations supporting water management planning to protect the water quality of Lake Neusiedl. Synthesis of the results. REBEN – Reed Belt Neusiedl – Joint Approach for Ensuring the Water Quality of Lake Neusiedl (AT-HU 53. Interreg project), Budapest – Győr – Sopron.
- Führer, E., 2010. Schnittpunkte der Schilfwirtschaft und des Naturschutzes am Neusiedler See. Univ. Bodenkultur.
- Fürnweiger, G., E. Sigmund & G. Wolfram, 2019. Fischökologisches Monitoring Neusiedler See, Befischungen innerer Schilfgürtel. Tätigkeitsbericht 2019. Zwischenbericht i.A. des Nationalparks Neusiedler See - Seewinkel, Wien.
- Gassner, H. & D. Achleitner, 2008. Fischbestandserhebung des Neusiedlersees (2006). Studie i.A. des BMLFUW und in Zusammenarbeit mit der Biolog. Station Neusiedler See, Scharfling, 21 pp.
- Gelosia, M., G. Cavalaglio, F. Cotana, A. L. Pisello, E. Pompili & D. Ingles, 2015. Sustainable Ethanol Production from Common Reed (*Phragmites australis*) through Simultaneous Saccharification and Fermentation. Sustainability 7 doi:10.3390/su70912149.
- Großschartner, M., 2020. Neusiedler See. Monitoring Zooplankton 2019. Studie i.A. des Amtes der Bgld. Landesregierung, Abt. 4 Naturschutz & Abt. 5 Baudirektion, Wien.
- Gunatilaka, A., 1986. Nährstoffkreisläufe im Schilfgürtel des Neusiedler Sees - Auswirkungen des Grünschnittes. Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland 72:223-310.
- Hainz, R., G. Kum, G. Lindner, P. Blaschke, G. Wolfram, O. Zoboli & M. Zessner, 2020. Online-Sonden und Freilandversuche. Teilbericht Nr. 5 im Rahmen der angewandten hydrologischen und limnologischen Basisuntersuchungen zum Projekt REBEN – Reed Belt Neusiedler See/Fertő (Interreg-Projekt AT-HU 2014-20). Studie im Auftrag des Amtes der Bgld. Landesregierung, Abt. 5 – Baudirektion, Wien.
- Herzig, A., E. Mikschi, B. Auer, A. Hain, A. Wais & G. Wolfram, 1994. Fischbiologische Untersuchung des Neusiedler See. BFB-Bericht 81:1-125.
- Hietz, P., 1989. I. Zur Freisetzung von Nährstoffen aus dem Litter von *Phragmites australis* im Schilfgürtel des Neusiedler Sees. AGN.
- Horváth, L. & M. Pannonhalmi, 1989. A Fertő tó mederüledékének nehézfém szennyezettsége. Hidrológiai Közlöny 69(4):220-223.
- Hydrographischer Dienst Burgenland, 2020. Die Neusiedler See Stationen. <https://wasser.bgld.gv.at/hydrographie/der-neusiedler-see> Accessed 2. Oktober 2020.
- Király, G., 2019. Investigations supporting water management planning to protect the water quality of Lake Neusiedl. 5. Investigation of reed structure. REBEN – Reed Belt Neusiedl – Joint Approach for Ensuring the Water Quality of Lake Neusiedl (AT-HU 53. Interreg project), Budapest.
- Korner, I., E. Nemeth, A. Ambrus, M. Dvorak, B. Kohler, A. Pellingner & G. Takács, 2014. 4.1 Naturschutzaspekte am Neusiedler See, im Seewinkel und im Hanság. In Wolfram, G., L. Déri & S. Zech (eds) Strategiestudie Neusiedler See – Phase 1. Studie im Auftrag der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission, Wien - Szobathely, pp. 92-123.
- Kovacs, A., M. Honti, M. Zessner, A. Eder, A. Clement & G. Blöschl, 2012. Identification of phosphorus emission hotspots in agricultural catchments. Science of the Total Environment 433:74-88.
- Krachler, R., R. Krachler, A. Stojanovic, B. Wielander & A. Herzig, 2009. Effects of pH on aquatic biodegradation processes. Biogeosciences Discuss 6:13.

- Krámer, T., J. Szilágyi & E. Nagy, 2019. Investigations supporting water management planning to protect the water quality of Lake Neusiedl. 1. Hydrological and hydrodynamic conditions. REBEN – Reed Belt Neusiedl – Joint Approach for Ensuring the Water Quality of Lake Neusiedl (AT-HU 53. Interreg project), Budapest.
- Krisa, H., 2020. Untersuchung des Phytoplanktons des Neusiedler Sees im Rahmen der GZÜV Gutachten zur Saison 2019. Gutachten i.A. des Amtes der Bgld. Landesregierung, Abt. 5 Baudirektion, Wien.
- Krisa, H., M. Großschartner, E. Sigmund, F. G & G. Wolfram, 2020. Lebensgemeinschaften. Teilbericht Nr. 4 im Rahmen der angewandten hydrologischen und limnologischen Basisuntersuchungen zum Projekt REBEN – Reed Belt Neusiedler See/Fertő (Interreg-Projekt AT-HU 2014-20). Studie im Auftrag des Amtes der Bgld. Landesregierung, Abt. 5 – Baudirektion, Wien.
- Kubu, G., 2010. Grundlagen und Ergebnisse der Experten zur Neufassung der Wehrbetriebsordnung für die Wehranlage Mekszikópuszta am Rand des Neusiedler Sees. Studie i.A. des Amtes der Bgld. Landesregierung, Wien - Eisenstadt, 6 pp.
- Lastrucci, L., D. Gigante, O. Vaselli, B. Nisi, D. Viciani, L. Reale, A. Coppi, V. Fazzi, G. Bonari & C. Angiolini, 2016. Sediment chemistry and flooding exposure: A fatal cocktail for *Phragmites australis* in the Mediterranean basin? *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 52:365-377 doi:10.1051/limn/2016023.
- Löffler, H., 1974. Der Neusiedlersee, Naturgeschichte eines Steppensees. Verlag Fritz Molden, Wien, 175 pp.
- Márkus, I. & G. Király, 2011. The evolution of the Hungarian reed classification systems. In: Csaplovics, E. & J. Schmidt (eds) *International Symposium on Advanced Methods of Monitoring Reed Habitats in Europe*, Rhombos, Berlin, 2011. p 131-144.
- National General Directorate for Water Management, 2020. Water levels. <http://www.vizugy.hu/> Accessed 2nd October 2020.
- Nemeth, E., M. Dvorak, T. Knoll, B. Kohler, S. Mühlbacher & F. Werba, 2014. Managementplan für den Neusiedler See als Teil des Europaschutzgebiets Neusiedler See - Nordöstliches Leithagebirge. Studie im Auftrag des Vereins BERTA (Burgenländische Einrichtung zur Realisierung Technischer Agrarprojekte), BirdLife Österreich, Wien, 245 pp.
- Obolewski, K., A. Strzelczak & A. Kiepas-Kokot, 2007. Chemical composition of reed *Phragmites australis* [Cav.] Trin. ex Steud. versus density and structure of periphyton in various aquatic ecosystem. *Journal of Elementology* 12.
- Országos Vízelző Szolgálat [National Water Service], 2020. Annual water level tables based on morning measurements. http://www.hydroinfo.hu/html/archivum/archiv_tabla.html.
- Ostendorp, W., 1988. Nährstoffkreisläufe und Nährstoffakkumulation in Seeufer-Röhrichten - Am Beispiel des Bodensee-Untersees. *Telma* 18:351-372.
- Ostendorp, W., 1989. 'Die-back' of reed in Europe - a critical review of literature. *Aquatic Botany* 35(1):5-26.
- Ostendorp, W., 1993. Schilf als Lebensraum. *Beih Veröff Naturschutz Landschaftspflege Bad-Württ (Karlsruhe)* 68:173-280.
- ÖWAV, 2020. Positionen und Forderungen der Wasserwirtschaft in Österreich. ÖWAV-Positionspapier. Verfügbar unter: <https://www.oewav.at/Page.aspx?target=388831>., Wien.
- Pall, K., S. Hippeli, V. Mayerhofer, S. Mayerhofer, G. Hoheneder & S. Pall, 2013. Makrophytenkartierung Neusiedlersee - Basiserhebung und Bewertung nach Wasserrahmenrichtlinie. Untersuchung im

Auftrag der Landesregierung Burgenland und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

Pannonhalmi, M., 2014. Fertő tó magyarországi tórész mederüledék vizsgálata 2014. Magyar Hidrológiai Társaság . XXXIII Országos Vándorgyűlés 2015, Szombathely.

Poikane, S., N. Zampoukas, A. Borja, S. P. Davies, W. van de Bund & S. Birk, 2014. Intercalibration of aquatic ecological assessment methods in the European Union: Lessons learned and way forward. *Environmental Science and Policy* 44:237–246.

Pyšek, P., H. Skalova, J. Čuda, W. Guo, J. Doležal, O. Kauzal, C. Lambertini, K. Pyšková, H. Brix & L. Meyerson, 2019. Physiology of a plant invasion: Biomass production, growth and tissue chemistry of invasive and native *Phragmites australis* populations. *Preslia* 91:51-75 doi:10.23855/preslia.2019.051.

Rank, D., 1986. Das neue Bild des Grundwasserhaushaltes im Neusiedlersee-Gebiet: Ergebnisse von Isotopenuntersuchungen. *Wasser und Abwasser* 30:293-323.

Reif, D., O. Zoboli & M. Zessner, 2020. Laborversuche. Teilbericht Nr. 6 im Rahmen der angewandten hydrologischen und limnologischen Basisuntersuchungen zum Projekt REBEN – Reed Belt Neusiedler See/Fertő (Interreg-Projekt AT-HU 2014-20). Studie im Auftrag des Amtes der Bgld. Landesregierung, Abt. 5 – Baudirektion, Wien.

Reitinger, J., R. Schmalfluss & H. Mahler, 1991. Aspekte zum Wasserhaushalt des Neusiedler Sees. BFB-Bericht 77:101-107.

Ritterbusch-Nauwerck, B., 1995. Das Schilf in Litzlberg, Gemeinde Seewalchen / Attersee. II. Vermessung und ökologische Untersuchung. Studie i.A. des Amtes der OÖ Landesregierung.

Rodewald-Rudescu, L., 1974. Das Schilfrohr (*Phragmites communis* Trinius). Die Binnengewässer Band 27. E. Schweizerbart'sche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 302 pp.

Sailer, C. & K. Maracek, 2019. Der Neusiedler See - ein Überblick. Österr Wasser- und Abfallw doi:10.1007/s00506-019-00621-3.

Strenge, E., C. Weinberger, G. Hepp, M. Samhaber, M. Kuderna & M. Zessner, in prep. Identifikation von Hotspotflächen für erosive Feinsediment- und Phosphoreinträge als Grundlage für eine zielgerichtete landwirtschaftliche Beratung und Maßnahmensetzung in oberösterreichischen Fließgewässern. Projektbereich im Auftrag des Landes Oberösterreich, Wien.

Whittaker, G. & G. Likens, 1975. The biosphere and man. *Ecol Stud* 14(305-328).

Wolfram, G., C. Argillier, J. de Bortoli, F. Buzzi, A. Dalmiglio, M. T. Dokulil, E. Hoehn, A. Marchetto, P.-J. Martinez, G. Morabito, M. Reichmann, S. Remec-Rekar, U. Riedmüller, C. Rioury, J. Schaumburg, L. Schulz & G. Urbanic, 2009. Reference conditions and WFD compliant class boundaries for phytoplankton biomass and chlorophyll-a in Alpine lakes. *Hydrobiologia* 633:45-58.

Wolfram, G., A. P. Blaschke, R. Hainz, P. Riedler, M. Zessner & O. Zoboli, 2020a. Synthese. Teilbericht Nr. 7 im Rahmen der angewandten hydrologischen und limnologischen Basisuntersuchungen zum Projekt REBEN – Reed Belt Neusiedler See/Fertő (Interreg-Projekt AT-HU 2014-20). Studie im Auftrag des Amtes der Bgld. Landesregierung, Abt. 5 – Baudirektion, Wien.

Wolfram, G., E. Boros, A. P. Blaschke, R. Hainz, G. Kíraly, T. Krámer, R. Mayer, M. Pannonhalmi, P. Riedler, M. Zessner, I. Vass & O. Zoboli, 2020b. Austrian-Hungarian Synthesis. Report No. 8 of the Applied hydrological and limnological basic investigations for the project REBEN – Reed Belt Neusiedler See/Fertő (Interreg-Projekt AT-HU 2014-20). Amt der Burgenländischen Landesregierung, Abt. 5 – Baudirektion, and the Nord-Transdanubische Direktion für Wasserwesen, IX. Abt. für Hochwasserschutz & Flussmanagement, Vienna – Budapest – Győr.

Wolfram, G., F. Buzzi, M. Dokulil, M. Friedl, E. Hoehn, C. Laplace-Treyture, M. Menay, A. Marchetto, G. Morabito, M. Reichmann, Š. Remec-Rekar, U. Riedmüller & G. Urbanič, 2014a. Alpine Lake Phytoplankton ecological assessment methods. JRC Reports: Water Framework Directive Intercalibration Technical Report, Luxembourg - Ispra.

Wolfram, G., L. Déri & S. Zech, 2014b. Strategiestudie Neusiedler See – Phase 1 / Fertő tó Stratégiai Tanulmány – 1. Studie im Auftrag der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission / Osztrák Vízügyi Bizottság megbízásából, Wien - Szombathely, 246 pp.

Wolfram, G. & K. Donabaum, 2010. Leitfaden zur typspezifischen Bewertung gemäß WRRL – Allgemein physikalisch-chemische Parameter in Seen, idgF.

Wolfram, G., K. Donabaum & M. Dokulil, 2011. Bewertung des ökologischen Zustandes des Neusiedler Sees anhand des Biologischen Qualitätselements Phytoplankton. Studie i.a. des BMLFUW, Wien, 63 pp.

Wolfram, G., R. Hainz, S. Hintermaier, G. Kum, P. Riedler, M. Zessner, O. Zoboli & A. Herzig, 2019. Eintragspfade, Umsetzungsprozesse und Langzeitveränderungen von Nährstoffen im Neusiedler See. Österr Wasser- und Abfallw doi:doi.org/10.1007/s00506-019-00620-4.

Wolfram, G. & A. Herzig, 2013. Nährstoffbilanz Neusiedler See. Wiener Mitteilungen 228:317-338.

Wolfram, G., E. Mikschi, A. Wolfram-Wais & A. Hain, 2001. Fischökologische Untersuchung des Schilfgürtels des Neusiedler Sees. Studie i.A. des Nationalpark Neusiedler See - Seewinkel, Wien, 174 pp.

Wolfram, G., P. Riedler, R. Hainz, S. Hintermaier, M. Zessner, O. Zoboli, E. Saracevic, R. D & A. Amann, 2020c. Physikalisch-chemische Parameter und Schadstoffe. Teilbericht Nr. 3 im Rahmen der angewandten hydrologischen und limnologischen Basisuntersuchungen zum Projekt REBEN – Reed Belt Neusiedler See/Fertő (Interreg-Projekt AT-HU 2014-20). Studie im Auftrag des Amtes der Burgenländischen Landesregierung, Abt. 5 – Baudirektion, Wien.

Zessner, M., 2008. The combined approach - a challenge for border crossing water quality issues in Austria. Water Science and Technology 58(10):1917-1923.

Zessner, M., O. Gabriel, K. Schilling, M. Pannonhalmi, L. Sutho, M. Kovács, I. Toth, A. Clement, T. Karches, F. Szilagyi, T. Kramer, J. Jozsa, G. Wolfram, K. Ruzicska & S. Hintermaier, 2012. Neusiedler See - Ökodynamische Rehabilitation. Betrachtungen zur Wasserqualität der Raab. Studie i.A. des Amtes der Burgenländischen Landesregierung, Abteilung 9 – Wasser und Abfallwirtschaft, Wien, Budapest, Győr, 189 pp.

Zessner, M., S. Höfler, C. Weinberger, O. Gabriel, M. Kuderna, E. Strenge & G. Gumpinger, 2019a. Feinsediment- und Phosphorproblematik in oberösterreichischen Fließgewässern und Ansätze zur Lösung. Projektbericht im Auftrag des Landes Oberösterreich, Wien, 34 pp.

Zessner, M., O. Zoboli, G. Hepp, M. Kuderna, C. Weinberger & O. Gabriel, 2016. Shedding light on increasing trends of phosphorus concentration in Upper Austrian rivers. Water 404(8):1-16.

Zessner, M., O. Zoboli, D. Reif, A. Amann, E. Sigmund, G. Kum, Z. Saracevic, E. Saracevic, S. Kittlaus, J. Krampe & G. Wolfram, 2019b. Belastung des Neusiedler Sees mit anthropogenen Spurenstoffen: Überlegungen zu Herkunft und Verhalten. Österr Wasser- und Abfallw 71(11):522-536 doi:<https://doi.org/10.1007/s00506-019-00623-1>.

9 ANHANG

9.1 Liste mit Koordinaten der Monitoringstellen der nationalen Monitoringprogramme

Tabelle 13. Namen und Lage der Messstellen im lokalen operativen Monitoring für den Neusiedler See, durchgeführt von der Biologischen Station Illmitz in Österreich und von der Hydrometeorologischen Station Fertő tavi in Ungarn.

Land		Probenahmestelle	WGS
Österreich	1	Illmitzer Bucht	
	2	Seebad Illmitz	
	4	Südliche Landesgrenze	N47° 53.97' E16° 48.18'
	5	Illmitz - Mörbisch	N47° 51.19' E16° 45.87'
	6	Schilfkante bei Mörbisch	
	8	Ruster Bucht	
	13	Schilfkante vor dem Donnerskirchner Kanal	
	18	Seebad Breitenbrunn	
	21	Seebad Neusiedl	
	23	Seebad Weiden	
	24	Weiden	N47° 41.03' E16° 45.58'
	25	Schilfkante vor dem Gols-Kanal	
	26	Seebad Podersdorf	
	27	Donnerskirchen	N47° 45.24' E16° 43.43'
	29	Schilfkante Podersdorf	
	35	Staatsgrenze südlich von Mörbisch	
36	Ruster Poschn		
Ungarn	1	Fertőbozi főcsatorna 1	N47° 41.529' E16° 43.693'
	2	Körccsatorna 4	N47° 39.930' E16° 48.491'
	3	Körccsatorna 3	N47° 39.897' E16° 46.709'
	4	Körccsatorna 2	N47° 40.013' E16° 44.823'
	5	Körccsatorna 1	N47° 40.157' E16° 44.062'
	6	Fertőbozi főcsatorna 2	N47° 40.269' E16° 43.485'
	7	Fertőbozi főcsatorna 3	N47° 39.564' E16° 43.347'
	8	Fertőbozi főcsatorna 4	N47° 38.938' E16° 43.243'
	9	Fertőbozi főcsatorna 5	N47° 38.380' E16° 43.152'
	10	Meggyesi szél	N47° 44.337' E16° 41.100'
	11	Madárvárta (HFCS)	N47° 40.640' E16° 48.491'
	12	Fertőrákosi öböl	N47° 43.426' E16° 41.788'
	13	Herlakni-tó	N47° 41.088' E16° 42.827'
	14	B0	N47° 44.230' E16° 42.932'
	15	Nádas állomás	N47° 42.918' E16° 40.672'
	16	Virágosmajori főcsatorna 2	N47° 43.485' E16° 40.499'

9.2 Liste der Schadstoffe im nationalen Monitoring von Ungarn

Tabelle 14. Parameter, die in Ungarn alle 3 Jahre untersucht werden.

As-gesamt µg/l	Trichlorethylene µg/l	PCB-28 µg/l
As-gelöst µg/l	Tetrachlorethylene µg/l	Trifluralin µg/l
Zn-gesamt µg/l	1,3,5-Trichlorobenzene µg/l	Simazin µg/l
Zn-gelöst µg/l	1,2,4-Trichlorobenzene µg/l	Atrazin µg/l
Hg-gesamt µg/l	1,2,3- Trichlorobenzene µg/l	alfa-BHC µg/l
Hg-gelöst µg/l	Pentachlorobenzene µg/l	beta-BHC µg/l
Cd-gesamt µg/l	Hexachlorobenzene µg/l	Lindane µg/l
Cd-gelöst µg/l	Naphthalene µg/l	delta-BHC µg/l
gesamt Cr-gesamt µg/l	2-Methyl naphthalene µg/l	Alachlor µg/l
Gesamt Cr-gelöst µg/l	Acenaphthylene µg/l	Terbutrin µg/l
Ni-gesamt µg/l	Acenaphthene µg/l	Endosulfan I µg/l
Ni-gelöst µg/l	Fluoren µg/l	Endosulfan II µg/l
Pb-gesamt µg/l	Phenanthrene µg/l	Aldrin µg/l
Pb-gelöst µg/l	Anthracen µg/l	Endrin µg/l
Cu-gesamt µg/l	Fluoranthene µg/l	Dieldrin µg/l
Cu-gelöst µg/l	Pyrene µg/l	Chlorfenvinphos µg/l
xylenes µg/l	Chrysene µg/l	Chlorpyrifos µg/l
Benzol µg/l	Benzo(b)fluoran µg/l	p,p-DDD µg/l
Toluol µg/l	Benzo(k)fluoran µg/l	p,p-DDE µg/l
Ethyl-benzol µg/l	Benzo(b+k)fluor µg/l	4,4-DDT µg/l
p-Xylene µg/l	Benzo(e)pyrene µg/l	Total PAH µg/l
o-Xylene µg/l	Benzo(a)pyrene µg/l	heptachlor µg/l
Dichlormethan µg/l	Indeno(1	hexakloro-butad µg/l
Chloroform µg/l	2,3-cd µg/l	Diuron µg/l
carbon tetrachloride µg/l	Dibenzo(a,h)ant µg/l	Izoproturon µg/l
1,2- Dichloroethane µg/l	Benzo(g,h,i)per µg/l	DEPH µg/l