

Abnahme der Eisbedeckung am Neusiedler See von 1931 bis 2012

Anna-Maria Soja¹, Karl Maracek² und Gerhard Soja¹

anna.soja.fl@ait.ac.at

¹ Health & Environment Department, Environmental Resources & Technologies, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, 3430 Tulln, Austria

² Amt der Burgenländischen Landesregierung, Abt. 9 - Wasser- und Abfallwirtschaft, Hauptreferat Wassermengenwirtschaft, Hydrographischer Dienst, 7000 Eisenstadt; Austria

INLEITUNG

Die Eisbildung am Neusiedler See (Fertő tó) (Abb. 1), einem flachen Steppensee (Fläche 320 km², mittlere Tiefe 1.2 m) an der Grenze von Österreich/Ungarn hat ökologische und ökonomische Bedeutung. Eissegeln und Eislaufen beleben die ansonsten touristisch tote Saison. Die Schilfernte zur Aufrechterhaltung der ökologischen Funktion des Schilfgürtels (178 km²) wird erleichtert, wenn die Seeoberfläche gefroren ist.

MATERIAL & METHODIK

Veränderungen der Eisbildung am Neusiedler See wurden im Rahmen des Projekts EULAKES (European Lakes und Environmental Stressors, www.eulakes.eu), das vom Central Europe Programme der EU finanziert wird, durchgeführt. Eisdatenaufzeichnungen (Daten vom Beginn des kompletten Zufrierens und des Auftauens) des Neusiedler Sees (Hydrographischer Dienst Burgenland) und Lufttemperaturdaten (Station Eisenstadt - Sopron (HISTALP Daten^[1] und ZAMG^[2]) wurden zur Untersuchung der Periode 1931-2012 verwendet (Unvollständigkeit der Eisarchivdaten 13%). Zusätzlich wurde der Einfluss von 8 Telekonnektionsmustern^[3] (Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO), the East Atlantic Pattern (EAP), East Atlantic/West Russia Pattern (EA/WR), Eastern Mediterranean Pattern (EMP), Mediterranean Oscillation (MO) für Algiers und Cairo, und für Gibraltar und Israel, North Atlantic Oscillation (NAO) und Scandinavia Pattern (SCA)) geprüft .

SCHLUSSFOLGERUNGEN

- Obwohl die Eisbildung am Neusiedler See hohe interannuelle Variabilität zeigt, konnten signifikante Trends für einen späteren Beginn (+2,6 Tage pro Dekade) und ein früheres Ende der Eisbedeckung (-2,0 Tage pro Dekade) gefunden werden, wodurch sich eine kürzere Dauer der Eisdecke pro Winter ergab.
- Die Eisbildung zeigte eine enge Beziehung zur mittleren Temperatur der Jahreszeit.
- Die Sensitivität der Dauer und des Endes der Eisbedeckung nahm im Lauf der Zeit zu.
- Die großräumigen Oszillationsmuster East Atlantic Pattern, Mediterranean Oscillation und North Atlantic Oscillation zeigten Fernwirkung zur Eisbildung am Neusiedler See.

ERGEBNISSE & DISKUSSION

Die Eisbedeckung des Neusiedler Sees zeigt eine hohe interannuelle Variabilität (mittlere Dauer 73±28 Tage, Maximum 128 Tage (1995/96), Minimum 0 Tage (2006/7)). Doch konnten signifikante Trends ($p < 0.05$) für die Parameter Beginn, Ende und Dauer der Eisbedeckung (Tabelle 1) nachgewiesen werden. Die vollständige Eisbedeckung begann während der Periode 1931 bis 2012 immer später (+2,6 Tage pro Dekade) (Abb. 2). Das Aufbrechen der Eisdecke erfolgte allmählich früher (-2,0 Tage pro Dekade) (Abb. 4), dadurch nahm die Dauer der Eisbedeckung ebenfalls ab (ca. 3 Tage pro Dekade) (Abb. 3) Alle Trends zeigten im Neumann-Test Signifikanz. Die Werte für den Neusiedler See liegen über den mittleren Trends für Seen und Flüsse der Nordhemisphäre (ca. +6, -6 und -12 Tage für 100 Jahre).^[4]

Zwischen Eisbildung und mittlerer Lufttemperatur der jeweiligen Jahreszeit konnte eine enge Beziehung beobachtet werden (Tabelle 1 und 2). 54% der Varianz der Eisdauer ging auf die Winterlufttemperatur zurück. Anstiege der Lufttemperatur um 1° C ergaben eine um 8,8 Tage spätere Eisbildung, eine Abnahme der Eisdauer um 11 Tage und ein um 5,8 Tage früheres Abschmelzen. Die Sensitivität der Dauer und das Ende der Eisbedeckung nahm mit steigenden Winterlufttemperaturen am Neusiedler See zu, wie es auch Livingstone et al. (2010)^[5] für das Auftauen von Seen in Schweden beschreiben: die Abnahme der Eisdauer pro 1° C Temperaturzunahme betrug 13,6 statt 10,9 Tage im Vergleich der Perioden 1991-2012 und 1931 -1990, das Ende der Eisbedeckung begann 8,2 Tage früher pro 1° C für 1991-2011 statt 5,3 Tage für 1931-1990. Dieser Effekt konnte beim Beginn des Zufrierens nicht gefunden werden.

Die Telekonnektionsmuster mit der ausgeprägtesten Beziehung zur Eisbildung am Neusiedler See waren EAP, MOA und NAO (Tabelle 3). Die positive Phase des EAP war mit überdurchschnittlichen Lufttemperaturen in allen Monaten in Europa verbunden^[3] und verzögerte den Beginn der Eisbildung. Höhere EAP-Winterindices brachten kürzere Dauer und früheres Abschmelzen der Eisbedeckung am Neusiedler See mit sich.

Negative Korrelationen der Winterindices von EAP, MOA und NAO mit Dauer und Ende der Eisbedeckung waren deutlich ausgeprägt. MOA und NAO-Winterindices zeigen hohe Kreuzkorrelation ($R=0,54$), sind aber nicht mit EAP korreliert. Auch Dokulil & Herzog (2009)^[6] fanden negative Korrelationen von NAO und MO mit 40-jährigen Datenreihen der Eisbildung am Neusiedler See.

Tabelle 1: Lineare Regression der Eisbildung (Beginn, Ende, Dauer der vollständigen Eisbedeckung) (siehe Abb. 2-4) am Neusiedler See über die Jahre (J) und in Abhängigkeit von der Lufttemperatur (T)^{[1],[2]} von Herbst (SON) und Winter (DJF) von 1931 bis 2012

Jahr	p	R ²
Beginn = $-178 + 0,261 * J$	0,0059	0,10
Dauer = $691 - 0,314 * J$	0,0416	0,06
Ende = $466 - 0,205 * J$	0,0317	0,06
T in °C	p	R ²
Beginn = $251 + 8,78 * T_{SON}$	0,00005	0,21
Dauer = $73 - 11,1 * T_{DJF}$	<0,00001	0,54
Ende = $62 - 5,80 * T_{DJF}$	<0,00001	0,37

Tabelle 2: Korrelationskoeffizienten der mittleren Lufttemperatur^{[1],[2]} mit Eisparametern des Neusiedler Sees für den Zeitraum 1931-2012 (rot: sign. bei $p < 0.05$)

	Beginn	Dauer	Ende
Frühling	0,12	-0,17	-0,05
Sommer	0,28	-0,17	-0,13
Herbst	0,51	-0,36	-0,24
Winter	0,12	-0,73	-0,61
Frühling+1	0,20	-0,44	-0,44

Tabelle 3: Korrelationskoeffizienten für Indices (Jahr; DJF=Winter) der Großraumszillationsmuster^[3] (AMO= Atlantic Multidecadal Oscillation, EAP=East Atlantic Pattern, EA/WR=East Atlantic/West Russia pattern, EMP=East Mediterranean Pattern, MOA and MOG=Mediterranean Oscillation for Algiers and Cairo bzw. für Gibraltar und Israel, NAO=North Atlantic Oscillation, SCA=Scandinavia Pattern) und Eischarakteristika des Neusiedler Sees für die Jahre 1931 - 2012 (rot: signifikant bei $p < 0.05$)

	Beginn	Dauer	Ende
AMO	-0,09	0,21	-0,01
EAP	0,34	-0,23	-0,23
EA/WR	0,00	-0,08	0,03
MOA	0,06	-0,1	0,04
MOG	-0,04	0,14	0,23
NAO	0,11	-0,1	0,12
SCA	0,03	-0,12	0,08
AMO _{DJF}	-0,12	0,19	-0,04
EAP _{DJF}	0,15	-0,27	-0,44
EA/WR _{DJF}	0,17	-0,15	-0,03
EMP _{DJF}	-0,01	-0,02	-0,03
MOA _{DJF}	0,20	-0,48	-0,45
MOG _{DJF}	-0,05	-0,27	-0,20
NAO _{DJF}	-0,02	-0,43	-0,37
SCA _{DJF}	0,07	-0,01	0,15

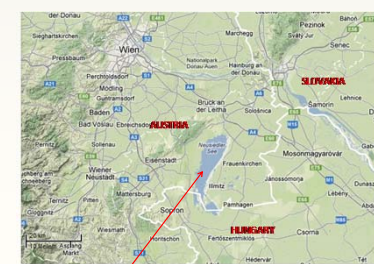


Abb. 1: Der Neusiedler See an der Grenze von Österreich/Ungarn (Quelle Google ©2012)

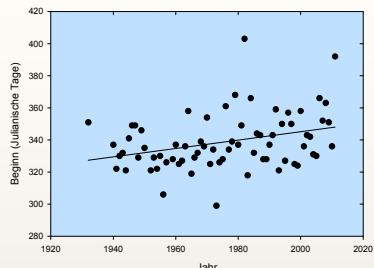


Abb. 2: Beginn der geschlossenen Eisdecke (Julianische Tage) am Neusiedler See (1931- 2012)

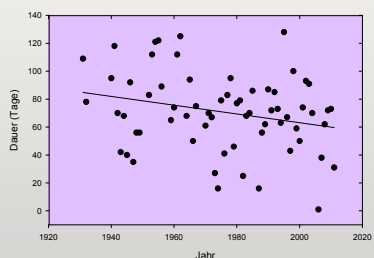


Abb. 3: Dauer der geschlossenen Eisdecke (in Tagen) am Neusiedler See (1931- 2012)

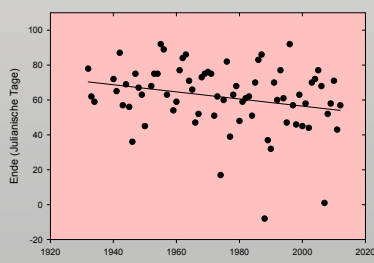


Abb. 4: Ende der geschlossenen Eisdecke (Julianische Tage) am Neusiedler See (1931- 2012)

¹ HISTALP: <http://www.zamg.ac.at/histalp/content/view/35/1/index.html>

² ZAMG: <http://www.zamg.ac.at/klima/jahrbuch/>

³ AMO: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries/AMO/>; EAP, EA/WR, NAO, SCA: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>;

EMP: <http://www.limnol.no.u/archives/emp/>; MO: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/moi/>

⁴ Magnuson, J.J. et al.: Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere. Science 289, 1743-1746, 2000

⁵ Livingstone et al.: Lake Ice Phenology, p.51-61, in: George, D.G. (ed.), The Impact of Climate Change on European Lakes, Springer, 2010

⁶ Dokulil, M., Herzog, A.: An analysis of long-term winter data on phytoplankton and zooplankton in Neusiedler

See, a shallow temperate lake, Austria. Aquat Ecol 43, 715-725, 2009