Innokentij Bogatykh, Anna Kühner, Salome Rcheulishvili, Melissa Schmidt,
Daniel Schrom, Wolfgang Weber

Ein Schlaglicht auf die Wasserqualität im Haspelmoor

Zusammenfassung
Das Naturschutzgebiet Haspelmoor liegt südlich der Bahnlinie Augsburg-München, etwa mittig zwischen den beiden Städten. Der nördliche Teil gehört zum Hochmoor-Typ, der südliche zum Typ Übergangsmoor. Im April 2017 untersuchten wir stichprobenmäßig im Rahmen einer Projektarbeit der Hochschule Augsburg die Wasserqualität an vier ausgewählten Stellen. Das Hochmoor ist insgesamt recht nährstoffarm und zeigt keine Verbindung zum Grundwasser. Die Calcium-, Eisen- und Nitratwerte sind leicht erhöht, wobei das Nitrat vermutlich durch nasse Deposition aus der Luft eingetragen wird. Durch den sauren pH-Wert im Bereich von 4 wird insbesondere Aluminium in hohem Maß mobilisiert. Das Übergangsmoor zeigt einen nahezu neutralen pH-Wert, deutlich härteres Wasser und höhere Werte insbesondere für Nitrat und Eisen. Damit liegt eindeutig eine Verbindung zum Grundwasser vor.

Summary
The nature protection area Haspelmoor is situated halfway between Augsburg and Munich, south of the railway line. The northern part of the moor is a raised bog; the southern part is a transition bog. In April 2017, as part of a project of the University of Applied Sciences in Augsburg, we performed a random analysis of the quality of bog water at four selected points. The raised bog is relatively nutrient-poor and shows no connection with the groundwater. The amounts of calcium, iron, and nitrate are slightly raised; the source of nitrate is probably wet deposition of airborne particulate matter. The acid pH in the range of 4 causes a high degree of mobilisation, especially of aluminium. The transition bog exhibits a nearly neutral pH, distinctly harder water, and in particular, higher values of nitrate and iron. Based on this data, there is clearly a connection with the groundwater.

1. Einführung

Angeregt durch Untersuchungen zur Gewässerqualität im Schwäbischen Donaumoos von Foldenauer et al. (2016) untersuchten wir am 26. April 2017 bei leider regnerischem und kaltem Wetter stichprobenmäßig an vier ausgewählten Stellen die Gewässerqualität im Haspelmoor. Hagspiel (1991) hat in den Berichten des NWVS das Haspelmoor ausführlich beschrieben. Er ging detailliert auf die Geschichte, Beeinträchtigungen, Unterschutzstellung sowie vor allem auf die Flora und Fauna des Haspelmoores ein. Hier sei auf diese Darstellung verwiesen; neben einigen allgemeinen Hinweisen zum Wasserhaushalt von Mooren beschreiben wir daher nur die eigenen Untersuchungen.



Abb. 1: Weiher im Hochmoorbereich des Haspelmoores

Moore lassen sich nach ihren Entwicklungsstufen unterteilen in Nieder-, Übergangs- und Hochmoore (Bundesamt für Naturschutz):
Niedermoore werden durch das Grundwasser gespeist. Sie stellen die erste Stufe auf der Entwicklung eines Moores zum Hochmoor dar. Niedermoore sind nährstoffreich, wodurch eine gewisse Pflanzen- und Artenvielfalt vorliegt.
Bei einem Hochmoor wächst die Torfschicht über den Grundwasserspiegel hinaus, sodass kein Kontakt zum Grundwasser mehr besteht. Die Wassereinspeisung erfolgt nun ausschließlich durch Niederschläge wie Regen oder Schnee. Hochmoore sind dadurch sehr nährstoffarm. In diesem Ökosystem kommen nur einige wenige Spezialisten vor, die meist so an ihre Umgebung angepasst sind, dass sie in einem anderen System nicht überleben könnten.
Das Übergangsmoor ist die Entwicklungsstufe zwischen Nieder- und Hochmoor. Es kann also sowohl durch das Grundwasser, als auch durch Niederschläge gespeist werden. Ebenso ist es in allen anderen Bereichen eine Mischung aus den beiden genannten Moorarten.

Im Haspelmoor findet sich im nördlichen Teil der Hochmoortyp, während es vor allem südlich der Hörbacher Straße allmählich in ein Übergangsmoor ausstreicht. Bei den Entnahmestellen für die Wasserproben wurden verschiedene Ausprägungen im Hochmoor (Probe 1: Primärfläche, Probe 2: Hochmoorweiher, Probe 3: Sekundärfläche aus ehemaligem Torfstich) sowie eine Stelle im Übergangsmoor (Probe 4) ausgewählt. Die Lage der Probenahmestellen ist der Abbildung 2 zu entnehmen; die Koordinaten der Entnahmestellen lauten:
Probe 1: N 48°13`19,4`` E 11°05`34,4``; Probe 2: N 48°13`23,9`` E 11°05`12,2;
Probe 3: N 48°13`21,7`` E 11°05`26,4``; Probe 4: N 48°13`09,5`` E 11°05`39,8;



Abb. 2: Luftaufnahme des Haspelmoors (Quelle: Google earth) mit den vier Probenahmestellen; im Nordosten grenzt die viergleisige Bahnlinie Augsburg – München und die Ortschaft Haspelmoor an; die Hörbacher Straße ist als helle, quer verlaufende Linie in der Bildmitte zu erkennen.

2. Methoden und Ergebnisse

Die vier Stichproben wurden mit einem PE-HD-Becher an einer Holzstange entnommen. Der Becher wurde zweimal mit Moorwasser vorgespült und anschließend die Wasserprobe ca. 30 cm unter der Gewässeroberfläche ohne Sauerstoffeintrag entnommen. Die gewonnenen Wasserproben wurden in PE-Behälter mit Schraubverschluss abgefüllt und für den späteren Transport ins Labor dunkel in einer Kühlbox gelagert. Vor den Untersuchungen wurden alle vier Wasserproben über 0,45 µm – Filter filtriert. Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt wurden mit einer selektiven Elektrode direkt vor Ort gemessen. Weiterhin wurde der Ammonium-Gehalt der vier Proben am darauffolgenden Tag mittels Fotometrie (Lange CADAS 200) nach DIN 38406 (E5) bestimmt (Tabelle 1).

	Hochmoor (Probe 1)	Hochmoor Weiher (Probe 2)	Hochmoor Sekundärfläche (Probe 3)	Übergangsmoor (Probe 4)
Temperatur in °C	5,7	7,4	5,6	5,9
Sauerstoff in mg/l	8,4?	10,2	11,7	7,6
NH_4^+ in mg/l	0,14	0,17	0,11	0,2

Tabelle 1: Vor-Ort-Messungen von Temperatur und Sauerstoffgehalt sowie Labor-Bestimmung des Ammoniumgehalts mit Fotometrie



Abb. 3: Probenahme und Sauerstoffmessung am Weiher im Hochmoor

Die größere Wassermenge des Weihers speicherte die Wärme der vorangegangenen Tage besser, weshalb die Weiher-Probe 2 mit 7,4 °C im Vergleich zu den anderen kleineren Wasserstellen die höchste Temperatur zeigt. Die Schwankungen der Werte für gelösten Sauerstoff sind z.T. auf Regen bzw. Schneefall zurückzuführen; derjenige der Probe 1 wohl auch auf eine fehlerhafte Messung. Die Werte für das Hochmoor liegen fast im Sättigungsbereich.

Auffällig ist der niedrige Sauerstoffgehalt im Übergangsmoor. Der Ammonium- und Nitrit-Gehalt ist hier gegenüber dem Hochmoor doppelt bis dreifach so hoch, liegt aber insgesamt gesehen noch niedrig. Für NH_4^+ -Ionen gilt z.B. in der Trinkwasserverordnung ein Grenzwert von 0,5 mg/l. Der Nitratwert im Übergangsmoor beträgt mit 14 mg/l dagegen ein Vielfaches der Werte im Hochmoor (siehe Tabelle 1 und 2). Er unterschreitet zwar markant den Trinkwassergrenzwert von 50 mg/l, zeigt jedoch deutlich den bereits erhöhten Nährstoffeintrag von einem in der Nähe liegenden Feld und den Kontakt zum Grundwasser. Zusätzlich kann aber auch Ammonium und Nitrit unter Sauerstoffentzug zu Nitrat oxidiert worden sein; das würde den niedrigen Sauerstoffgehalt des Wassers im Übergangsmoor erklären.

Tabelle 2		Hochmoor (Probe 1)	Hochmoor Weiher (Probe 2)	Hochmoor Sekundärfläche (Probe 3)	Übergangsmoor (Probe 4)
Probenahmedatum		26.04.2017	26.04.2017	26.04.2017	26.04.2017
pH-Wert	-	3,8 / 3,7	4,7 / 4,1	3,8 / 3,7	7,2 / 7,1
Leitfähigkeit (20 °C)	µS/cm	76 / 81	30 / 27,4	74 / 83	191 / 189
NO_2^-	mg/l	0,11	< 0,1	< 0,1	0,28
NO_3^-	mg/l	1,0	0,20	0,60	14
SO_4^{2-}	mg/l	0,40	0,30	0,50	3,2
PO_4^{3-}	mg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Ca	µg/l	2810	2530	2350	37200
Fe	µg/l	759	337	288	1540
K	µg/l	828	284	241	281
Mg	µg/l	472	472	348	3650

Mn	µg/l	7,5	13	6,3	77
Na	µg/l	788	1060	678	1400
Ag	µg/l	0,19	0,034	0,26	0,012
Al	µg/l	401	231	329	75
As	µg/l	1,1	0,67	0,86	3,4
B	µg/l	2,7	2,5	2,0	2,6
Ba	µg/l	13	12	10	24
Be	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bi	µg/l	0,016	0,012	0,010	< 0,01
Cd	µg/l	0,076	0,027	0,047	0,010
Ce	µg/l	0,31	0,23	0,25	0,041
Co	µg/l	0,28	0,099	0,16	0,25
Cr-ges	µg/l	0,64	< 0,5	0,50	< 0,5
Cs	µg/l	0,036	0,066	0,041	0,018
Cu	µg/l	22	5,1	14	3,1
La	µg/l	0,13	0,079	0,11	0,023
Li	µg/l	0,57	0,40	0,41	0,54
Mo	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,19
Nb	µg/l	0,026	0,013	0,021	0,0089
Ni	µg/l	4,9	0,82	1,6	0,98
Pb	µg/l	5,4	2,7	4,9	0,63
Rb	µg/l	0,40	0,68	0,59	0,52
Sb	µg/l	0,27	0,19	0,22	0,22
Se	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Sn	µg/l	1,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Sr	µg/l	9,8	8,4	7,9	57
Te	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Th	µg/l	0,025	0,020	0,020	< 0,01
Ti	µg/l	4,8	2,0	3,9	< 2
Tl	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
U	µg/l	0,022	< 0,01	< 0,01	0,055
V	µg/l	0,97	0,40	0,99	0,14
W	µg/l	0,037	0,019	0,019	0,010
Y	µg/l	0,13	0,054	0,092	0,025
Zn	µg/l	37	14	21	5,3

Tabelle 2: Labormesswerte der Wasserproben der vier Entnahmestellen im Haspelmoor. Signifikant hohe Werte gegenüber den anderen Proben sind gelb unterlegt.

Die Elementanalytik erfolgte mittels ICP-MS gemäß DIN EN ISO 17294-2 (E29), die Bestimmung der Anionen mittels Ionenchromatographie gemäß DIN EN ISO 10304-1 (D20). Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit erfolgte gemäß DIN EN 27888 (C8), die Bestimmung des pH-Wertes gemäß DIN EN ISO 10523 (C5).

3. Interpretation der Messergebnisse

3.1 Hochmoor

Aufgrund der Vielzahl an Messergebnissen werden zunächst nur die Bewertungskriterien pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoff, Nährstoffe, Spurenelemente und Sulfat bei der Auswertung näher betrachtet. Die Messwerte wurden mit für den Normalbereich von Hochmooren recherchierten Richtwerten verglichen (Pfadenhauer 2000, Rump 1998, etc.).

Die gemessenen Werte für den *pH-Wert* liegen bei allen Proben im Normalbereich für Hochmoore, es wurden keine Auffälligkeiten festgestellt. Typisch ist der saure pH um 4, den auch Hagspiel (1991) bereits feststellt und damit das beschriebene Vorkommen von *Arnica montana* widerlegt.

Beim Vergleich der Messwerte für die *Leitfähigkeit* mit Richtwerten fällt auf, dass die Probe 2, welche aus dem Weiher entnommen wurde, im optimalen Bereich liegt. Bei Probe 1 und 3 sind die Werte leicht erhöht. Insgesamt beobachtet man jedoch niedrige Leitfähigkeiten; d.h. das Wasser des Hochmoors zeigt einen niedrigen Gesamtsalzgehalt.

Die gemessenen Werte für den Sauerstoff-Gehalt liegen beinahe im Sättigungsbereich des *Sauerstoff*-Wertes für Wasser; somit sind die Werte für Hochmoorwasser-Verhältnisse leicht erhöht. Mögliche Erklärungen hierfür sind Messfehler oder Witterungsbedingungen, da es am Tag vor der Messung geregnet hat.

Für die Interpretation der *Nährstoff*-Werte wurde *Kalium, Calcium, Phosphat, Ammonium, Nitrit, Nitrat* und *Eisen* näher betrachtet. Die gemessenen Werte für *Kalium* liegen im Normalbereich, während der *Calcium*-Gehalt bei allen Proben leicht erhöht ist. Infolgedessen können Pflanzen in diesem Gebiet wachsen, die nicht typisch für die Hochmoor-Vegetation sind. Diese auch beobachtete Verbuschung des Moores erhöht wiederum den Nährstoffeintrag im Moor. Ein erhöhter Messwert von *Phosphat* ist in der Regel ein sicheres Zeichen für Überdüngung, die gemessenen Werte liegen hier jedoch unter der Nachweisgrenze. Für *Nitrat* wurden leicht erhöhte Messwerte bei zwei von drei Messstellen festgestellt. *Nitrat* entsteht einerseits durch die bakterielle Oxidation (Nitrifikation) von stickstoffhaltigem Pflanzenmaterial über *Ammonium* mit dem Zwischenprodukt *Nitrit*. Ein hoher Nitrat-Gehalt nach diesem Mechanismus setzt voraus, dass viel *Sauerstoff* vorhanden ist. Andererseits kann *Nitrat*, das einen erheblichen Anteil am Feinstaub ausmacht, durch Niederschläge aus der Luft ausgewaschen werden. Die Vermutung liegt nahe, dass der erhöhte *Nitrat*-Gehalt hier durch Niederschlagswasser eingetragen wurde. Der dritte Eintragsweg von *Nitrat* durch stickstoffhaltigen Dünger ist auf Grund der insgesamt niedrigen Konzentrationen im zentralen Hochmoor auszuschließen. Die Messwerte für *Eisen* sind im Vergleich zum *Eisen*-Gehalt im Grundwasser erhöht; *Eisen* gelangt möglicherweise durch Auswaschung des Bodens in das Moorwasser. Bei der Entnahme der Proben wurde Algenwachstum festgestellt; dies könnte auf den erhöhten *Eisen*-Gehalt zurückzuführen sein. Die gemessenen *Sulfat*-Werte sind sehr gering. Da erhöhte *Sulfat*-Konzentrationen vor allem in verunreinigten Gewässern vorkommen, zum Beispiel durch Einflüsse von Düngemitteln, lässt das Messergebnis darauf schließen, dass im zentralen Hochmoor tatsächlich kein Kontakt zum Grundwasser vorliegt.

Durch den niedrigen pH-Wert sowie die Komplexbildung mit Huminsäuren des Hochmoorwassers werden vor allem Metalle wie *Aluminium, Zink, Blei* und *Cer* im Ver-

gleich zum Übergangsmoor verstärkt mobilisiert. Der hohe *Aluminiumgehalt* ist ein Indiz für den Kontakt des Hochmoorwassers zu aluminiumhaltigen Schichtsilikaten, wie z.B. Ton.
Probe 1 und abgeschwächt Probe 3 zeigen gegenüber dem Weiher erhöhte Spuren von *Blei, Nickel, Kupfer* und *Zink*, vor allem bei *Blei* mit ca. 5 µg/l gegenüber üblichen Werten von meist kleiner 1 µg/l. Nahe der Entnahmestelle 1 und etwas weiter entfernt von der Entnahmestelle 3 befand sich laut Herrn Hagspiel früher (ab 1938) ein Schießstand des Reichsarbeitsdienstes. Der Verdacht liegt nahe, dass die Rückstände dieses Schießstandes noch für die erhöhten Werte verantwortlich sind.

3.2 Übergangsmoor

Im Übergangsmoor fallen sofort der nahezu neutrale pH-Wert und die gegenüber dem Hochmoor extrem erhöhten Werte für die Erdalkalielemente Calcium, Magnesium, Strontium und Barium auf, d.h. für die Härtebildner des Wassers, die auch zu einer stark erhöhten Leitfähigkeit führen. Calcium und Magnesium spielen dabei erwartungsgemäß aufgrund ihrer Elementhäufigkeit die Hauptrolle. Dies zeigt deutlich den Kontakt zum härteren Grundwasser an. Auch der Nährstoffeintrag durch Nitrat sowie der Eisen- und Mangan-Gehalt liegen deutlich über den Werten für das Hochmoor und bestätigen den Kontakt zum Grundwasser.

4. Fazit

4.1 Hochmoor

Die meisten für ein Hochmoor typischen Parameter liegen im Normalbereich. Auffällig sind die leicht erhöhten Werte für gelösten Sauerstoff, Calcium und Eisen. Der Regen am Tag und Vortag der Probennahme kann den erhöhten Sauerstoffgehalt verursachen. Die erhöhte Eisenkonzentration fördert das Algenwachstum, das oberflächlich Sauerstoff ins Wasser einbringt. Diese unerwünschte Algenaktivität wurde von uns am Weiher beobachtet. Die leicht erhöhten Messwerte bei Calcium, welche bei allen drei Proben des Hochmoores vorliegen, können als Nährstoff eine Verbuschung unterstützen, was wiederum einen erhöhten Eintrag in das Moor zur Folge haben kann. Das untypische Pflanzenwachstum wurde von uns im gesamten Haspelmoor festgestellt. Ein gesundes Moor sollte in weiten Teilen baumfrei sein.
Zusammengefasst befindet sich das Haspelmoor trotz seiner Unterschutzstellung 1985 in einer Phase der Renaturierung. Die Spuren des bis ca. 1960 erfolgten Torfabbaus sind im Moor immer noch zu sehen. Seit 1990 wurde der Wasserspiegel durch den kontinuierlichen Verschluss zahlreicher Entwässerungsgräben erfolgreich angehoben. Weiterhin sollten aber die offenen Hochmoorflächen durch regelmäßige Entbuschungsmaßnahmen freigehalten werden, um den erhöhten Eintrag von Nährstoffen aufgrund absterbender Pflanzenteile zu verhindern.

4.2 Übergangsmoor

Das Übergangsmoor lieferte keine für ein Moor typische Wasser-Parameter und zeigt im Vergleich zum Hochmoor meist um ein Vielfaches erhöhte Werte. Diese sind Indizien für Kontakt zum Grundwasser. Der hohe Nitratgehalt kann durch die Düngung eines in der Nähe der Probennahmestelle 4 befindlichen Feldes erklärt werden. Zusam-

mengefasst ist das Übergangsmoor anhand unserer Messwerte nicht als solches erkennbar. Hier sind eine stärkere Vernässung und vor allem eine Verringerung des Nährstoffeintrags nötig.

Dank

Bei Herrn Apotheker Siegfried Hagspiel bedanken wir uns ganz herzlich für die kundige und engagierte Führung im Haspelmoor sowie die vielen interessanten Hintergrundinformationen. Unser Dank gilt ebenso Frau Hedwig Schury für die Unterstützung im Chemie-Labor der Hochschule. Besonders sei auch Dr. Diemer und den Labormitarbeitern des Landesamtes für Umwelt, Augsburg, für das Ausführen eines Großteils der Analysen gedankt.

Literatur

Bundesamt für Naturschutz, Moorschutz, https://www.bfn.de/0311_moore-entstehung-zustand.html, eingesehen am 24.05.2017, 20:55 MEZ

Foldenauer M., Schnalzger K., Friedmann A. (2016): Untersuchungen zur Gewässerqualität im Schwäbischen Donaumoos, Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben 120:2-21.

Hagspiel, S. (1991): Das Naturschutzgebiet „Haspelmoor“ und seine Geschichte, Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben 95:2-32.

Pfadenhauer, J., Sliva, J., Marzelli, M. (2000), Renaturierung von landwirtschaftlich genutzten Niedermooren und abgetorften Hochmooren, Schoder-Druck Augsburg.

Rump, H. (1998), Laborhandbuch für die Untersuchung von Wasser, Abwasser und Boden, 3. Auflage, Verlag Wiley-Vch, Weinheim.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des naturwiss. Vereins für Schwaben, Augsburg

Jahr/Year: 2018

Band/Volume: 122

Autor(en)/Author(s): Bogatykh Innokentij, Kühner Anna, Rcheulishvili Salome, Schmidt Melissa, Schrom Daniel, Weber Wolfgang

Artikel/Article: Ein Schlaglicht auf die Wasserqualität im Haspelmoor 2-9