DWS Hydro-Ökologie

bı.wih 🔛 bı.iwr

# REBEN

# Reed Belt Neusiedler See/Fertő Interreg-Projekt AT-HU 2014-20

Angewandte hydrologische und limnologische Basisuntersuchungen

Bericht 1

Hydrologie





Titel:	Hydrologie. Teilbericht im Rahmen der angewandten hydrologischen und limnologischen Basisuntersuchungen zum Projekt 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
Auftragnehmer:	ARGE "DWS Hydro-Ökologie – TU Wien"
	DWS Hydro-Ökologie GmbH Technisches Büro für Gewässerökologie und Landschaftsplanung Zentagasse 47, 1050 Wien Tel. 01 / 548 23 10, Fax DW 18 Email: office@dws-hydro-oekologie.at Technische Universität Wien Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
	Karlsplatz 13/222, 1040 Wien
Projektleitung:	Mag. Dr. Georg Wolfram
Verfasser:	UnivProf. Dr. Alfred Paul Blaschke
Mitarbeiter:	DI Gerhard Lindner (Tracer-Versuch, Drucksonden Windereignis), Mag. Roland Hainz (Online Sonden, Windereignis), Mag. MAS Georg Kum MAS (Vermessung, Datenlogger)
Auftrag:	A5/GEW.EUF-10003-11-2017
Seitenanzahl:	98
Interne Berichts-Nr.:	15/078-B01
Zitierweise:	Blaschke, A.P. (2020). Hydrologie. Teilbericht 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 Amts der Burgenländischen Landesregierung, Abt. 5 – Baudirektion, Wien.

Wien, Dezember 2020

# INHALTSVERZEICHNIS

Zu	samn	menfassung	1
Ex	tende	ed summary	4
1	Ei	inleitung	7
2	К	limatische und hydrologische Verhältnisse	8
	2.1	Klima	8
	2.2	Hydrologie	9
	2.	.2.1 Änderung der klimatischen Verhältnisse	14
3	D	atengrundlagen und Modellerstellung	16
	3.1	Datengrundlagen	16
	3.2	Erstellung des numerischen hydraulischen Modells	18
	3.	.2.1 Modellgrundlagen	18
	3.	.2.2 Ausgewählte Modellgebiete	18
	3.3	Modellüberprüfung	22
4	H	ydrologische Freilandmessungen	27
	4.1	Abflussmessungen	27
	4.2	Wasserstandsmessungen mit Datenlogger	29
5	Eı	rgebnisse der Hydraulischen Modellierungen	33
	5.1	Testgebiet Illmitz	33
	5.	.1.1 Durchflüsse und die Wirkungen auf den Wasserstand	35
	5.	.1.2 Modellergebnisse – Testgebiet Illmitz	37
	5.2	Testgebiet Mörbisch	52
	5.	.2.1 Durchflüsse und die Wirkungen auf den Wasserstand	53
	5.	.2.2 Modellergebnisse – Testgebiet Mörbisch	55
	5.3	Testgebiet Wulka	79
	5.	.3.1 Modellergebnisse – Pegelwasserstände – Testgebiet Wulka	81
	5.	.3.2 Überlegungen zum diffusen Durchströmen des Schilfgürtels	91
6	R	esümee	93
	6.1	Strömungsverhältnisse in den Schilfkanälen	93
	6.2	Strömungsverhältnisse im Schilf	94
	6.3	Übertragung der Ergebnisse aus den Testgebieten auf den gesamten in Österreich liegenden	
	Schil	lfgürtel	94
7	Li	iteratur	97
8	Α	nhang	98

# ZUSAMMENFASSUNG

In den Bearbeitungen im Modul Hydrologie werden die generelle Charakterisierung der hydrologischen und klimatischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes dargestellt. Der Schwerpunkt liegt auf der Erfassung der Strömungsprozesse zwischen offenem See und Schilfgürtel in den drei Teilgebieten Illmitz, Mörbisch und Wulka, um ein Verständnis zur hydraulischen Wirkung der Kanäle und offenen Wasserflächen im Schilfgürtel auf die Wasseraustauschprozesse zu entwickeln. Für die Ausarbeitung der hydraulischen Modelle zur Beschreibung der Wasseraustauschprozesse zwischen offenem See und dem Schilfgürtel wurde aufbauend auf den Grundlagen aus dem GeNeSee-Projekt und den eigenen Messungen für jedes Teilgebiet ein entsprechendes Geländemodell erarbeitet.

Die Basis für die Modellerstellung ist die bestmögliche Charakterisierung der hydrologischen und klimatischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes auf Grundlage vorhandener Daten, wie hydrographische, klimatische und Informationen über die Geländeoberfläche. Dazu wurden neben den Online-Messstationen zusätzlich Datenlogger zur Messung des Wasserstandes in zeitlich hoher Auflösung installiert, Durchflussmessungen, Vermessungen in den Kanälen und offenen Wasserflächen im inneren Schilfgürtel und Tracerversuche durchgeführt.

In weiterer Folge konnte über die Datenauswertung einer zusätzlichen 3-tägigen Intensivbeobachtung eines Windereignisses in einem Schilfkanal im Testgebiet Illmitz eine Überprüfung der Modellierung durchgeführt werden. Darauf aufbauend wurde für jedes der drei Gebiete ein Modell erstellt und Berechnungen für unterschiedliche hydrologische Situationen durchgeführt und ausgewertet.

#### Strömungsverhältnisse in den Schilfkanälen

Die Strömungsverhältnisse in den Schilfkanälen sind vorwiegend durch kleine Strömungsgeschwindigkeiten, die sich von kaum messbar bis wenige Zentimeter pro Sekunde bewegen, geprägt. Leidglich im Anfangsbereich zur offenen Seefläche hin kommt es, bei entsprechenden windbedingten größeren Wasserspiegelschwankungen, zu etwas größeren Fließgeschwindigkeiten von mehreren Dezimeter pro Sekunde. Im inneren Schilfbereich treten größere Fließgeschwindigkeiten nur in Engstellen der Schilfkanäle auf.

Bei den Durchflüssen in den Schilfkanälen spielt insbesondere die Größe des Kanalquerschnittes die entscheidende Rolle.

#### Strömungsverhältnisse im Schilf

Die Strömungsverhältnisse im Schilfbereich sind modelltechnisch nicht zu erfassen. Zum einen sind es die unzureichenden Kenntnisse der Geländehöhen im Schilfbereich und zum anderen fehlen genauere Kenntnisse über die Durchlässigkeit des Schilfbestandes in seinen unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Einen gewissen, sehr flächenhaften, Eindruck über die diffusen Durchströmungen des Schilfgürtels lassen sich aus den Berechnungen im Testgebiet der Wulka ableiten. Aufgrund der Berechnungen der Durchflüsse in Profilen entlang des Fließweges der Wulka und seiner Nebenarme hat sich gezeigt, dass es jedenfalls bei Durchflüssen über Mittelwasser zu einem Durchströmen des Schilfgürtels kommt. Eine genauere Angabe über die Größe des Durchflusses, der zu einem Einströmen in den Schilfgürtel führt, kann aus den hier durchgeführten Modellierungen nicht getroffen werden. Es kann lediglich aus den beiden berechneten Fällen abgeleitet werden, dass es bereits bei Durchflüssen unter einem mittleren Abfluss zu einer diffusen Durchströmung des Schilfgürtels kommt. Jedenfalls ist auch deshalb eine detailliertere Aussage nicht aufgrund durchgeführten Baggerungen möglich, da der zu veränderten Abflussbedingungen kommt, die sich in weitere Folge dann auch auf die Bereiche ohne Erhaltungsmaßnahmen auswirken.

#### Übertragung der Ergebnisse auf den gesamten Schilfgürtel

Eine Übertragung der Ergebnisse aus den Testgebieten auf einen größeren Bereich ist mit großer Unsicherheit behaftet. Ein Grund sind die wechselnden unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen, die nur teilweise mit den Modellierungen abgedeckt sind. Weitere Gründe für die Unsicherheiten liegen in der geringen Information über Durchlässigkeiten des Schilfbestandes in den unterschiedlichen Entwicklungsstadien des Schilfbes und in der vorhandenen Unsicherheit bei dem Geländemodell im Schilfbereich. Unter diesen Bedingungen ist die nachfolgende Abschätzung nur eine sehr grobe Abschätzung möglicher mittlerer täglicher Austauschmengen für den gesamten Schilfbereich.

	hol Seewass	ner erstand	niederer Seewasserstand		
	Wasser vom See in den Schilfbereich [m <sup>3</sup> /d]	Wasser vom Schilfbereich in den See [m <sup>3</sup> /d]	Wasser vom See in den Schilfbereich [m <sup>3</sup> /d]	Wasser vom Schilfbereich in den See [m <sup>3</sup> /d]	
Für den Österreichischen Anteil am Schilfgürtel	20334	-8189	14839	-36638	

Geht man von diesen Zahlen aus, ergeben sich auf die Gesamtfläche des Sees bezogen (offener See und Schilfgürtel) für die Jahresbilanz Werte von 32 bis -58 mm pro Jahr (bezogen auf die gesamte Wasserbilanz des Sees). Das sind ca. 4,3 bis -7,8 % in der Wasserbilanz. Dieser abgeschätzte Wasseraustausch zwischen See und Schilfgürtel zeigt, dass Wasseraustausch zwischen See und Schilfgürtel bei einer Wasserbilanzierung trotz den enthaltenen Unsicherheiten zu beachten ist.

# **EXECUTIVE SUMMARY**

The seven chapters of this report provide a description of the water exchange between Lake Neusiedl and the reed belt for the Austrian territory.

The introduction (Chapter 1) explains the issue and the steps necessary to address it. Chapter 2 contains a brief general description of the climatic and hydrological conditions in the study area. Chapter 3 provides information on the data basis used and the modelling process. Additional measurements to supplement the existing hydrographic data are explained in Chapter 4. The results of the hydrodynamic modelling are summarised in Chapter 5, and finally Chapter 6 contains the summary of the investigations.

In summary, the following findings can be derived from the investigations.

The general characterisation of the hydrological and climatic conditions of the study area is presented in the Hydrology module. The focus is on the recording of the flow processes between the open lake and the reed belt in the three sub-areas of Illmitz, Mörbisch and estuary region of the Wulka river in order to develop an understanding of the hydraulic effect of the channels and open water areas in the reed belt on the water exchange processes. For the elaboration of the hydraulic models to describe the water exchange processes between the open lake and the reed belt, a corresponding terrain model was developed for each sub-area based on the fundamentals of the GeNeSee project and this project's own measurements.

The hydraulic exchange model is built upon the best possible characterization of the hydrological and climatic conditions of the study area on the basis of existing data, such as hydrographic, climatic and information on the surface of the terrain. In addition to the online measuring stations, data loggers were installed to measure the water level in high temporal resolution, to record water flow rates in both the channels and open water areas in the inner reed belt, and tracer tests were carried out.

Subsequently, the evaluation of data generated during an additional 3-day intensive observation of a wind event in a reed channel in the Illmitz test area enabled a review of the modelling to be conducted. Based on this, a model was created for each of the 3 areas and calculations for different hydrological situations were carried out and evaluated.

#### Flow conditions in the reed channels

The flow conditions in the reed channels are mainly characterised by low flow velocities ranging from barely measurable to only a few centimetres per second. In the areas towards the open lake surface, larger fluctuations in water level are experienced, caused by wind

and lead to somewhat higher flow speeds of several decimetres per second. In the inner reed area, higher flow velocities only occur in narrow sections of the reed channels.

The size of the channel cross section plays a decisive role in the flow in the reed channels.

#### Flow conditions in the reed area

The flow conditions in the reed area cannot be modelled. This is because, firstly there is insufficient knowledge of the terrain heights in the reed area, and secondly, there is a lack of precise knowledge about the permeability of the reed stand in its various stages of development. A certain, very extensive impression of the diffuse flow through the reed belt can be deduced from the calculations in the Wulka estuary test area. Based on the calculations of the flow rates in profiles along the flow path of the Wulka and its tributaries, it has been shown that flows above the mean water level led to flow through the reed belt. A more precise indication of the rate of the flow that leads to an inflow into the reed belt cannot be obtained from the modelling carried out here. It can only be inferred from the two calculated cases that even at flow rates below the mean discharge, diffuse flow through the reed belt occurs. Flow dynamics through the reed belt are also complicated by channel dredging in areas that are not protected by conservation measures, that leads to changed discharge conditions.

#### Transfer of the results from the test areas to the entire reed belt in Austria

A transfer of the results from the test areas to a larger area is subject to great uncertainty. This is because the multiple, and variable, hydrological conditions are only partially covered by the modelling. Further reasons for the uncertainties are the low information about the permeability of the reed stand in the different stages of reed development and the existing uncertainty in the terrain model in the reed area. Under these conditions the following estimation is only a very rough estimate of possible exchange quantities.

	hġh	Lake water level	low Lake water level		
	Water from the lake into the reed area [m³/d].	Water from the reed area into the lake [m³/d]	Water from the lake into the reed area [m³/d].	Water from the reed area into the lake [m³/d]	
For the Austrian part of the reed belt	20334	-8189	14839	-36638	

If these figures are taken as a basis, the amount of water exchange between the lake and the reed belt can be estimated to be between 14 and -25 mm per year (compared to the total water balance). That is about 4.3 to -7.8 % in the total water balance. This estimated water exchange between the lake and the reed belt shows that water exchange between the lake and the reed belt shows that water balancing despite the uncertainties it contains.

# 1 EINLEITUNG

#### **INTRODUCTION**

Mit dem Teilbericht 1 Hydrologie der vorliegenden Studie wurde das Ziel verfolgt, den Austausch zwischen der offenen Seewasserfläche und dem Schilfgürtel des Neusiedler Sees zu beschreiben. Insbesondere soll durch das Projekt ein besseres Verständnis zu den Strömungsverhältnissen in den Schilfkanälen und den Schilfflächen gewonnen werden. Eine generelle Charakterisierung der hydrologischen und klimatischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes mit einem Ausblick auf die zukünftigen Veränderungen durch die zu erwartenden klimatischen Veränderungen ist ebenfalls Teil der Betrachtungen. In Hinblick auf die Bearbeitungen in anderen Arbeitsgruppen sind Aussagen zu Durchflüssen und deren Auswirkungen auf die Wasserstandsverhältnisse im inneren Schilfgürtel für unterschiedliche hydrologische Verhältnisse von Interesse. Als Instrument dient dazu ein numerischen Oberflächenwassermodell; das auf Basis der Flachwassergleichungen basierende Modellsystem wurde von VRVis Forschungs-GmbH entwickelt. Aufgrund der Seegröße und der für eine Modellierung notwendigen Eingangsdaten wurden die Berechnungen in 3 ausgewählten Teilgebieten durchgeführt. Zusätzlich wurden unterstützend sowohl Onlinemessstellen eingerichtet (siehe dazu Teilbericht 5) als auch Freilandmessungen durchgeführt. Auch im ungarischen Teil des Untersuchungsgebietes waren hydraulische Modellierungen und Feldmessungen die Grundlage für Aussagen zu den Strömungssituationen im dort vorhandenen weitverzweigten Grabensystem (siehe dazu Krámer et al. 2020).

Die Felduntersuchungen wurden im Rahmen von aufeinander abgestimmten Messkampanien durchgeführt. Dies ermöglichte in weiterer Folge unter anderem auch erste Abschätzungen zu Frachten unterschiedlicher Wasserinhaltsstoffe, die für die Planung von Maßnahmen im Rahmen eines Managementplanes für den Neusiedler See von hoher Bedeutung sind.

Im Kapitel 2 wird ein kurzer Überblick über die klimatischen und hydrologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet gegeben. Die sehr wichtigen Datengrundlagen für das Modell und die Erstellung des hydraulischen Modells werden im Kapitel 3 beschrieben.

Über die Ergebnisse zu den Feldmessungen wird, ergänzend zum Teilbericht 5, im Kapitel 4 berichtet. Dies betrifft die Durchflussmessungen, Ergebnisse der Datenlogger für die Messung von relativen Wasserstandsänderungen und Tracerversuche (in der Wulka) die ergänzend durchgeführt und ausgewertet wurden.

Das Kapitel 5 enthält schließlich die Ergebnisse der Modellrechnungen für die drei Testgebiete und die unterschiedlichen hydraulischen Szenarien.

Im abschließenden Resümee (Kapitel 6) werden anhand der Ergebnisse in den Teilgebieten auf die gesamte Schilffläche Rückschlüsse gezogen.

# 2 KLIMATISCHE UND HYDROLOGISCHE VERHÄLTNISSE

CLIMATIC AND HYDROLOGICAL CONDITIONS

#### 2.1 Klima

#### Climate

Der Neusiedler See ist kaum mehr vom atlantischen Wetter beeinflusst und dementsprechend schon dem pannonischen Klima (also schon eher kontinentalem Klima) zuzurechnen. Die geringen Jahresniederschläge von unter 600 mm und eine der wärmsten Regionen Österreichs prägen den Wasserhaushalt im Gebiet. Der Neusiedler See ist ein sehr seichter Steppensee, dessen Charakter sich wesentlich von dem alpiner Seen unterscheidet. Das gesamte Einzugsgebiet des Sees ist knapp dreimal so groß wie die Seefläche selbst. Damit wird der Wasserhaushalt des Neusiedler Sees vor allem durch die meteorologischen Einflüsse – Niederschlag und Verdunstung – auf die Seefläche bestimmt.

Trenduntersuchungen zeigten eine geringe Zunahme der Niederschläge im Untersuchungsgebiet (Abb. 1) aber eine deutliche Zunahme auch schon in den vergangenen Jahren in der Lufttemperatur (Abb. 2).



**Abb. 1. Trends der Jahresniederschläge für die Periode 1976-2007 (Schöner et al. 2011).** Figure 1. Trends of annual precipitation for the period 1976–2007 (Schöner et al. 2011)



Abb. 2. Beobachtete Änderung der saisonalen, mittleren Lufttemperatur aus Spartacus (Hiebl & Frei 2016) für den Zeitraum 1996–2007 (oberes Panel) und 1996–2014 (unteres Panel) relativ zum Zeitraum 1976–1995. Saisonal.

Figure 2. Observed change of seasonal mean air temperature from Spartacus (Hiebl & Frei 2016) for the period 1996–2007 (upper panel) and 1996–2014 (lower panel) relative to the period 1976–1995. Seasonal.

### 2.2 Hydrologie

#### Hydrology

Zu- und Abflüsse des Sees spielen eine geringere Rolle. Der bedeutendste Zufluss des Neusiedler Sees ist die Wulka. Von den übrigen – wesentlich kleineren – oberirdischen Zuflüssen wären noch die Entwässerungskanäle des Seewinkels, hier vor allem der Golser Kanal, zu erwähnen. Wasserstandsaufzeichnungen und regelmäßige Durchflussmessungen gibt es außer an der Wulka nur noch am Golser Kanal. Zuflüsse aus dem ungarischen Teil des Einzugsgebietes sind ebenfalls als gering anzusehen. Zu erwähnen wäre hier lediglich der Rákos patak (Kroisbach). Aus den übrigen Teileinzugsgebieten des Neusiedler Sees sind keine für den Seewasserhaushalt bedeutsamen Zuflüsse zu erwarten. Frühere Bilanzierungen (Reitinger *et al.* 1991) in Tabelle 1 zusammengefasst zeigen bereits den großen Einfluss der Verdunstung auf den Wasserhaushalt des Neusiedler Sees. Wenngleich die Frage der Größe der Verdunstung immer eine sehr schwierige Aufgabe in einer Bilanzierung darstellt (häufig als Restglied der Bilanz) zeigen auch die neueren Auswertungen mit einer verbesserten Datenlage weiterhin die sehr große Bedeutung für den Neusiedler See. Lediglich in sehr niederschlagreichen Jahren ist die Verdunstung geringer als der Jahresniederschlag (siehe Abb. 3 & Abb. 4, sowie Tabelle 2).

Ein weiterer Punkt, der aber derzeit nicht quantifiziert werden kann, ist die eine Erhöhung der Evaporation, die mit einem häufigeren Austausch zwischen offenem See und Schilfgürtel und damit zeitweise deutlich vergrößerten, sehr seichten Wasserflächen im inneren Schilfgürtel gegeben wäre. Unter der Annahme, dass bestehende Kanäle verlanden oder verwachsen und damit größere Wasserflächen keine Anbindung an den See mehr haben, würde dieser Effekt einer erhöhten Verdunstung unterbunden. Ein reduzierter Austausch See – Schilfgürtel könnte demzufolge, je nach Umfang des Schilfkanalnetzes, für die Gesamt-Wasserbilanz von Bedeutung sein. Bei einer Vergrößerung des Schilfkanalnetzes kann es einen gegenteiligen Effekt haben, da es hier zu einer Vergrößerung der offenen Wasserflächen (wenn eventuell auch nur durch einen Überstau von wenigen Zentimetern) kommt und damit die Evaporation vergrößert.

Im Zusammenhang mit einer Erhöhung des Seewasserstandes ist sicher eine interessante Frage, ob ein vergrößerter Retentionsraum bei starken windbedingten Verfrachtungen von Wassermassen auch aus Sicht des Hochwasserschutzes ufernaher Infrastrukturen relevant ist. Derzeit kann eine Antwort nicht mit Sicherheit gegeben werden, eine diesbezügliche gesonderte Untersuchung wäre bei einer Zielsetzung (Erhöhung des Seewasserstandes) unbedingt zu berücksichtigen.

# Tabelle 1. Wasserbilanzkomponenten des Neusiedler Sees, abgeleitet aus Daten der Periode 1967–1984. Quelle: Reitinger *et al.* (1991).

Table 1. Water balance components of Lake Neusiedl, derived from data of the period 1967–1984. Source: Reitinger et al. (1991).

Komponente		Fracht (Mio.m <sup>3</sup> /a)	Höhe (mm)	Anteil (%)	
Niederschlag	N	184	579	79	
oberirdischer Zufluß	Zo	47	147	20	
Wulka		33	102	14	
Rakos patak		2	7	1	
andere		12	38	5	
unterirdischer Zufluß	Zu	2	8	1	
Seewinkel		0,5	1,6	0,2	
Ungarn		0,2	0,6	0,1	
Wulkatal		0,1	0,3	0,0	
Leithagebirge		1,5	4,7	0,7	
Summe (+)		233	734	100	
Verdunstung	v	208	657	89	
oberirdischer Abfluß	AO	25	77	11	
unterirdischer Abfluß	AU	0	0	0	
Summe (-)		233	734	100	

Bezugswasserstand: 116,00 m ü.A.

Seefläche: 317 km<sup>2</sup>



Wasserbilanz 1965 - 2012, Mittelwerte in mm/a					
Niederschlag	574				
Zufluss gesamt	180				
Summe +	754				
Verdunstung	660				
Ableitung über Wehranlage	85				
Summe –	745				

#### Abb. 3. Wasserbilanz des Neusiedler Sees 1965–2012. Quelle: (Wolfram et al. 2014).

Figure 3. Water balance of Lake Neusiedl 1965–2012. Source: Wolfram et al. (2014).



**Abb. 4. Wasserbilanz signifikanter Jahre. Links: 1996, rechts: 2003. Quelle: Wolfram et al. (2014).** Figure 4. Water balance of significant years. Left: 1996, right: 2003. Source: Wolfram et al. (2014).

### Tabelle 2. Wasserbilanzkomponenten des Neusiedler Sees, abgeleitet aus Daten der Periode 2000–2012. Indizes: \* Annahme, # Restgröße. Quelle: Wolfram *et al.* (2014).

Table 2.	Water balance	components o	of Lake Neusied	l, derived	from	data of t	he period	2000-2012.	Indices: *	
decrease	e, # residual valu	ie. Source: Wol	fram et al. (2014	<b>;</b> ).						

Komponente	Fläche [km²]	Grundw	ohne asserabfluss	Annahme von Grundwasserabfluss		
		Jährl. Rate [mm/a]	Volumen [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /a]	Jährl. Rate [mm/a]	Volumen [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /a]	
Niederschlag	1116	596	665	596	665	
Gesamt positiv	1116	596	665	596	665	
Verdunstung Einzugsgeb. (ohne See)	796	466	371	466	371	
Verdunstung See (Schilf und Wasserfl.)	320	866	277	796	255	
Evapotransp. Schilf	182	878#	160	756 <sup>#</sup>	138	
Verdunstung freie Wasserfläche	138	850	117	850	117	
Grundwasser Abfluss		0*	0	20*	21	
Oberirdischer Abfluss	1116	16	18	16	18	
Gesamt negativ	1116	596	665	596	665	

Insbesondere nach der Errichtung der Wehranlage zur Steuerung des Seewasserspiegels beim Ausfluss des Neusiedler Sees spielt der oberirdische Abfluss über den Einserkanal eine wesentliche Rolle in der Wasserbilanz. Die nunmehr gültige Wehrbetriebsordnung steuert dementsprechend die Höhe des Seewasserstandes, sofern genügend Wasser für eine Steuerung vorhanden ist. Wie sich diese Steuerung auf den Seewasserstand ausgewirkt hat, zeigt die Abb. 5. Es ist zu einer deutlichen Hebung des Seespiegels mit einer deutlich geringeren Schwankungsbreite gekommen.





Figure 5. Water level of Lake Neusiedl 1932–2013. Source: Wolfram et al. (2014).

Die Abb. 6 gibt einen Eindruck über das offizielle Messstellennetz des Hydrographischen Dienstes für Grundwasser (UWQ), Niederschlag (NLV) und Oberflächengewässer inklusive der Seewasserstandsmessstellen (OWF).



Abb. 6. Aktuelles Messstellennetz des Hydrographischen Dienstes. Quelle: Sailer & Maracek (2019).

Figure 6. Current monitoring network of Hydrographischer Dienst. Source: Sailer & Maracek (2019).

#### 2.2.1 Änderung der klimatischen Verhältnisse

#### Change in climatic conditions

Wie Untersuchungen in Studien zum Klimawandel (Blöschl *et al.* 2018, Schöner *et al.* 2011,) zeigten, ist mit einer Zunahme der Lufttemperatur zu rechnen, die jedenfalls auch zu einer erhöhten Verdunstung führen wird. Weiters zeigen die Klimamodelle, die den Studien zugrunde liegen, dass es im Osten Österreichs zu einer leichten Zunahme der Niederschläge kommt. Wenngleich diese Aussage mit größerer Unsicherheit als die Zunahme der Lufttemperatur zu betrachten ist, bleibt offen, inwieweit es hier zu einem Ausgleich oder Veränderung hinsichtlich der Wasserbilanz kommen wird. Eines geht aus den Untersuchungen hervor: das Gebiet des Neusiedler Sees und Umland ist von hoher wasserwirtschaftlicher Sensitivität und Vulnerabilität.

Zitat aus Schöner et al. (2011):

Neusiedler See

- Da die Wasserbilanz die Differenz zweier etwa gleich großer Zahlen (Niederschlag und Verdunstung) ist, sind die Prognosen der Wasserbilanz des Sees sehr unsicher (harte Aussage).
- Das Szenario mit dem CLM Klimamodell (2021–2050 im Vergleich zu 1976–2007) ergibt eine Erhöhung der Lufttemperatur um ca. 1 °C und eine Zunahme des Niederschlags um ca. 5%. Unter diesen Voraussetzungen bleibt der Seepegel annähernd gleich dem derzeitigen Zustand (weiche Aussage).

In Hinblick auf die Wasserbilanz zeigt die Abb. 7 die erwarteten Veränderungen des Niederschlages (mittelweiche Aussage) und der Temperatur (harte Aussage) für die Periode bis 2050.

Eine deutliche Zunahme ergeben die Klimamodelle was den Niederschlag und die Temperaturentwicklung bis 2050 betrifft.

Temperatur Österreich R							
	+1.3°	+2.3°	4.5				
	+1.5°	+4.0°	8.5				
Zeitraum	2035	2085	1				

Niederschlag Österreich RCP							
	+4%	+7%	4.5				
	+6%	+9%	8.5				
Zeitraum	2035	-					

Abb. 7. Projektion für die Änderung der Lufttemperatur (links) und der Summe des Niederschlages (rechts) aus Bias-korrigierten regionalen Klimamodellsimulationen von ÖKS15 (Chimani *et al.* 2016), basierend auf EURO-CORDEX Klimamodellsimulationen für das RCP-Szenario 4.5 und 8.5. Flächenmittel des Zeitraumes 2021–2050 (2035) sowie 2071–2100 (2085) im Vergleich zu 1971–2000. Gesamtjahr (Schöner *et al.* 2011).

Figure 7. Projection for the change in air temperature (left) and the sum of precipitation (right) from biascorrected regional climate model simulations on ÖKS15 (Chimani et al. 2016), based on EURO-CORDEX climate model simulations for the RCP scenario 4.5 and 8.5. Areal mean for the period 2021–2050 (2035) and 2071–2100 (2085) as compared to 1971–2000. Total year. (Schöner et al. 2011).

# 3 DATENGRUNDLAGEN UND MODELLERSTELLUNG

DATA BASIS AND MODELLING

#### 3.1 Datengrundlagen

#### Data Basis

Die wichtigste Basis für eine hydraulische Modellierung stellt eine möglichst genaue digitale Wiedergabe der Geländeoberfläche dar. Im vorliegen Fall konnte auf die Ergebnisse des Forschungsprojektes GeNeSee (Kubu et al. 2015) in einem ersten Schritt zurück gegriffen werden. In diesem Forschungsprojekt wurde eine sehr genaue Erhebung der Sohle des Neusiedler Sees durchgeführt. Leider wurden die Schilfbereiche nur in einem sehr geringen Umfang miterfasst und damit war für die Erfassung des Schilfgürtels mit den Daten aus diesem Projekt lediglich die Sohle der offenen Wasserflächen aus diesem Projekt für eine Modellerstellung verwendbar (vgl. Teilbericht 2). Auch die Ergänzungen durch ausgewertete Laserscandaten mit einer Rasterung von 1 m<sup>2</sup> konnte nicht die notwendige Geländeinformation in einer ausreichenden räumlichen Auflösung ergänzen. Insbesondere in den vom Schilf bedeckten Bereichen konnte war die Auswertung der Laserscandaten unzureichend. Die Abb. 8 zeigt beispielhaft das aus Daten des GeNeSee-Projektes und der Laserscanauswertungen zusammengesetzte digitale Geländemodell für das Testgebiet Illmitz. Im Profilschnitt sind besser die Problembereiche zu erkennen (eine Art Wellen im Geländemodell von NW nach SO gerichtet), welche die Strömungsrechnungen (wie erste Testrechnungen zeigten) stark beeinflussten. Mit den blauen Pfeilen sind die damit entstehenden bevorzugten Wassereintritte in den Schilfgürtel angedeutet.



**Abb. 8. Unzureichendes digitales Geländemodell im Testgebiet Illmitz.** Figure 8. Insufficient digital terrain model in the test area Illmitz.

Um auch für den Schilfbereich ein bestgeeignetes Geländemodell zu erhalten, wurden in weitere Folge folgende Schritte beschritten:

1. Schritt: Eigene zusätzliche Vermessungen in den Schilfkanälen und offenen Wasserflächen im Schilfbereich durch das Büro DWS Hydro-Ökologie. Eine Beschreibung der gewählten Methode und die Lage der Messpunkte findet sich im Teilbericht 5.

2. Schritt: Einbeziehung der glücklicherweise vorhandenen Kartierung der Schilfbereiche (siehe Teilbericht 2; basierend auf Csaplovics et al. 1987), die in digitaler Form vorhanden ist. Damit konnte eine Trennung des Gebietes in Seewasser (offene Seewasserflächen), Braunwasser (offene Wasserflächen im Schilfgürtel) und den Schilfflächen selbst erfolgen und mit den vorhandenen Daten zusammengefügt werden. Die Flächen sind als Polygone vorhanden und in der Abb. 9 als schwarze Linien zu sehen.

3. Schritt: mit Unterstützung durch den Forschungsbereich Photogrammmetrie der TU WIEN (Senior Scientist Dr. Hollaus Markus), wo auch schon erste Auswertungen der Laserscanaufnahmen einige Jahre zuvor gemacht wurden, konnte mit den neuen Messungen durch Interpolation das Geländemodell soweit verbessert werden, dass es für die Modellierungen prinzipiell verwendet werden kann.

Wie noch später im Kap. 5.2 diskutiert wird, blieben auch nach dieser weiteren Bearbeitung Problemstellen für eine Modellanwendung aufgrund von Auflösungsproblemen bei Engstellen in einigen Schilfkanälen bestehen, die in einem letzten Schritt bei der endgültigen Erstellung der drei Geländemodelle für die Testgebiete mit Hilfe der Modellierungssoftware behoben wurden. Die endgültig verwendeten Geländemodelle der drei Gebiete sind im Kap. 3.2.2 dargestellt.

Beim Modellgebiet Illmitz wurde die Geländehöhe in den Schilfbereichen mit 115,45 m ü.A. angenommen. Am Übergang See zum Schilf konnte aus einigen untersuchten Stellen eine leichte Geländeerhöhung festgestellt werden. Aus den vorhandenen Daten ist dieser aufgrund der Auflösung der Höhendaten nicht erkennbar, aber aus dem vorhandenen Wissen wurde dieser im Geländemodell mit einer Höhe von 0,1 m und einer Breite von ca. 10 m berücksichtigt.

#### 3.2 Erstellung des numerischen hydraulischen Modells

Preparation of the hydraulic numerical model

#### 3.2.1 Modellgrundlagen

#### Model basics

Bei der Modellsoftware handelt es sich um ein Programm, das von der VAVis Forschungs-GmbH erstellt wurde und auf der Basis der numerischen Lösung der Flachwassergleichungen für Oberflächengewässer basiert. Details zum Modellumsetzung findet sich in Buttinger-Kreuzhuber *et al.* (2019).

Als Grundlage für die Lösung des Gleichungssystems wird das Modellgebiets mit quadratischen Elementen diskretisiert. Die zeitliche Diskretisierung bei instationären Berechnungen erfolgt mit einem automatischen Algorithmus. Die Modellsoftware kann zahlreiche Randbedingungen, künstliche Einbauten in das Gewässer (z.B. Wehranlagen), Gebäude im Gelände sowie unterschiedliche Rauigkeiten in den Berechnungen berücksichtigen. Auch die Möglichkeiten der Ausgabe und insbesondere der Visualisierung der Modellergebnisse sind in großer Vielfalt vorhanden.

#### 3.2.2 Ausgewählte Modellgebiete

#### Selected model areas

Für die Modellierungen wurden gemeinsam im Projektteam die folgenden drei Gebiete ausgewählt. Dabei spielten Kriterien wie unterschiedliche Schilf- und Schilfkanalsituationen, Zugänglichkeit, vorhandene Datenlage und Repräsentativität für größere Teilgebiete eine Rolle bei deren Festlegung.

#### **Testgebiet Illmitz**

Dieses Testgebiet am Ostufer des Neusiedler Sees eignet sich insbesondere durch die schon länger bestehenden Untersuchungen und damit Gebietskenntnisse des Gebietes. Zudem befindet sich hier auch die Biologische Forschungsstation der Burgenländischen Landesregierung mit zusätzlichen Messeinrichtungen. An einem Schilfkanal (nördlich des Stationskanals) konnte hier auch die Überprüfung des Modells erfolgen. Dies wurde möglich durch zeitlich hochauflösende Messungen während eines Windereignisses über mehr als 2 Tage (siehe Teilbericht 5).

In der Abb. 9 ist das Testgebiet als Geländemodell, das auch für die Modellrechnungen verwendet wurde, dargestellt.



**Abb. 9. Für die Modellierungen verwendetes digitales Geländemodell des Testgebietes Illmitz.** Figure 9. Digital terrain model used for modelling of the test area Illmitz.

#### **Testgebiet Mörbisch**

In diesem am westlichen Ufer gelegenen Gebiet befindet sich eine größere Anzahl an Gräben, die in relativ geradem Verlauf von der Uferlinie über eine längere Strecke durch einen relativ dichten Schilfgürtel in eine große offene Wasserfläche im inneren Schilfgürtel münden. Durch die Ergebnisse der Modellrechnungen und deren Einmündung in eine "gemeinsame" zusammenhängende offene Wasserfläche kann eventuell leichter auf den Austausch zwischen dem See und den Wasserflächen im inneren Schilfbereich geschlossen werden.

In der Abb. 10 ist das Testgebiet als Geländemodell, das auch für die Modellrechnungen verwendet wurde, dargestellt.



Abb. 10. Für die Modellierungen verwendetes digitales Geländemodell des Testgebietes Mörbisch.

Figure 10. Digital terrain model used for modelling of the test area Mörbisch.

#### **Teilgebiet Wulka**

Das Gebiet enthält den größten oberirdischen Zubringer (die Wulka) zum Neusiedler See. Es kommt hier kaum zu einer Dotierung des Schilfgürtels durch den See, aber bei ausreichender Wasserführung zu möglichen Ausuferungen und einem diffusen Eindringen und Abströmen von Wasser aus der Wulka durch den Schilfgürtel. Das Gebiet eignet sich zu Aussagen über die Einträge von Wasserinhaltsstoffen aus Oberflächengewässer in den See und erlaubt eine Abschätzung ab welchen Durchflüssen es zu einem diffusen Eindringen in Schilfbereich kommt.

In der Abb. 11 ist das Testgebiet als Geländemodell, das auch für die Modellrechnungen verwendet wurde, dargestellt.



**Abb. 11. Für die Modellierungen verwendetes digitales Geländemodell des Testgebietes Wulka** Figure 11. Digital terrain model used for modelling of the test area Wulka.

Für jedes der drei Testgebiete wurde ein eigenständiges numerisches hydraulisches Modell erstellt und, wie im Kap. 3.2 beschrieben, das digitale Geländemodell als Basis für die Modellierungen ausgearbeitet. Als weiterer Schritt für die Modellierungen war es notwendig für jedes der drei Gebiete Randbedingungen zu definieren, um Aussagen über die Strömungsverhältnisse bei ausgewählten unterschiedliche hydrologische Situationen zu ermöglichen. Für die Modellrechnungen wurden die Modellränder als dicht angenommen. Lediglich über die im Modellgebiet eingeführte Seerandbedingung kann Wasser in und aus dem Gebiet fließen, wobei die dichten Ränder im Fall von Mörbisch und Illmitz sich auch durch die natürliche Geländeform ergeben. Die seitlichen Berandungen wurden mit Rücksicht auf die jeweilige Schilfgrabensituation gewählt. Eine Ausnahme bildet das Modellgebiet der Wulka, wobei natürlich auch die Wulka selbst als eine instationäre Zustromrandbedingung mit dem zu dem jeweiligen Seewasserspiegel passenden Wulkadurchfluss angesetzt wurde. Für die Auswahl der Randbedingungen wurde auf Ereignisse mit möglichst hohen Schwankungen (Wellen) aus den vorhandenen Seepegeldaten des Hydrographischen Dienstes mit unterschiedlicher Dauer geachtet. Für die Modellüberprüfung wurde der Seewasserstand für diesen Zeitraum (29.09. bis 20.10.2019) verwendet. Vereinfachend wurde der instationäre Wasserspiegel der Seerandbedingung über dessen räumliche Länge gleich angenommen. In der Abb. 102 sind die Ganglinien für eine eher niedere Ausgangslage des Seewasserstandes mit anschließendem weiteren starken Absinken des Spiegels als eines der beiden generellen Szenarien dargestellt. Ein höheres Ausgangsniveau mit einer anschließenden sehr markanten Welle und entsprechenden Effekten des Anstieges und Abfalles des Seewasserstandes zeigt Abb. 112. Ähnlich, wenn auch etwas gedämpfter, ist das gemessene "Windereignis" zu sehen (siehe Abb. 112).

#### 3.3 Modellüberprüfung

#### Model verification

Das zwischen 29.09. und 02.10.2019 vom Büro DWS Hydro-Ökologie durchgeführte Sondermessprogramm eines Windereignisses am Schilfkanal, der nördlich des Stationskanal (jener Schilfkanal, der von der Biologischen Forschungsstation zum See führt) liegt, ermöglichte mit den dabei gewonnenen hochauflösenden Messdaten von Wasserständen an mehreren Stellen eine Überprüfung des hydraulischen Modells.

Eine erste Überprüfung der Modellergebnisse erfolgte durch einen Vergleich der Modellergebnisse mit den Messdaten. Wie aus den Abb. 12 & Abb. 13 ersichtlich, können die Wasserspiegel mit dem Modell sehr gut wiedergegeben werden. Mit dem Modell wird hydrodynamisch an gewählten Profilen der Durchfluss berechnet und zu dem vorgegebenen Zeitschritt (in diesem Fall 5 Minutenwerte) gespeichert. Wie im Teilbericht 5 aufgezeigt, wurden aus den Feldmessungen auf Basis der Manning-Strickler Fließformel und der im Feld gemessenen durchflossenen Fläche ebenfalls Durchflüsse berechnet. Der Vergleich der Durchflusswassermenge zwischen diesen aus den Feldmessungen berechneten Werten und den Modellergebnissen ist in der Abb. 14 dargestellt und zeigt ebenfalls eine sehr gute Übereinstimmung. Die Abb. 15 zeigt ergänzend einen Vergleich der Fließgeschwindigkeit aus den Messungen (mit Manning-Strickler berechnet) und den Modellberechnungen (v=Q/A, wobei A von der Feldmessung übernommen wurde) mit einer ebenfalls sehr guten Übereinstimmung. Diese gute Übereinstimmung ist aufgrund der beiden vorangegangen guten Vergleichsergebnisse nicht überraschend, jedoch ist die Fließgeschwindigkeit generell aufgrund der häufiger durchgeführten Abflussmessungen für diverse Schilfkanäle besser bekannt.



# Abb. 12. Vergleich der Wasserstände im Messpunkt Wind-A zwischen gemessenen und berechneten Werten.

Figure 12. Comparison of measured and modelled water levels at the measuring point Wind-A.



### Abb. 13. Vergleich der Wasserstände im Messpunkt Wind-B zwischen gemessenen und berechneten Werten.

Figure 13. Comparison of measured and modelled water levels at the measuring point Wind-B.



#### Abb. 14. Vergleich der Durchflüsse im Profil Windo2 (dieses liegt zwischen den beiden Messpunkten Wind-A und Wind-B) zwischen gemessenen und berechneten Werten.

Figure 14. Comparison of measured and modelled water levels at the profile Windo2 (which lies between the measuring points Wind-A and Wind-B).



### Abb. 15. Vergleich der Fließgeschwindigkeiten berechnet mit den Daten der Messungen und den Daten aus dem Modell.

Figure 15. Comparison of flow velocities calculated with measured and modelled data.

#### Es kann somit insgesamt festgehalten werden, dass das Modell bei guten Eingangsdaten sehr gut die Fließverhältnisse wiedergeben kann und Aussagen über die anderen berechneten hydrologische Situationen erlaubt.

Diese Nachrechnung der Feldmessungen zeigte aber auch noch sehr deutlich auf, wie extrem sich Verengungen in den Schilfkanälen auswirken können. Dies kann bis zur Unterbindung der Wasserzufuhr aus dem See in die offenen Wasserflächen im inneren Schilfgürtel führen.

Diese Aussage in dieser Klarheit wurde möglich, da einige Kanäle nach den ersten Bearbeitungen des digitalen Geländemodells (siehe auch Kap. 3.1), trotz einer Rasterbreite von einem Meter, aufgrund des gekrümmten Verlaufes Engstellen aufwiesen. Diese konnten durch die Diskretisierung des Modells nicht ausreichend erfasst werden und damit konnte das eingetragene Seewasser nicht in die im inneren Schilfgürtel liegenden großen offenen Wasserflächen (z.B. "Ruster Poschn") weiter fließen. Beim Vergleich der Wasserspiegel in den beiden schon zuvor betrachteten Messpunkten gab es eine ebenfalls sehr gute Übereinstimmung zwischen Messung und Modell (Abb. 16). Erst der Vergleich der Durchflüsse zeigte diese Wirkung der Verengungen, die für das Modell vorhanden waren und es genügte letztlich bereits eine (bis zu 100-fach) kleinere Durchflussmenge, um die gemessenen Wasserspiegel zu modellieren (Abb. 17).



### Abb. 16. Vergleich der Wasserstände in der Messstelle Wind-B bei verengtem Querschnitten in Schilfkanälen.

Figure 16. Comparison of water levels at the measuring point Wind-B with narrowed cross-section in the reed channels.



**Abb. 17. Vergleich der Durchflüsse im Profil Wind-B bei verengtem Querschnitten in Schilfkanälen.** Figure 17. Comparison of discharge at the profile Wind-B with narrowed cross-section in the reed channels.

# 4 HYDROLOGISCHE FREILANDMESSUNGEN

#### HYDROLOGICAL FIELD MEASUREMENTS

#### 4.1 Abflussmessungen

#### Flow measurements

Im Projektzeitraum wurden mehrmals – meist in Verbindung mit den durchgeführten Messkampagnen – Abflussmessungen durchgeführt. In der Abb. 18 sind die Messprofile für die 3 Teilgebiete in denen Abflussmessungen gemacht wurden, dargestellt und in der Tabelle 3 und

Tabelle 4 die Messtermine und Beispiele der Auswertungen zusammengestellt.



#### Abb. 18. Lage der Profile, an denen Durchflussmessungen während der Projektphase durchgeführt wurden.

Figure 18. Position of the profiles where discharge measurements were carried out during the project.

#### Tabelle 3. Messtermine der Durchflussmessungen und Beispiel einer Auswertung.

Table 3. Dates for measuring discharge with an example of data analysis.

Messtermine der Abflussmessung	Assungen Messtour Neusiedlersee - REBEN								
24.10.2017									
26.07.2018	Datur	m: 24.10.2017							Windrichtung: NW
02.08.2018									
04.10.2018	Nr.	Bezeichnung	Uhrzeit	Methode	WT cm	WS Pegel cm	v ft/s	v m/s	Anmerkungen
10.12.2018	1	ILW 3	09:30	Flügel	40			0,00	
12.12.2018	2	ILW 2	09:50	Flügel	55			0,00	
02.07.2019	3	40 m vor Stationskanal	10:00	Flügel	87			0,10	Ri Stationskanal
06.09.2019	4	ILW 8	10:30	Orange	82			0,06	18 s/m, gegen den Wind, Ri NW
21.11.2019	5	70 m südöstlich von ILW 7	10:45	Orange	80			0,06	16 s/m, gegen den Wind, Ri NW
	6	80 m vor Seemündung östl. von 4 und 5	11:00	Orange	85			0,04	24 s/m, gegen den Wind, Ri NW
	7	60 m westl. MW 2	12:20	Flügel/O.	81			0,10	10 s/m, vom See zum Land
	8	70 m im Kanal östl. von MW 2	12:25	Flügel/O.	82			0,20	7 s/m, vom See zum Land
	9	Stationskanal, 50 m östl. der Mündung	13:15	Orange	120			0,02	50 s/m, vom Land zum See

#### Tabelle 4. Messtermine 20.07. und 02.08.2018 der Durchflussmessungen und deren Auswertung.

Table 4. Dates (20.07. and 02.08.2018) for measuring discharge and data analysis.

	Messtour Neusiedlersee - REBEN										
Datun	n: 26.07. und 0	2.08.2018				Wind aus NW	1		L Land		S See
Nr.	Ort_Profil	Q m³/s	Uhrzeit	Methode	WT cm	Breite cm	Fläche m <sup>2</sup>	v ft/s	v m/s	s/m	Anmerkungen
1	IL_v1	0,38	15:20	Orange	90	570	5,13	0,2	0,07	13,5	L> S
2	IL_v2	0,23	15:40	Orange	65	570	3,71	0,2	0,06	16,0	L> S (NW> SO)
3	IL_v3	0,14	15:45	Orange	65	450	2,93	0,2	0,05	21,0	L> S
4	IL_v4	0,05	15:25	Orange	55	500	2,75	0,1	0,02	50,5	L> S
5	IL_v5	0,64	16:20	Orange	120	850	10,20	0,2	0,06	16,0	L> S
6	IL_v6	0,29	11:45	Orange	97	490	4,75	0,2	0,06	16,6	L> S (Ri HK), 02.08.2018
7	IL_v7	0,08	12:00	Orange	70	420	2,94	0,1	0,03	34,7	L> S (HK> S), 02.08.2018
8	IL_v8	0,09	12:30	Orange	75	410	3,08	0,1	0,03	33,6	L> S, 02.08.2018
9	M_v1	0,15	13:50	Orange	90	440	3,96	0,1	0,04	25,7	S> L
10	M_v2	0,11	14:00	Orange	90	420	3,78	0,1	0,03	34,0	S> L
11	M_v3	0,23	14:40	Orange	100	530	5,30	0,1	0,04	22,7	L> S
12	M_v4	0,45	14:50	Orange	95	520	4,94	0,3	0,09	11,0	L> S
13	M_v5	0,37	14:55	Orange	80	590	4,72	0,3	0,08	12,7	L> S
14	M_v6	0,32	15:00	Orange	95	420	3,99	0,3	0,08	12,6	L> S
15	M_v7	0,10	14:15	Orange	80	620	4,96	0,1	0,02	51,0	L> S
16	W_v1	1,47	10:20	Orange	127	660	8,38	0,6	0,18	5,7	L> S
17	W_v2	0,15	12:15	Orange	60	550	3,30	0,1	0,04	22,4	S> L
18	W_v3	0,13	12:30	Orange	60	420	2,52	0,2	0,05	20,0	S> L
19	W_v4	0,16	12:25	Orange	50	410	2,05	0,3	0,08	13,0	S> L
20	W_v5	0,09	12:35	Orange	55	520	2,86	0,1	0,03	30,4	L> S
21	W_v6	0,68	10:30	Orange	102	530	5,41	0,4	0,13	8,0	L> S, Daten ausgelesen
22	W_v7	0,89	10:05	Orange	100	755	7,55	0,4	0,12	8,5	L> S, Daten nicht auslesbar
23	W_v8	0,10	11:40	Orange	60	490	2,94	0,1	0,03	30,0	L> S
24	W_v9	-									zugewachsen

Wie die Auswertungen gezeigt haben, ist in der Regel mit sehr kleinen Fließgeschwindigkeiten zu rechnen. Vergleicht man die Ergebnisse der Fließgeschwindigkeiten mit jenen, die sich bei der Modellüberprüfung ergeben haben (Abb. 13), so passen auch diese Ergebnisse in das Gesamtbild über die Fließverhältnisse in den Schilfgräben und zu den Beobachtungen von langjährig in diesem Gebiet tätigen Personen.

#### 4.2 Wasserstandsmessungen mit Datenlogger

#### Measuring water levels with data logger

Aus Kostengründen konnten im Rahmen des Projekts REBEN nur sieben Online-Messstellen errichtet werden. Bei der Planung des Monitorings und dem Umstand, dass im Projektteam Drucksonden für hoch auflösende Wasserstandsmessungen zur Verfügung gestellt werden konnten, wurde diese Möglichkeit schon kurz nach Projektbeginn genutzt und begonnen, an den in der Abb. 19 dargestellten Stellen diese Datenlogger zu installieren. Die Auswertungen dieser Messstellen wurden im Projektverlauf für Quervergleiche zwischen den Messsystemen benutzt, jedoch mit Ausnahme der Messungen des Windereignisses nicht weiter verwendet. Die Abb. 19 zeigt beispielhaft eine gemessene Wasserstandganglinie eines dieser 6 Standorte.



Abb. 19. Lage der zusätzlich eingerichteten Messstellen zur Wasserstandsmessung in den Testgebieten Wulka (oben), Mörbisch (Mitte) und Illmitz (unten).

Figure 19. Position of additionally installed measuring points for water level in the test areas Wulka (up), Mörbisch (middle) and Illmitz (below).



Abb. 19. Fortsetzung. Figure 19. Continued.



Drucksonde "Wulka 1" wurde bei Baggerarbeiten am 6.12.2018 entfernt und lag neben dem Kanal

#### Abb. 20. Wasserstandsganglinie in den 6 Messstellen, die mit Drucksonden zusätzlich ausgestattet wurden.

Figure 20. Water level at the six measuring points, which were equipped with pressure sensors.







#### Abb. 20. Fortsetzung.

Figure 20. Continued.
# 5 ERGEBNISSE DER HYDRAULISCHEN MODELLIERUNGEN

# **RESULTS OF THE HYDRAULIC MODELLING**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse für die unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen in den drei Testgebieten diskutiert. Es werden in diesem Kapitel aufgrund einer besseren Lesbarkeit nur ausgewählte Ergebnisse (Graphiken) dargestellt. Im Anhang finden sich die restlichen Auswertungen für alle Messpunkte bzw. Querprofile die berechnet wurden.

# 5.1 Testgebiet Illmitz

# Study site Illmitz

In den Karten der Abb. 21 sind die Messpunkte enthalten, an denen der Wasserstand aus den Modellrechnungen ausgewertet wurde, und in Abb. 22 die Lage der Profile, in denen mit dem Modell die Durchflüsse berechnet wurden.



**Abb. 21. Lage der Stellen für den berechneten Wasserstand – Testgebiet Illmitz.** Figure 21. Position of sites for calculating the water level – test area Illmitz.



**Abb. 22. Lage der Profile, für die der Durchfluss berechnet wurde – Testgebiet Illmitz.** Figure 22. Position of profiles for calculating the discharge – test area Illmitz.

# 5.1.1 Durchflüsse und die Wirkungen auf den Wasserstand

Für das Teilgebiet Illmitz wurden Punkte für Wasserstände mehr in den Zuflüssen und offenen Wasserflächen in inneren Schilfgürtel gewählt, um die Wirkung der Durchflüsse in den Profilen in diesen Verbindungen zwischen See und Schilfgürtel zu erfassen.

Ergänzend wurde vom Büro DWS Hydro-Ökologie für abgegrenzte zugeordnete Bereiche die Flächenausdehnung auf Basis der Schilfkartierungen ermittelt. Die Ergebnisse sind als Vorinformation in der Abb. 23 enthalten.



#### Abb. 23. Zugeordnete Flächen im Testgebiet Illmitz.

Figure 23. Assigned areas in the test area Illmitz.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Durchflüsse in m<sup>3</sup>/s sowie als Summenlinie; daran anschließen sind die für diesen Bereich relevanten Wasserstandsganglinen dargestellt. Die jeweilige Lage ergibt sich aufgrund der Abbildungsbeschriftung.

# 5.1.2 Modellergebnisse – Testgebiet Illmitz

Für die Abbildungen der Durchflüsse gilt, dass positive Werte einen Zufluss aus dem Neusiedler See in den Schilfgürtel (blaue Farbe) und negative Werte einen Abfluss aus dem Schilfgürtel in den Neusiedler See (rote Farbe) bedeuten.

Für einen fallenden Seewasserspiegel als Randbedingung (punktierte Linie in Abbildung 24) zeigen die folgenden Abbildungen die Ganglinien und Durchflüsse. Die Abbildungen 24 bis 28 zeigen Profile im Bereich des Stationskanals, die Abbildungen 29 bis 32 zeigen Profile im Bereich des "Wind"-Kanals (Nördlich des Stationskanals) und die Abbildungen 33 bis 35 zeigen Profile im Bereich "Ruster"-Poschen.



**Abb. 24. Wasserstandsganglinien im Bereich Illmitz – "Stationskanal".** Figure 24. Water level in the test area Illmitz – "Stationskanal".

Seerandbedingung: Welle mit 115,42 - 115,5 - 114,92 - 115,5 m ü.A.



**Abb. 25. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil Stationskanal-1.** Figure 25. Discharge chart and sum of discharge for the profile Statiionskanal-1.



```
Seerandbedingung: Welle mit 115,42 - 115,5 - 114,92 - 115,5 m ü.A.
```



Figure 26. Discharge chart and sum of discharge for the profile 24.









Seerandbedingung: Welle mit 115,42 - 115,5 - 114,92 - 115,5 m ü.A.



Figure 28. Discharge chart and sum of discharge for the profile south Stationskanal-3.



**Abb. 29. Wasserstandsganglinien im Bereich Illmitz – "Wind – Kanal".** Figure 29. Water level in the test area Illmitz – "Wind channel".





#### Abb. 30. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil WindA.

Figure 30. Discharge chart and sum of discharge for the profile WindA.





**Abb. 31. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil 25.** Figure 31. Discharge chart and sum of discharge for the profile 25.



```
Seerandbedingung: Welle mit 115,42 - 115,5 - 114,92 - 115,5 m ü.A.
```

#### Abb. 32. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil 27.

Figure 32. Discharge chart and sum of discharge for the profile 27.



**Abb. 33. Wasserstandsganglinien im Bereich Illmitz – "Ruster-Poschen".** Figure 33. Water level in the test area Illmitz - "Ruster Poschn".





#### Abb. 34. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil Nordneu.

Figure 34. Discharge chart and sum of discharge for the profile Nordneu.





**Abb. 35. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil 26.** Figure 35. Discharge chart and sum of discharge for the profile 26.

Für einen steigenden und anschließend fallenden Seewasserspiegel als Randbedingung (punktierte Linie in Abbildung 36) zeigen die folgenden Abbildungen die Ganglinien und Durchflüsse. Die Abbildungen 36 bis 40 zeigen Profile im Bereich des Stationskanals, die Abbildungen 41 bis 44 zeigen Profile im Bereich des "Wind"-Kanals (Nördlich des Stationskanals) und die Abbildungen 45 bis 47 zeigen Profile im Bereich "Ruster"-Poschen.



Abb. 36. Wasserstandsganglinien im Bereich Illmitz – "Stationskanal".

Figure 36. Water level in the test area Illmitz - "Stationskanal".



Seerandbedingung: Welle mit 115,30 - 115,5 - 115,18 m ü.A.

## Abb. 37. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil Stationskanal-1.

Figure 37. Discharge chart and sum of discharge for the profile Stationskanal-1.







Figure 38. Discharge chart and sum of discharge for the profile 24.







Figure 39. Discharge chart and sum of discharge for the profile south channel-1.

Seerandbedingung: Welle mit 115,30 - 115,5 - 115,18 m ü.A.





Figure 40. Discharge chart and sum of discharge for the profile Stationskanal-3.





Figure 41. Water level in the teste area Illmitz – "Wind channel".





**Abb. 42. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil WindA.** Figure 42. Discharge chart and sum of discharge for the profile WindA.







Figure 43. Discharge chart and sum of discharge for the profile 25.

Seerandbedingung: Welle mit 115,30 - 115,5 - 115,18 m ü.A.





Figure 44. Discharge chart and sum of discharge for the profile 27.





Figure 45. Water level in the teste area Illmitz – "Ruster Poschn".





**Abb. 46. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil Nordneu.** Figure 46. Discharge chart and sum of discharge for the profile Nordneu.



Seerandbedingung: Welle mit 115,30 - 115,5 - 115,18 m ü.A.

#### Abb. 47. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil 26.

Figure 47. Discharge chart and sum of discharge for the profile 26.

Für einen hohen Anfangsseewasserstand mit anschließender Welle als Randbedingung (punktierte Linie in Abbildung 48) zeigen die Abbildungen 48 und 49 beispielhaft den zumeist vorkommenden raschen Wechsel zwischen Ein- und Ausströmung zwischen See und den Kanälen.



Abb. 48. Wasserstandsganglinien im Bereich Illmitz – "Stationskanal".

Figure 48. Water level in the test area Illmitz - "Stationskanal".

Randbedingung hoher Anfangsseewasserstand und anschließender Welle von 115,68 - 115,83 - 115,56 m ü.A.





Figure 49. Discharge chart and sum of discharge for the profile Stationskanal-1.

# 5.2 Testgebiet Mörbisch

# Study site Mörbisch

In den Karten der Abb. 50 sind die Messpunkte enthalten, an denen der Wasserstand aus den Modellrechnungen ausgewertet wurde, und in Abb. 51 die Lage der Profile, in denen mit dem Modell die Durchflüsse berechnet wurden.







**Abb. 51. Lage der Profile für die der Durchfluss berechnet wurde – Testgebiet Mörbisch.** Figure 51. Position of sites for calculating the discharge – test area Mörbisch.

# 5.2.1 Durchflüsse und die Wirkungen auf den Wasserstand

Auch im Gebiet Mörbisch wurde wie schon in Illmitz vorgegangen, nur sind es hier nicht 2, sondern 5 Schilfkanäle, die betrachtet werden und die alle in einer großen zusammenhängenden offenen Wasserfläche enden.

Auch für diesen Bereich wurde eine Abschätzung der den Schilfgräben zuzuordnenden Wasserflächen durchgeführt (DWS Hydro-Ökologie).



💌 🎮	<u>MoerbWasserKanal</u>
· · · · · ·	Moerb01 _ offen
	Moerb01 _ Schilf
	Moerb02 _ offen
	Moerb02 _ Schilf
	Moerb03 _ offen
	Moerb03 _ Schilf
	Moerb04 _ offen
···· 🖌	Moerb04 _ Schilf
···· 🖌	Moerb05 _ offen
<b>.</b>	Moerb05 _ Schilf

#### Abb. 52. Zugeordnete Flächen im Testgebiet Mörbisch. Die Nummern der Kanäle ist umgekehrt im Vergleich zu den Ganglinien zu lesen, z.B. 1 hier = 5 bei nachfolgenden Ganglinien.

Figure 52. Assigned areas in the test area Mörbisch. The numbers of the channels is opposite to the numbers given in the charts, e.g., 1 in the figure = 5 in the subsequent charts.

# 5.2.2 Modellergebnisse – Testgebiet Mörbisch

Für die Abbildungen der Durchflüsse gilt, dass positive Werte einen Zufluss aus dem Neusiedler See in den Schilfgürtel (blaue Farbe) und negative Werte einen Abfluss aus dem Schilfgürtel in den Neusiedler See (rote Farbe) bedeuten.

Für einen hohen Seewasserspiegel als Randbedingung (punktierte Linie in Abbildung 53) zeigen die folgenden Abbildungen für Profile in den Kanälen die Ganglinien des Wasserstandes und die Durchflüsse. Die Abbildungen 53 bis 56 für den Kanal-1, die Abbildungen 57 bis 60 für den Kanal-2, die Abbildungen 61 bis 63 für den Kanal-3, die Abbildungen 64 bis 66 für den Kanal-3 mit vergrößerten Kanalquerschnitt, die Abbildungen 76 bis 71 für den Kanal-4, die Abbildungen 72 bis 75 für den Kanal-5, die Abbildungen 76 bis 79 für den Kanal-5 mit vergrößerten Kanalquerschnitt.



**Abb. 53. Wasserstandsganglinien im Bereich Mörbisch – Kanal-1 – mit originalem DGM.** Figure 53. Water level in the test area Mörbisch – channel 1 – with original DTM.



Abb. 54. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K1-1.

Figure 54. Discharge chart and sum of discharge for the profile K1-1.





Figure 55. Discharge chart and sum of discharge for the profile K1.2.



Abb. 56. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K1-3.

Figure 56. Discharge chart and sum of discharge for the profile K1-3.



**Abb. 57. Wasserstandsganglinien im Bereich Mörbisch – Kanal-2 – mit originalem DGM.** Figure 57. Water level in the test area Mörbisch – channel 2 – with original DTM.



**Abb. 58. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K2-1.** Figure 58. Discharge chart and sum of discharge for the profile K2-1.





Figure 59. Discharge chart and sum of discharge for the profile K2-2.



Abb. 60. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K2-3.

Figure 60. Discharge chart and sum of discharge for the profile K2-3.



**Abb. 61. Wasserstandsganglinien im Bereich Mörbisch – Kanal-3 – mit originalem DGM.** Figure 61. Water level in the test area Mörbisch – channel 3 – with original DTM.



Abb. 62. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K3-1.

Figure 62. Discharge chart and sum of discharge for the profile K3-1.



Q im Profil K3-2 orig. DGM



Figure 63. Discharge chart and sum of discharge for the profile K3-2.



**Abb. 64. Wasserstandsganglinien im Bereich Mörbisch – Kanal-3 mit vergrößerten Kanälen.** Figure 64. Water level in the test area Mörbisch – channel 3 with enlarged channels.



**Abb. 65. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K3-1 (vergrößerter Kanal).** Figure 65. Discharge chart and sum of discharge for the profile K3-1 (with enlarged channel).



**Abb. 66. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K3-2 (vergrößerter Kanal).** Figure 66. Discharge chart and sum of discharge for the profile K3-2 (with enlarged channel).



**Abb. 67. Wasserstandsganglinien im Bereich Mörbisch – Kanal-4 – mit originalem DGM.** Figure 67. Water level in the test area Mörbisch – channel 4 - with original DTM.



Abb. 68. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K4-1.

Figure 68. Discharge chart and sum of discharge for the profile K4-1.



Q im Profil K4-2 orig. DGM

Abb. 69. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K4-2.

Figure 69. Discharge chart and sum of discharge for the profile K4-2.



Abb. 70. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K4-3.

Figure 70. Discharge chart and sum of discharge for the profile K4-3.



Abb. 71. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K4-4.

Figure 71. Discharge chart and sum of discharge for the profile K4-4.



**Abb. 72. Wasserstandsganglinien im Bereich Mörbisch – Kanal-5 – mit originalem DGM.** Figure 72. Water level in the test area Mörbisch – channel 5 - with original DTM.



Abb. 73. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K5-1.

Figure 73. Discharge chart and sum of discharge for the profile K5-1.







```
Q im Profil K5-3 orig. DGM
```

## Abb. 75. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K5-3.

Figure 75. Discharge chart and sum of discharge for the profile K5-3.



**Abb. 76. Wasserstandsganglinien im Bereich Mörbisch – Kanal-5 mit vergrößerten Kanälen.** Figure 76. Water level in the test area Mörbisch – channel 4 with enlarged channels.



**Abb. 77. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K5-1 (vergrößerter Kanal).** Figure 77. Discharge chart and sum of discharge for the profile K5-1 (with enlarged channel).



**Abb. 78. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K5-2 (vergrößerter Kanal).** Figure 78. Discharge chart and sum of discharge for the profile K5-2 (with enlarged channel).



**Abb. 79. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K5-3 (vergrößerter Kanal).** Figure 79. Discharge chart and sum of discharge for the profile K5-3 (with enlarged channel).
Für einen niederen Seewasserspiegel als Randbedingung (punktierte Linie in Abbildung 80) zeigen die folgenden Abbildungen für Profile in den Kanälen die Ganglinien des Wasserstandes und die Durchflüsse. Die Abbildungen 80 bis 83 für den Kanal-1, die Abbildungen 84 bis 87 für den Kanal-2, die Abbildungen 88 bis 90 für den Kanal-3, die Abbildungen 91 bis 95 für den Kanal-4, die Abbildungen 96 bis 99 für den Kanal-5.



**Abb. 80. Wasserstandsganglinien im Bereich Mörbisch – Kanal-1 – mit originalem DGM.** Figure 80. Water level in the test area Mörbisch – channel 1 - with original DTM.



**Abb. 81. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K1-1.** Figure 81. Discharge chart and sum of discharge for the profile K1-1.



```
Q im Profil K1-2 orig.DGM
```

### Abb. 82. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K1-2.

Figure 82. Discharge chart and sum of discharge for the profile K1-2.



Abb. 83. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K1-3.

Figure 83. Discharge chart and sum of discharge for the profile K1-3.



**Abb. 84. Wasserstandsganglinien im Bereich Mörbisch – Kanal-2 – mit originalem DGM.** Figure 84. Water level in the test area Mörbisch – channel 2 - with original DTM.



Abb. 85. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K2-1.

Figure 85. Discharge chart and sum of discharge for the profile K2-1.



Abb. 86. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K2-2.

Figure 86. Discharge chart and sum of discharge for the profile K2-2.

Original DGM



**Abb. 87. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K2-3.** Figure 87. Discharge chart and sum of discharge for the profile K2-3.

Randbedingung niederer Seewasserstand in Pegelstellen im Bereich MÖRBISCH - Kanal-3 M\_01 \_\_M\_02 ..... M\_W2 \_\_M\_W3 .... M\_W4 \_\_M\_W5 \_\_K3-1 ..... Inflow Water Level 115,55 115,45 115,45 115,45 115,25



**Abb. 88. Wasserstandsganglinien im Bereich Mörbisch – Kanal-3 – mit originalem DGM.** Figure 88. Water level in the test area Mörbisch – channel 3 - with original DTM.



Abb. 89. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K3-1. Figure 89. Discharge chart and sum of discharge for the profile K3-1.



Q im Profil K3-2 orig. DGM

Abb. 90. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K3-2.

Figure 90. Discharge chart and sum of discharge for the profile K3-2.



**Abb. 91. Wasserstandsganglinien im Bereich Mörbisch – Kanal-4 – mit originalem DGM.** Figure 91. Water level in the test area Mörbisch – channel 4 - with original DTM.



Q im Profil K4-1 orig. DGM

#### Abb. 92. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K4-1.

Figure 92. Discharge chart and sum of discharge for the profile K4-1.



Abb. 93. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K4-2.

Figure 93. Discharge chart and sum of discharge for the profile K4-2.



#### Q im Profil K4-3 orig. DGM



Figure 94. Discharge chart and sum of discharge for the profile K4-3.



Abb. 95. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K4-4.

Figure 95. Discharge chart and sum of discharge for the profile K4-4.



Abb. 96. Wasserstandsganglinien im Bereich Mörbisch – Kanal-5 – mit originalem DGM.

Figure 96. Water level in the test area Mörbisch – channel 5 - with original DTM.



Abb. 97. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K5-1. Figure 97. Discharge chart and sum of discharge for the profile K5-1.



```
Q im Profil K5-2 orig. DGM
```

### Abb. 98. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K5-2.

Figure 98. Discharge chart and sum of discharge for the profile K5-2.



**Abb. 99. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil K5-3.** Figure 99. Discharge chart and sum of discharge for the profile K5-3.

## 5.3 Testgebiet Wulka

Study site Wulka

In den Karten der Abb. 100 sind die Messpunkte enthalten, an denen der Wasserstand aus den Modellrechnungen ausgewertet wurde und in Abb. 101 die Lage der Profile, in denen mit dem Modell die Durchflüsse berechnet wurden.



**Abb. 100. Lage der Stellen für den berechneten Wasserstand – Testgebiet Wulka.** *Figure 100. Position of sites where water level was calculated – test area Wulka.* 



Abb. 101. Lage der Profile, für die der Durchfluss berechnet wurde – Testgebiet Wulka.

Figure 101. Position of profiles where discharge was calculated – test area Wulka.

### 5.3.1 Modellergebnisse – Pegelwasserstände – Testgebiet Wulka

Für die Abbildungen der Durchflüsse gilt, dass positive Werte einen Abfluss aus der Wulka bzw. dem Schilfgürtel in den Neusiedler See (**blaue Farbe**) und negative Werte einen Zufluss aus dem Neusiedler See in die Wulka bzw. Schilfgürtel (**rote Farbe**) bedeuten.



## Abb. 102. Wasserstandsganglinien im Bereich Wulka – mit originalem DGM (niedriger Seewasserstand).

Figure 102. Water level in the test area Wulka – with original DTM (low lake water level).

Randbedingungen für Wulkazufluß bis zu 1,4 m³/s und einem niederen Seewasserspiegel









#### Abb. 104. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil 9.

Figure 104. Discharge chart and sum of discharge for the profile 9.

Randbedingungen für Wulkazufluß bis zu 1,4 m³/s und einem niederen Seewasserspiegel





Figure 105. Discharge chart and sum of discharge for the profile 10.



```
Randbedingungen für Wulkazufluß bis zu 1,4 m³/s und einem niederen Seewasserspiegel
```

#### Abb. 106. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil 11.

Figure 106. Discharge chart and sum of discharge for the profile 11.













Figure 108. Discharge chart and sum of discharge for the profile 13.

Randbedingungen für Wulkazufluß bis zu 1,4 m³/s und einem niederen Seewasserspiegel





Figure 109. Discharge chart and sum of discharge for the profile 14.



Randbedingungen für Wulkazufluß bis zu 1,4 m³/s und einem niederen Seewasserspiegel



Figure 110. Discharge chart and sum of discharge for the profile 15.

Randbedingungen für Wulkazufluß bis zu 1,4 m³/s und einem niederen Seewasserspiegel





Figure 111. Discharge chart and sum of discharge for the profile 16.



## Abb. 112. Wasserstandsganglinien im Bereich Wulka – mit originalem DGM (hoher Seewasserstand).

Figure 112. Water level in the test area Mörbisch -- with original DTM (high lake water level).



**Abb. 113. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil 8.** Figure 113. Discharge chart and sum of discharge for the profile 8.



Randbedingungen für Wulkazufluß bis zu 2,2 m³/s und einem hohen Seewasserspiegel Q im Profil 9



Figure 114. Discharge chart and sum of discharge for the profile 9.







Figure 115. Discharge chart and sum of discharge for the profile 10.



Randbedingungen für Wulkazufluß bis zu 2,2 m<sup>3</sup>/s und einem hohen Seewasserspiegel Q im Profil 11

#### Abb. 116. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil 11.

Figure 116. Discharge chart and sum of discharge for the profile 11.





**Abb. 117. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil 12.** Figure 117. Discharge chart and sum of discharge for the profile 12.





Figure 118. Discharge chart and sum of discharge for the profile 13.

Randbedingungen für Wulkazufluß bis zu 2,2 m∛s und einem hohen Seewasserspiegel Q im Profil 14





Figure 119. Discharge chart and sum of discharge for the profile 14.



Randbedingungen für Wulkazufluß bis zu 2,2 m³/s und einem hohen Seewasserspiegel Q im Profil 15

#### Abb. 120. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil 15.

Figure 120. Discharge chart and sum of discharge for the profile 15.



**Abb. 121. Durchflussganglinie und Summe Durchfluss für das Profil 16.** Figure 121. Discharge chart and sum of discharge for the profile 16.

### 5.3.2 Überlegungen zum diffusen Durchströmen des Schilfgürtels

Der Wasserstand im Neusiedler See ist immer wieder ausreichend hoch, dass es prinzipiell zu einem Eindringen von Seewasser in den Schilfgürtel kommen kann. Gleiches gilt auch für die wenigen Fließgewässer, die in den See (z.B. die Wulka) oder direkt im Schilfgürtel (z.B. der Golser Kanal) münden. Für das Ausmaß sind im Wesentlichen zwei Faktoren verantwortlich:

- die Differenz zwischen dem Wasserspiegel des Oberflächengewässers (See oder Fluss) und der Geländeoberkante des Schilfbestandes und
- die Durchlässigkeit des Schilfes.

Die Abb.101 zeigt eine mögliche diffuse Durchströmung des Schilfgürtels ausgehend von der Wulka. In der Abb. 122 sind Profile beim Eintritt der Wulka in den Schilfgürtel dargestellt. Diese zeigen, dass die Wulka bei einem höheren Durchfluss und damit der Wasserstand sehr leicht über die Ufer tritt und in den Schilfgürtel eindringt. Bei den vorliegenden Modellrechnungen wurde mit einem maximalen Durchfluss von 2,2 m<sup>3</sup>/s gerechnet und wie die Profildurchflüsse der Abb. 118 bis Abb. 121 zeigen, muss es teilweise bereits zu einem Eindringen in den Schilfgütel gekommen sein. Wie eine Verteilung im Schilfgürtel selbst stattfindet, kann mit dem vorhandenen Geländemodell aus Laserscandaten nicht beantwortet werden (siehe dazu Abb. 122). Zudem ist anzunehmen, dass sich sowohl die

Wegigkeiten im Schilfgürtel ständig verändern als auch die Schilfdurchlässigkeit aufgrund des Schilfalters einer Veränderung unterworfen ist.

Bei den vorliegenden Berechnungsergebnissen muss an dieser Stelle auf die modelltechnisch notwendige Vergrößerung einiger Gewässerabschnitte der "Wulka" bzw. Wulkaverzweigungen im Schilfbereich (größerer Durchflussquerschnitte) hingewiesen werden (siehe dazu auch Kap. 3.1). Wie schon im Kap. 5.2 gezeigt, führen diese Vergrößerungen der Querschnitte zu einer Überschätzung der Durchflüsse in den gewählten Profilen. Eine genaue Angabe darüber ist aufgrund der Topographie der Schilfkanäle (sehr gerade Linienführung und damit gut mit dem vorhandenen Geländemodell erfassbar) nur für den Bereich Mörbisch möglich (siehe dazu Kap. 5.2.2 & Kap. 6).



## Abb. 122. Profile im Bereich der Randbedingung des Zuflusses der Wulka.

Figure 122. Profiles at the boundary conditions of the inflowing river Wulka.

## 6 RESÜMEE RÉSUMÉ

## 6.1 Strömungsverhältnisse in den Schilfkanälen

Flow conditions in the reed channels

Die Strömungsverhältnisse in den Schilfkanälen sind vorwiegend durch kleine Fließgeschwindigkeiten, die sich von kaum messbar bis wenige Zentimeter pro Sekunde bewegen, geprägt. Lediglich im Anfangsbereich zur offenen Seefläche hin kommt es bei entsprechenden windbedingten größeren Wasserspiegelschwankungen zu etwas größeren Fließgeschwindigkeiten von mehreren Dezimeter pro Sekunde. Im inneren Schilfbereich treten größere Fließgeschwindigkeiten nur in Engstellen der Schilfkanäle auf.

Bei den Durchflüssen in den Schilfkanälen spielt insbesondere die Größe des Kanalquerschnittes die entscheidende Rolle. Bei den Modellrechnungen sind in den Gebieten Illmitz und Wulka einige Schilfkanäle aus modelltechnischen Gründen vergrößert worden, da das vorhandene digitale Höhenmodell für eine modelltechnische Umsetzung nicht ausreichend war. Dies führt tendenziell zu einer Überschätzung der berechneten Durchflüsse. Andererseits zeigen vergleichende Modellrechnungen, die im Testgebiet Mörbisch möglich waren, den Einfluss einer Vergrößerung von Kanalquerschnitten auf die ein- und ausströmenden Wassermengen. Bei den Berechnungen mit den vergrößerten Kanalquerschnitten zeigt sich eher ein Ausgleich zwischen ein- und ausströmender Wassermenge in den Schilfgürtel (siehe Kap. 5.2.2 Abb. 61 bis Abb. 63 im Vergleich zu Abb. 64 bis Abb. 66 sowie Abb. 72 bis Abb. 75 im Vergleich zu Abb. 76 bis Abb. 79). Bei den Berechnungen mit den originalen Daten aus dem digitalen Höhenmodell ergeben die Modellierungen, dass mehr Wasser in den Schilfgürtel strömt als aus diesem wieder in den See zurück fließt. Dabei ist die oftmals (Sommermonate) sehr hohe Verdunstung aus den großen offenen Wasserflächen im inneren Schilfgürtel im Modell nicht berücksichtigt. Dies deutet darauf hin, dass insgesamt ein Einfluss dieses Wasseraustausches zwischen See und Schilfgürtel auf die Wasserbilanz vorhanden sein muss.

Bei der Modellüberprüfung an einem Windereignis im Testgebiet Illmitz zeigte sich der große Einfluss, wenn es zu Unterbrechungen in Schilfkanälen zum Beispiel durch eine Verlandung oder dichten Schilfbestand kommt. Dabei können große offene Wasserflächen im inneren Schilfgürtel völlig vom Austausch mit dem See abgeschnitten werden.

## 6.2 Strömungsverhältnisse im Schilf

### F low conditions in reed stands

Die Strömungsverhältnisse im Schilfbereich sind modelltechnisch nicht zu erfassen. Zum einen sind es die unzureichenden Kenntnisse der Geländehöhen im Schilfbereich und zum anderen fehlen genauere Kenntnisse über die Durchlässigkeit des Schilfbestandes in seinen unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Einen gewissen, sehr flächenhaften, Eindruck über die diffusen Durchströmungen des Schilfgürtels lassen sich aus den Berechnungen im Testgebiet der Wulka ableiten. Aufgrund der Berechnungen der Durchflüsse in Profilen entlang des Fließweges der Wulka und seiner Nebenarme hat sich gezeigt, dass es jedenfalls bei Durchflüssen über Mittelwasser zu einem Durchströmen des Schilfgürtels kommt. Eine genauere Angabe über die Größe des Durchflusses, der zu einem Einströmen in den Schilfgürtel führt, kann aus den hier durchgeführten Modellierung nicht getroffen werden. Es kann lediglich aus den beiden berechneten Fällen angeleitet werden, dass es bereits bei Durchflüssen unter einem mittleren Abfluss zu einer diffusen Durchströmung des Schilfgürtels kommt. Jedenfalls ist auch deshalb eine detailliertere Aussage nicht möglich, da es aufgrund der durchgeführten Baggerungen zu veränderten Abflussbedingungen kommt, die sich in weitere Folge dann auch auf die Bereiche ohne Erhaltungsmaßnahmen auswirken.

## 6.3 Übertragung der Ergebnisse aus den Testgebieten auf den gesamten in Österreich liegenden Schilfgürtel

Transfer of the results from the test areas to the entire reed belt in Austria

Eine Übertragung der Ergebnisse aus den Testgebieten auf einen größeren Bereich ist mit großer Unsicherheit behaftet. In den beiden vorangegangenen Kapiteln sind einige Gründe dafür erläutert worden. Unter diesem Licht ist die folgende Abschätzung der Austauschmenge zwischen Neusiedler See und Schilfgürtel zu sehen. Basis dafür bilden zum einen die Überlegungen zur Gesamtbilanz an Schwebstoffen im Kap. 2.4.2 im Bericht 7 "Synthese", zum anderen die Berechnungen im Bereich Mörbisch.



**Abb. 123. Randbedingungen für das Testgebiet Mörbisch bei hohen Seewasserstand.** Figure 123. Boundary conditions for the test area Mörbisch at high lake water level.



Abb. 124. Randbedingungen für das Testgebiet Mörbisch bei niederem Seewasserstand.

Figure 124. Boundary conditions for the test area Mörbisch at low lake water level.

In der Tabelle 5 ist ausgehend von den Berechnungen in Mörbisch unter den in Abb. 101 (hoher Seewasserstand) und Abb. 102 dargestellten Randbedingungen (niederer Seewasserstand) ein Abschätzung der Gesamtaustauschmenge für den österreichischen Schilfgürtel dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diesen Abschätzungen nur zwei hydrologische Situationen zugrunde liegen.

## Tabelle 5. Abschätzung der Austauschwassermengen See – Schilfgürtel für den österreichichen Teil des Schilfgürtels für zwei ausgewählte Ereignisse.

Table 5. Estimation of water exchange lake – reed belt for the Austrian part of the reed belt for two selected events.

		hoher Seewasserstand		niederer Seewasserstand	
Bereich Schilfgürtel	Schwebstofffrachtanteil an der Gesamtfracht [%]	Wasser vom See in den Schilfbereich [m³/d]	Wasser vom Schilfbereich in den See [m³/d]	Wasser vom See in den Schilfbereich [m³/d]	Wasser vom Schilfbereich in den See [m³/d]
Bereich Mörbisch bis Staatsgrenze	0,53	5,37E+03	-2,16E+03	3,92E+03	-9,67E+03
Bereich Rust	0,16	1,63E+03	-6,55E+02	1,19E+03	-2,93E+03
Bereich Oggau	0,08	8,13E+02	-3,28E+02	5,94E+02	-1,47E+03
Bereich Donnerskirchen (Wulka-					
Mündung)	0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Bereich Purbach (nördl. Wulka-Kanal)	0,02	1,63E+02	-6,55E+01	1,19E+02	-2,93E+02
Bereich Breitenbrunn	0,02	1,63E+02	-6,55E+01	1,19E+02	-2,93E+02
Bereich Winden bis Weiden	0,02	2,44E+02	-9,83E+01	1,78E+02	-4,40E+02
Bereich Illmitz bis Seebad	0,16	1,63E+03	-6,55E+02	1,19E+03	-2,93E+03
Bereich Illmitz Seebad bis Staatsgrenze	0,02	1,63E+02	-6,55E+01	1,19E+02	-2,93E+02
		2,03E+04	-8,19E+03	1,48E+04	-3,66E+04

Geht man von diesen Zahlen aus, ergeben sich auf die Gesamtfläche des Sees bezogen (offener See und Schilfgürtel) für die Jahresbilanz Werte von 32 bis -58 mm pro Jahr (bezogen auf die gesamte Wasserbilanz des Sees). Das sind ca. 4,3 bis -7,8 % in der Wasserbilanz. Dieser abgeschätzte Wasseraustausch zwischen See und Schilfgürtel zeigt, dass Wasseraustausch zwischen See und Schilfgürtel bei einer Wasserbilanzierung trotz den enthaltenen Unsicherheiten zu beachten ist.

# 7 LITERATUR

## LITERATURE

- Blöschl, G., W. Schöner, H. Kroiß, A. Blaschke, R. Böhm, K. Haslinger, N. Kreuzinger, R. Merz, J. Parajka, J. Salinas & A. Viglione, 2011. Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft – Ziele und Schlussfolgerungen der Studie für Bund und Länder. Österr Wasser- und Abfallw 63(1-2):1-10.
- Buttinger-Kreuzhuber A., Z. Horváth, S. Noelle, G. Blöschl & J. Waser, 2019. A fast secondorder shallow water scheme on two-dimensional structured grids over abrupt topography. *Advances in Water Resources* 127: 89–108
- Chimani B., Heinrich G., Hofstätter M., Kerschbaumer M., Kienberger S., Leuprecht A., Lexer A., Peßentei-ner S., Poetsch M.S., Salzmann M., Spiekermann R., Switanek M. und H.Truhetz, 2016. ÖKS15 – Klimas-zenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimaanalyse. Projektendbericht, Wien
- Herzig A., I.G. Hatvani, P. Tanos, A.P. Blaschke, R. Sommer, A.H. Farnleitner, A.K.T. Kirschner, 2019. Mikrobiologisch-hygienische Untersuchungen am Neusiedler See – von der Einzeluntersuchung zum Gesamtkonzept. Österr Wasser- und Abfallw. 71: 537–555.
- Hiebl J. & C. Frei, 2016. Daily temperature grids for Austria since 1961 concept, creation and applicability. *Theoretical and Applied Climatology* 124, 161–178, doi:10.1007/s00704-015-1411-4
- Krámer, T., J. Szilágyi & E. Nagy, 2020. 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.
- 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 Amts der Bgld. Landesregierung, Wien - Eisenstadt, 6 pp.
- Reitinger J., R. Schmalfuß & H. Mahler, 1991. Aspekte zum Wasserhaushalt des Neusiedler Sees. BFB-Bericht 77: 101- 107.
- Schöner, W., R. Böhm, K. Haslinger, G. Stanzer, R. Merz, A. Blaschke, A. Viglione, J. Parajka, H. Kroiß, N. Kreuzinger & G. Blöschl, 2011. Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Sailer, C.L. & Maracek, K., 2019. Der Neusiedler See ein Überblick. Österr. Wasser- und Abfallw. 71: 483–493.
- Wolfram, G., L. Déri & S. Zech, 2014. Strategiestudie Neusiedler See Phase 1. Studie im Auftrag der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission, Wien - Szombathely, 246 pp.

## 8 ANHANG

## ANNEX

Monat		Pegel	Q <sub>min</sub>	Q2	Q <sub>max</sub>
		m ü.A.		m³/s	
T		115,70	5	12	15 <sup>*</sup>
П	17.2.	115,70	4	12	15 <sup>*</sup>
	814.2.	115,71	4	12	15 <sup>*</sup>
	1521.2.	115,73	4	12	15*
	2228.2.	115,74	4	12	15 <sup>*</sup>
III	17.3.	115,75	2	5	6**
	815.3.	115,76	2	5	6**
	1623.3.	115,78	2	5	6**
	2431.3.	115,79	2	5	6**
IV		115,80	2		6**
V		115,80	4		6**
VI		115,80	4		6**
VII		115,80	4		6**
VIII		115,80	5		6**
IX	17.9.	115,80	5		6**
	815.9.	115,79	5		6**
	1623.9.	115,77	5		6**
	2430.9.	115,76	5		6**
Х	17.10.	115,75	5		15 *
	815.10.	115,74	5		15 <sup>*</sup>
	1623.10.	115,72	5		15 <sup>*</sup>
	2431.10.	115,71	5		15 <sup>*</sup>
XI		115,70	5	10	15*
XII		115,70	5	11	15*

### Aktuelle Wehrbetriebsregelung für den Neusiedler See (Kubu 2010)

In den Monaten November bis März muss die Wehranlage bei H +5 cm mit  $Q_2$  geöffnet werden

- \* Wenn H >115,80 m ü.A., dann muss die Wehranlage mit Q<sub>max</sub> geöffnet werden
- \*\* Wenn H >115,83 m ü.A., dann muss die Wehranlage mit Q<sub>max</sub> geöffnet werden

Zwischenstufen der Entlastungsmengen sind möglich und werden von den Verantwortlichen in Abhängigkeit der Binnenwassersituation und meteorologischer Prognosen mittels Telefon oder Email abgesprochen. Die Nationalpark-Direktionen sind bei Öffnen der Wehranlage zu verständigen.