

---

*Auswirkungen der geplanten Seespiegelregulierung Thunersee auf die anstossenden Moore:*

## **Moorhydrologische Beurteilung und Schlussfolgerungen aus den vorhandenen Grundlagen**

---

### **1. Anlass und Vorgehen**

Der vorliegende Kurzbericht entstand auf Anfrage der IC Infraconsult AG (Bern) nach einer Drittmeinung über die moorhydrologischen Auswirkungen der geplanten Seespiegelregulierung am Thunersee bzw. über die bereits vorliegenden hydrologischen Berichte und Gutachten [1], [2]. Für die vorliegende Beurteilung wurden die vorliegenden Berichte studiert, die Gebiete Weissenau und Gwattlischenmoos zusammen mit Vertreterinnen der Infraconsult am 4.12.2008 begangen und anschliessend weitere Abklärungen vorgenommen. Die letzteren betrafen hauptsächlich die verschiedenen für die Mooregebiete und den Uferbereich vorliegenden Terrainmodelle sowie die für die Beispieljahre 1998 bis 2005 mit neuem Betriebsmodell gerechneten, künftig zu erwartenden Seespiegelschwankungen [3].

Die Beurteilung der Vorschläge über das Monitoring der Auswirkungen der Seespiegelregulierung auf die anliegenden Mooregebiete erfolgte gemäss Erkenntnissen und Schlussfolgerungen aus den oben aufgeführten Abklärungen.

### **2. Beurteilung der Situation gemäss bisherigen Abklärungen und Gebietsbegehungen vom 4.12.08**

Anlässlich der Begehung lag der Seespiegel auf Kote 557.42 m ü.M. Der Seespiegel war zuvor, nach hohen Ständen von anfangs November (6.11.: 557.75 m ü.M.), bis zum 4.12. über Wochen hinweg kontinuierlich gefallen. Die Witterung war in den letzten Tagen vor der Begehung überwiegend trocken. Letzte stärkere Niederschläge wurden gemäss Niederschlagsaufzeichnungen von Meteo Schweiz vom 21. bis 24.11. gemessen. Die Niederschlagssumme lag für die Station Interlaken (58 mm, hiervon 43 mm am 21.11.) dabei deutlich höher als für die Station Thun (14 mm). Die Grundwasserstände der Pegel, welche im Messnetz des Kantones im Umfeld des Sees betrieben werden, zeigen gemäss Online-Grafiken für die grösseren Grundwasserkörper im Umfeld des Thunersees für den Dezember 08 eher tiefe, unter dem langjährigen Mittel liegende Grundwasserstände.

#### **2.1 Weissenau**

Die Begehung vom 4.12.08 führte in einem Rundgang um und durch das ganze Naturschutzgebiet, zunächst von „Neuhaus“ dem Seeuferweg entlang nach Südosten bis zur Aaremündung, dann über die uferentlegeneren Moorflächen wieder zurück zum „Neuhaus“. Für die moorhydrologische Situationsbeurteilung massgebliche Beobachtungen ergaben sich wie folgt:

- Der Seeuferweg wird im Bereich des Naturschutzgebietes in relativ häufiger Abfolge von Entwässerungsgräben gequert. Diese führen Wasser aus dem Mooregebiet in etwa parallel zur Fallrichtung des Geländes dem See zu. Landseitig, im Bereich der hangseitigen Begrenzung des Moores gegen den Golfplatz finden sich auch Gräben und lang gezogene Gewässer die quer zur Fallrichtung des Geländes entwässern.

- Die Abflüsse des Entwässerungssystems waren am 4.12.08 mengenmässig bescheiden. Viele etwas weniger tief in den Boden eingetiefte Gräben zeigten praktisch keinen Abfluss. An den tieferen Gräben und Gewässern lagen die Wasserstände teilweise tief unter der anliegenden Mooroberfläche. Dies gilt v.a. für den im Osten des Gebietes (östlich Rossmeder) von Norden nach Süden verlaufenden Hauptgraben sowie für das lang gezogene Gewässer, welches im Norden das Naturschutzgebiet gegen das Moor hin abtrennt.
- Trotz vorangehend überwiegend trockener Witterung lag anlässlich der Begehung auf der Mooroberfläche oder unmittelbar darunter manchenorts Wasser. Diese Feststellung gilt insbesondere auch für ufer- und grabennahe Partien, obwohl zwischen den entsprechenden Flächen und dem See- bzw. Grabenwasserspiegel ein Wasserspiegelgefälle von teilweise mehr als 0.5 m bestanden hat.
- Die Vermutung, dass es sich beim vorwiegend in lokalen Senken sowie auf ebener Moorflächen liegenden Wasser um Staunässe handelt, wurde während der Begehung mit punktuellen händischen Profilbohrungen untermauert. Entlang des abgelaufenen Wegs wurden in den entsprechenden Flächen und über das übrige Moor verteilt insgesamt etwa 10 Profile abgebohrt. Bis zu einer Tiefe von etwa 1.25 m wurden mit den Bohrungen praktisch durchgehend gering durchlässige, tonig-lehmige Bodenschichten angetroffen. Die Feststellung, dass zumindest die untiefen aus dem Moor zum See entwässernden Gräben am 4.12. trotz hohem Moorwasserspiegel kaum Abflüsse zeigten, bildet einen weiteren deutlichen Hinweis darauf, dass die obersten Bodenschichten im Gebiet nur eine stark beschränkte hydraulische Durchlässigkeit haben.

Über die obigen Erläuterungen zusammengefasst, ergeben sich aus der gutachterlichen Begehung der Weissenau deutliche Hinweise darauf, dass der Moorwasserhaushalt bis nahe ans Seeufer stark stauwassergeprägt ist. Oberflächennahe, den Wurzelraum der meisten moortypischen Pflanzenarten beeinflussende seitliche Wasserverlagerungen sind unter solchen Verhältnissen von untergeordneter Bedeutung. Der Moorwasserhaushalt würde hauptsächlich vom Witterungsgeschehen sowie von Wasserverlagerungen, welche über der Bodenoberfläche erfolgen geprägt.

Ein für den Moorwasserhaushalt – bzw. den Wasserhaushalt der oberflächennahen Schichten – massgeblicher unterirdischer Einfluss der Seestände setzt bei wenig durchlässigen oberflächennahen Schichten, im Unterboden des Moores vorhanden, hydraulisch mit dem See verzahnte stärker durchlässige, sandige bis kiesige Schichten voraus. Gemäss den Abklärungen von Kellerhals und Häfeli sind entsprechende Verhältnisse entlang der Uferzone im Gebiet Weissenau allenfalls abschnittsweise und mit einer hydraulischen Wirkungstiefe von vom Ufer maximal bis etwa 40 m ins Moor hinein anzunehmen. Die Beobachtung, dass am 4.12., bei vorangehend trockener Witterung und deutlich tieferen Seeständen im Nahbereich des Ufers an verschiedenen Stellen offenes Wasser auf der Mooroberfläche lag, deutet auf eher geringeren Seespiegeleinfluss hin. Angesichts der vom 21. bis 24.11 in Interlaken verzeichneten hohen Niederschlagssummen (s.o) und der jahreszeitlich geringen Verdunstung deuten die am 4.12. im Moorinnern beobachteten geringen Abflüsse der Entwässerungsgräben im Moor aber auch nicht auf einen nachhaltigen, stärkeren Grund- oder Hangwassereinfluss hin. Aufgrund der relativ tiefen, quer zur Fallrichtung des Geländes an der hangseitigen Grenze zum Golfplatz vorhandenen Gräben und Gewässer sowie aufgrund des hangseitig anschliessenden, ehemals vermoorten und heute vermutlich drainierten Golfplatzareals selbst ist anzunehmen, dass ein allfälliger von Norden oder Nordosten dem Moor zufließender Sickerwasserstrom das Moor heute nicht mehr oder nur noch in bescheidenem Ausmass erreicht.

Unter der oben begründeten Annahme, dass der Moorwasserhaushalt im Gebiet Weissenau auf dem überwiegenden Teil des Moores hauptsächlich vom Niederschlagsgeschehen und von Wasserumlagerungen auf der Mooroberfläche geprägt ist, ergibt sich eine Beeinflussung des Moores durch das neue Betriebsreglement vorwiegend daraus, dass entlang der Uferzone und entlang von Entwässerungsgräben, die bei hohen Seeständen vom See her überstaut oder zurück gestaut werden, die Häufigkeit und das Ausmass von Überstauungen künftig abnehmen wird. Die von der geplanten Seespiegelregulierung dadurch direkt betroffenen Flächen können

auf der Basis eines ausreichend genauen Terrainmodells (s. unten) und anhand der für die Beispieljahre 1999 bis 2005 modellierten Seespiegelverläufe mit und ohne neues Betriebsreglement in ihrer räumlichen Lage und Ausdehnung relativ genau bestimmt werden. Das Monitoring von möglichen biotischen Veränderungen sollte – von der Überwachung von nicht beeinflussten Kontrollflächen abgesehen – räumlich vorwiegend auf diesen Flächen erfolgen.

Die Wahrscheinlichkeit und das Ausmass von indirekten, über tiefer liegende, durchlässige Bodenschichten ins Moor hinein getragenen hydrologischen Auswirkungen des neuen Betriebsreglements werden für die Weissenau als demgegenüber gering eingeschätzt. Den Angaben von Kellerhals + Häfeli, wonach ein solcher indirekter Einfluss entlang dem Ufer nur abschnittsweise und in einer Wirkungsbreite von maximal etwa 40 m vom Seeufer ins Moor hinein zu erwarten ist, stehen eigene Beobachtungen und Einschätzungen gegenüber, wonach diese Auswirkungen eher geringer anzunehmen sind. Dem gegenüber geht das Gutachten der WSL von weit und flächig ins Moor hinein reichenden Auswirkungen des neuen Betriebsreglements aus. Dies auf der Basis von Korrelationsanalysen sowie der Annahme, dass die von Kellerhals + Häfeli in einer Tiefe von 1 bis 3 m unter Terrain gemessenen Grundwasserstände mit dem Moorwasserspiegel identisch sind.

Die weite Spanne und die Ungenauigkeit der Prognosen über die mit dem neuen Betriebsreglement verbundenen indirekten Auswirkungen, haben ihre Ursache hauptsächlich darin, dass unklar ist ob, in welchem Ausmass und ggf. auch an welchen Messstellen die von Kellerhals + Häfeli gemessenen Grundwasserspiegel tatsächlich den für das Moor massgeblichen oberflächennahen Wasserspiegeln entsprechen. Die in 1 bis 3 m unter der Terrainoberfläche perforierten Piezorohre schliessen den Hauptwurzelraum der meisten Moorpflanzen aus. Das räumlich vorwiegend auf die Entwässerungsgräben und die Moorrundzonen konzentrierte Messkonzept und die geringe Häufigkeit der Erhebungen erschweren raumbezogen verlässlichere und quantitativ genauere Aussagen. Falls genauere Aussagen über die indirekten Auswirkungen des neuen Betriebsreglements auf den Moorwasserhaushalt erforderlich sind, müssten Wasserspiegelaufzeichnungen an einem Messnetz, das mit untiefen und engen moorhydrologischen Piezorohren erweitert und zumindest teilweise auch mit kontinuierlich aufzeichnenden Drucksonden ausgerüstet ist, erfolgen. Neue moorhydrologische und mit Drucksonden ausgerüstete Messstellen müssten vor allem in ufernahen Moorflächen, wo ein indirekter Einfluss von tieferen Seeständen am stärksten zum Ausdruck kommen sollte, entlang von vom Ufer ins Moor hinein verlaufenden Transekten eingerichtet werden. In einer reduzierten Variante liesse sich mit einigen wenigen, mit automatischen Drucksonden bestückten Messstellen zumindest der grosse Widerspruch in den Beurteilungen der WSL einerseits sowie den Aussagen von Kellerhals + Häfeli und der eigenen Einschätzung andererseits klären.

Unabhängig davon, ob Messungen an einem gemäss den obigen Angaben umgebauten Messkonzept für verlässlichere Prognosen über die moorhydrologischen Auswirkungen des neuen Betriebsreglements noch durchgeführt werden, wird im Hinblick auf das Monitoring empfohlen, einen entsprechenden Umbau des Messnetzes rechtzeitig vorzunehmen. Auf der Grundlage der bisherigen, das bezüglich Witterungsgeschehen eher aussergewöhnliche Jahr 2007 abdeckenden, zeitlich wenig verdichteten Messreihen liessen sich wohl auch dann, wenn die gemessenen Grundwasserstände mit den Moorwasserspiegeln identisch wären, keine auch nur einigermaßen verlässliche Aussagen über die Auswirkungen des neuen Reglements machen. Solche Aussagen sind dann, wenn mit im Monitoring anfallende Ergebnisse von biotischen Erhebungen mit Bezug zum neuen Betriebsreglement gewertet werden müssen massgeblich, weil die Bestände von moortypischen oder an Wasser gebundenen Pflanzen und Tiere auf viele weitere, mit der Seespiegelregulierung nicht zusammenhängende Umweltfaktoren reagieren.

## **2.2 Gwattlischenmoos**

Das Gwattlischenmoos konnte im Rahmen der Begehung vom 4.12.08 aus Zeitgründen nur noch randlich begangen werden. Gemäss den bereits vorhandenen Grundlagen und aus den bei der Begehung gewonnenen Erkenntnissen ergibt sich die moorhydrologische Situation wie folgt:

- Die Moorflächen liegen relativ zum See und den Spiegelschwankungen im Gwattlischenmoos deutlich tiefer als in der Weissenau. Die Bodenoberfläche scheint im Gwattlischenmoos vom Seeufer weiter landeinwärts auf grossen Strecken nur langsam anzusteigen. Allenfalls sind hinter der Uferlinie gar tiefer liegende flache Senken ausgebildet. Am landseitigen Moorrund steigt das Gelände im Süden und Westen ziemlich abrupt und deutlich an. Grund hierfür ist eine anschliessende künstliche Auffüllung.
- Die Vegetation des Moores deutet in ihrem Artenbestand und mit ihrem weit ins Moor hinein reichenden bultigen Wuchs darauf hin, dass der Wasserhaushalt des Moores auf wesentlichen Flächenanteilen von häufig bis gelegentlich erfolgendem Überstau mit Seewasser geprägt ist. Überwiegend oder dauernd vom Seewasserspiegel stärker abgekoppelte Moorflächen finden sich auf dem besichtigten Moorabschnitt lediglich auf einem schmalen Streifen beim Übergang von der Moorebene zur Auffüllung.
- Zwei bis drei anlässlich der Gebietsbegehung am landseitigen Rand des Moores abgeteufte Profilbohrungen zeigten unter einer geringmächtigen Torfauflagen im obersten Meter vorwiegend tonige bis schluffige Schichten, teilweise aber auch Horizonte mit grösserem Sandanteil.
- Das Gwattlischenmoos wird von 3 vom Land zum See laufenden Gräben/Bächen durchzogen. Gemäss den Untersuchungen von Kellerhals + Häfeli entspricht der Wasserspiegel des südlichsten Grabens (Kanals) durchgehend demjenigen des Sees. Im zentral verlaufenden, hangseitig teilweise verwachsenen Graben ergibt sich bei tiefen Seespiegeln (unter ca. 557.60 m ü.M.) auf dem landseitig obersten Abschnitt ein Gefälle vom Graben zum See. Bei höheren Seeständen erreicht der Seespiegel auch den obersten verwachsenen Grabenabschnitt und die Wasserstände gleichen sich an. Der zentral durchs Moor verlaufende Graben führt gemäss Übersichtsplan Drainagewasser aus der hangseitigen Schüttung zum See. Der Bach im Norden wird gemäss Kellerhals + Häfeli im Moorbereich vom See bereits auf Koten von höher als 557.40 m ü.M. zurück gestaut. Von weiter landeinwärts und ausserhalb des Moores (Messstelle A39) kann der Bach aber je nach Wasseranfall aber auch bei höheren Seeständen noch ein Wasserspiegelgefälle zum See aufweisen.

Mit Bezug zu den erwarteten moorhydrologischen Auswirkungen der neuen Seespiegelregulierung geht die WSL davon aus, dass der Wasserhaushalt im Gwattlischenmoos überwiegend vom Seespiegel – und stärker als in der Weissenau auch von direktem Seewassereinfluss durch Überstau geprägt ist. Die WSL basiert diese Aussagen auf der engen Korrelation zwischen den gemessenen Grundwasser- und Seeständen sowie auf der vergleichenden Analyse eines nicht genauer spezifizierten Terrainmodells mit den Seespiegelschwankungen. Für die Aussagen der WSL ist massgeblich, dass das verwendete Terrainmodell (Lidardaten der swisstopo) verlässlich und ausreichend genau ist. Im Zusammenhang mit der Beurteilung der Auswirkungen des neuen Betriebsreglements müsste das Modell bezüglich der absoluten Höhe eine Genauigkeit von besser als 5 bis 10 cm haben.

Der Bericht von Kellerhals + Häfeli geht auf mögliche direkte, durch Überstau von Seewasser im Moor bewirkte Beeinflussung des Moorwasserhaushalts nicht ein. Im Zusammenhang mit möglichen Einflüssen der neuen Seespiegelregulation auf den Moorwasserhaushalt gibt der Bericht vorwiegend Angaben und Hinweise über zu möglichen indirekten, über die Bodenschichten ins Moor hinein sich ergebenden Auswirkungen. Entsprechend der vorwiegend auf den Nahbereich der Gräben und Bäche ausgelegten Messanordnung sind über diesen Bereich hinaus gehende, den Wasserhaushalt des übrigen Moores und der ufernahen Zonen betreffende Aussagen aus den Daten nicht abzuleiten. Dasselbe gilt auch für den Einfluss von hangseits allenfalls dem Moor zusickerndem oder aus dem Moor absickerndem Grundwasser sowie für den Einfluss, den die Witterung auf den Wasserhaushalt im Moorinnern hat. Der entlang den Gräben und Bächen teilweise vom Seespiegel beeinflusste Moorbereich wird im Bericht von Kellerhals + Häfeli mit einer Breite von bis zu mehreren zehn Metern angegeben.

Über alle vorhandenen Grundlagen und Beobachtungen zusammengefasst, ist auf dem aktuellen Stand der Erkenntnisse für den überwiegenden Teil des Moores ein vorwiegend von direkten Einflüssen der Witterung sowie von periodischen bis gelegentlichen Überstauungen des

Sees geprägter Wasserhaushalt anzunehmen. Die am Moorrand und im weiteren landseitigen Umfeld des Moores an den Grundwassermessstellen erfassten Pegelstände geben Hinweise darauf, dass der landseitige Moorrand allenfalls auch von Sickerwasserzu- oder -abströmungen ins Grundwasser mit beeinflusst ist. Gemäss den Pegelmessungen von Kellerhals + Häfeli dürfte die Wirkungsbreite dieser Einflüsse im Moor aber eine eher schmale hangseitige Randzone beschränkt sein.

Wie oben erläutert, ist für die Beurteilung des Moores durch Überstauungen ein ausreichend genaues und verlässliches Terrainmodell der Mooroberfläche wesentlich. Dies deshalb, weil die modellierten, mit dem neuen Betriebsreglement zu erwartenden Veränderungen im Seespiegelverlauf vorwiegend Höhenkoten betreffen, welche gemäss Lidardaten der swisstopo mit den topografisch tief liegenden Flächen im Gwattlichenmoos in etwa übereinstimmen. Die Höhen Genauigkeit der Lidardaten wird von der swisstopo selbst mit zwischen ca. 0.3 und 0.5 m angegeben, wobei anlässlich der Vermessungen auf Bodenoberflächen liegendes Wasser und offene Wasserflächen aus technischen Gründen zu Fehlmessungen führen. Die Lidardaten der swisstopo wurden an eigenen Vermessungen im Kanton Zürich und in umliegenden Kantonen bereits in verschiedenen Mooregebieten mit terrestrischen Vermessungen überprüft. Die Lidardaten stellten sich dabei als oft genauer als von der swisstopo angegeben dar. Höhenabweichungen von mindestens +/- 5 bis +/-10 cm wurden aber häufig festgestellt, und in ebenen, beim Vermessungsflug potenziell mit liegendem Wasser überdeckten Moorbereichen waren die Lidardaten für genauere moorhydrologische Beurteilungen öfters nicht zu gebrauchen. Weil die im projekteigenen Höhenstufenmodell und von der WSL verarbeiteten Lidardaten gemäss eigenen Erkundigungen mit terrestrischen Vermessungen bisher nicht überprüft worden sind und aufgrund des Terrainverlaufs auch nicht auszuschliessen ist, dass zumindest auf Teilflächen des Moores beim Vermessungsflug von wasserüberdeckt waren, sollte das bestehende Modell moorhydrologisch mit der entsprechenden Vorsicht angewendet werden. Eine für die Beurteilung von moorhydrologischen Auswirkungen der Seespiegelregulierung ausreichende Genauigkeit darf vom Modell unter diesen Voraussetzungen nicht ohne Überprüfung angenommen werden. Die Lidardaten sollten für das Gwattlichenmoos zumindest an den 2007 photogrammetrisch im Moor erhobenen Terraindaten oder anhand von terrestrischen Vermessungen auf ihre Genauigkeit überprüft werden.

Die an den Grabenschultern und am hangseitigen Moorrand von Kellerhals + Häfeli festgestellten, teilweise über und teilweise unter dem See- bzw. Grabenwasserspiegel liegenden Grundwasserstände sind zumindest teilweise vermutlich witterungsbedingt. Anfangs Juni oder gegen Ende Juli 07 wurden an den entsprechenden Piezorohren Wasserspiegel gemessen, welche nach vorangehend starken Niederschlägen über den See- und Grabenwasserspiegeln gelegen hatten. Für die weniger dem entwässernden und zuweilen auch wasserspeisenden Einfluss von Gräben und dem Seeufer ausgesetzten Flächen im Moorinnern ist anzunehmen, dass witterungsbedingte Wasserspiegelschwankungen noch stärker zum Tragen kommen. Bei nicht mit Seewasser überstautem Zustand ist ausgehend vom Seeufer und den mit dem See hydraulisch verbundenen Grabenpartien ins Moorinnere deshalb mit einer zunehmenden Abkoppelung des Moorwasserhaushalts vom Seespiegel zu rechnen. Die Wirkungsbreite auf welcher der Seespiegel entlang den Gräben und insbesondere auch entlang der Seeuferlinie den Moorwasserhaushalt massgeblich (d.h. stärker als die Witterung) beeinflusst, kann genauer als mit den bisherigen Messungen nur an Pegeltransekten ermittelt werden, welche moorseits der Gräben und des Seeufers aus mehr als einer Messstelle bestehen. Weil für die Erfassung (und Abrennung) des Witterungseinflusses eine zeitlich hohe Messintensität erforderlich ist, können entsprechende Daten effizient nur mit Hilfe von automatisch registrierenden Drucksonden erhoben werden. Bei einem entsprechenden Umbau des Messnetzes ist analog zu den Schlussfolgerungen für die Weissenau darauf zu achten, dass Messungen, welche mit Bezug zum Moorwasserhaushalt durchgeführt werden, in entsprechend untiefen und engen Piezorohren erfolgen. Weil indirekte, bei mittleren bis unterdurchschnittlichen Seespiegeln über den Boden sich ins Moor hinein auswirkende Einflüsse des neuen Betriebsreglements auf das Moor nicht nur entlang der vorhandenen Gräben sondern v.a. auch entlang dem Seeufer zu erwarten sind, sollten entsprechende Messtransekte auch die bisher nicht erfassten ufernahen Moorbereiche abdecken.

Für das Monitoring der moorhydrologischen Auswirkungen des neuen Betriebsreglements gelten bezüglich des oben vorgeschlagenen Umbaus des Messnetzes sowie der Bestückung der Messstellen mit automatischen Drucksonden grundsätzlich dieselben Empfehlungen.

### **2.3 Seeallmend**

Das Gebiet Seeallmend wurde am 4.12.08 nicht besucht. Gemäss Terrainmodell der swisstopo liegt die Mooroberfläche etwas höher als diejenige des Gwattlischenmoos. Die Mooroberfläche läge damit in einem Höhenbereich, welcher bezüglich direktem Überstau mit Seewasser vom neuen Betriebsreglement deutlich weniger häufig betroffen wäre. Vor diesem Hintergrund ist anzunehmen, dass Auswirkungen des neuen Betriebsreglements auf den Moorwasserhaushalt der Seeallmend sich vorwiegend daraus ergeben, dass die künftig tiefer liegenden Seestände die ufernahen Partien stärker drainieren. Dabei gilt, wie für das Gwattlischenmoos, dass mit zunehmender Entfernung vom Seeufer vor allem in der Vegetationszeit (Evapotranspiration) grundsätzlich mit einer Abnahme des Seespiegeleinflusses und einem zunehmenden Witterungseinfluss zu rechnen ist. Die Frage, wie weit ein massgeblicher moorhydrologischer Einfluss von künftig etwas tiefer liegenden Seeständen sich ins Moorinnere hinein auswirken würde, kann anhand der aufgezeichneten Grundwasserspiegel kaum beantwortet werden. Wie für die Uferzone des Gwattlischenmoos bereits beschrieben, bedürfte es hierfür vom Seeufer ins Moor hineinziehende Messtransekte mit untief gesetzten engen Pegelrohren. Damit der weiter landseitig zu erwartende zunehmende Witterungseinfluss mit den Messungen erfasst, und der Übergang von seespiegelgeprägten zu stärker oder überwiegend witterungsgeprägten Moorwasserständen ermittelt werden kann, müssten die Messstellen mit automatischen Drucksonden ausgerüstet werden.

Bei den im Gebiet bisher aufgezeichneten, vergleichsweise tiefen Grundwasserständen ist fraglich, ob diese für das Moor charakteristische Wasserspiegel erfassen.

## **3. Monitoring-Erhebungen**

Eine erste Beurteilung und Empfehlungen zur erhaltenen Tabellenübersicht über mögliche oder geplanten Monitoring- Erhebungen ergeben sich wie folgt:

- Gemäss Tabellenübersicht sind für das Monitoring verschiedene vegetationskundliche, floristische, faunistische und abiotische Monitoring-Erhebungen geplant. Die unmittelbaren und direkten Auswirkung der neuen Seespiegelregulation auf die Moore und deren Lebensgemeinschaften sind hydrologischer – und langfristig allenfalls auch wasserchemischer – Natur (s. hierzu [1]). Daraus ergibt sich, dass der für die Erfassung von seespiegelbedingten Veränderungen für alle weiteren biotischen Erhebungen und die Interpretation der Ergebnisse massgebliche Faktor „Moorwasserhaushalt“ ausreichend genau erfasst wird. Die Forderungen, dies sich hinsichtlich Messanordnung und Messausrüstung für die drei betroffenen Moore daraus ergeben, sind in den vorangehenden Kapiteln 2.1 - 2.3 bereits erläutert.
- Weil aufgrund der bisherigen Abklärungen zur Zeit noch unklar ist, auf welchen Flächen, in welchem Ausmass und von welcher Art (tiefere Moorbodenwasserspiegel, geringerer oder weniger häufiger Überstau mit Seewasser) sich die hydrologischen Auswirkungen ergeben, setzt ein gezieltes moorhydrologisches (und biotisches) Monitoringkonzept voraus, dass in den zu überwachenden Mooren Flächen mit erwarteten deutlichen Auswirkungen von solchen ohne (oder mit nur gering erwarteten) hydrologischen Auswirkungen getrennt werden. Standortsgebundene Untersuchungen (Wasserspiegelaufzeichnungen, Erhebungen der Vegetation und allenfalls auch von wenig mobilen Tierarten) sollten im Rahmen des Monitorings primär auf die potenziell stark von den Wasserspiegelveränderungen betroffenen Flächen konzentriert werden. Im Ausgangszustand ähnliche, von den hydrologischen Veränderungen aber nicht oder kaum betroffene Flächen sollten als Kontrollflächen (Nullproben) genutzt werden.

- Vollflächige Erhebungen machen in den Mooren vor allem dann bzw. dort Sinn, wo der Wirkungsbereich der neuen Seespiegelregulierung auf der Basis des bestehenden Wissens nicht genauer eingegrenzt werden kann. Angesichts der erwarteten, auf den meisten Flächen wohl eher geringfügigen und schleichenden Veränderungen stellt sich dabei aber die Frage, ob die angewendete Methode für die Erfassung von entsprechenden Veränderungen ausreichend präzise ist. Für den Fall von vollflächigen oder grosse Flächen abdeckende Monitoring-Erhebungen wird empfohlen, die entsprechenden Erhebungen mit stichprobenartigen kleinflächigen und genaueren Aufnahmen zu ergänzen.
- Die biotischen Erhebungsinhalte des Monitorings sind darauf auszurichten, dass sie einen möglichst direkten, einfach nachvollziehbaren und massgeblichen Zusammenhang mit den von der Seespiegelregulierung primär beeinflussten Umweltfaktoren haben. D.h. dass in der Seeuferzone gezielt Arten oder Artengruppen überwacht werden, welche auf Seespiegelschwankungen empfindlich reagieren. Landeinwärts bzw. im Moorinnern wären entsprechend Arten oder Artengruppen zu wählen, welche auf ausbleibenden Überstau mit Seewasser oder auf tiefere Moorbodenwasserspiegel anfällig sind.
- Es ist darauf zu achten, dass der Ausgangszustand und die Variabilität desselben mit den geplanten Erhebungsmethoden noch vor der Umsetzung der Seespiegelregulierung ausreichend genau erfasst werden kann. Falls innerhalb von beobachteten Mooren und zu beobachtenden Flächen Ersatz- oder Aufwertungsmassnahmen geplant sind, sollten die entsprechenden Flächen zum Vornherein aus dem Monitoring der Seespiegelregulierung ausgeklammert werden. Stattdessen kann/soll ein gezielt auf diese Flächen und die Ziele der Ersatzmassnahmen ausgerichtetes Monitoring geplant werden. Bei stark mobilen Arten ist zu berücksichtigen, dass sich Auswirkungen der Ersatzmassnahmen auch in die umliegenden Flächen hinein ergeben können und sich als Folge davon die Auswirkungen der Seespiegelregulierung von denjenigen der Ersatzmassnahmen eventuell überlagern.
- Im Zusammenhang mit dem besonderen oder herausragenden Wert von speziellen in den betroffenen Gebieten vorhandenen Arten ist ein Monitoring dieser Bestände als Sicherheitsmassnahme allenfalls auch dann angezeigt, wenn sich die Bestände nicht im erwarteten Hauptwirkungsbereich der Seespiegelregulierung finden. Falls die entsprechenden Arten oder Bestände nur in geringer Zahl vertreten sind oder die Gefahr besteht, dass allfällige negative Einflüsse der Seespiegelregulierung auf die entsprechenden Bestände mit wenig intensiven Erhebungsmethoden zu spät erkannt wird, ist für das Monitoring der entsprechenden Arten / Bestände auch der Einbezug von Vitalitätsanalysen zu erwägen.

### **3. Zusammenfassung, weiteres Vorgehen**

Die auf den direkten Kontaktbereich zwischen See/Seewasser und Land bzw. Moor bezogenen Auswirkungen des neuen Betriebsreglements sind bezüglich Ausmass, Lage und Ausdehnung der entsprechenden Flächen noch unklar oder es liegen darüber zumindest verschiedene Einschätzungen vor. Das selbe gilt auch für indirekte, über stärkere Drainage von ufer- und grabennahen Zonen ins Moor hinein sich ergebenden Auswirkungen des neuen Betriebsreglements.

Die bestehenden Grundlagen sind für moorhydrologisch genauere, flächenbezogene Aussagen und Beurteilungen aus den in den Kapiteln 2.1 bis 2.3 beschriebenen Gründen nicht ausreichend adäquat (Grundwassermessungen) oder die erforderliche Genauigkeit der Erhebungen ist fraglich, ggf. sogar nicht gegeben (Terrainmodelle). Die für genauere moorhydrologische Aussagen über den erwarteten Einfluss des Betriebsreglements erforderlichen Zusatzabklärungen ergeben sich für die beurteilten Mooregebiete leicht abweichend. Im Mooregebiet Weissenau liegen die Prioritäten bei Wasserspiegelaufzeichnungen auf Transekten, welche vom Seeufer sich ins Mooregebiet hinein erstrecken. Im Vergleich zu den bisherigen Messungen an „tief“ unter der Mooroberfläche perforierten Rohren sollten entsprechende Messungen an untiefen, engen Messrohren und mit automatisch (stündlich) registrierenden Drucksonden erfolgen. Ergänzend dazu ist sollte das auf Lidardaten beruhende Terrainmodell im Moorinnern auf tief liegenden

über die bestehenden Gräben periodisch allenfalls vom Seespiegel gefluteten oder zurück gestauten Flächen allenfalls mit terrestrischen Vermessungen verifiziert werden. Zuvor aber wäre abzuklären, ob die Verifikation des Lidar-Terrainmodells nicht anhand von bereits anderweitig erfolgten Vermessungen oder Terrainmodellen (Photogrammetrie) geprüft werden kann.

Im Gwattlischenmoos hat die Überprüfung des Terrainmodells gemäss aktueller Einschätzung Vorrang gegenüber den Wasserspiegelaufzeichnungen. Dies unter der Annahme, dass weite Teile des Moores wie aufgrund der Lidardaten anzunehmen sich tatsächlich auf Höhenkoten befinden, auf welchen sie vergleichsweise häufige oder zumindest periodisch vom See her überstaut sind. Sollten die Moorflächen höher als im Lidar-Terrainmodell liegen oder auch die indirekten, von den künftig tiefer liegenden Seespiegel ins Moor hinein sich ergebenden drainierenden Effekte genauer abgegrenzt werden, so müssten ergänzend auch Wasserspiegelaufzeichnungen an neu einzurichtenden, mit automatischen Drucksonden auszustattenden, untiefen Messspiezos durchgeführt werden. Weil gemäss Auskünften der Firmen Perrinjaquet/Flotron für die ufernahe Zone des Moores zusätzlich zum den Lidardaten auf ein photogrammetrisch erhobenes Modell sowie punktuell dafür erhobene terrestrische Vermessungsdaten vorliegen, sollte das Lidarmodell zunächst an diesen bereits vorhandenen Daten überprüft werden.

Im Hinblick auf das Monitoring der Auswirkungen des neuen Betriebsreglements ist wesentlich, dass für die Erfassung der moorhydrologischen Auswirkungen das bestehende Messkonzept auf die moorhydrologischen Ansprüche und die Erfordernisse welche sich moor- und flächenbezogen aus den Zielsetzungen des Monitorings ergeben, angepasst wird. Die Anordnung der Messstellen ist innerhalb der Moore auf Flächen zu konzentrieren, für welche massgebliche hydrologische Auswirkungen des neuen Betriebsreglements erwartet werden. Dort wo für das Monitoring des neuen Betriebsreglements nicht primär die Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel sondern die moorhydrologischen Auswirkungen im Vordergrund stehen, sollen die Messungen vorwiegend an untiefen, den Hauptwurzelraum der Moorpflanzen erschliessenden Messrohren und mit automatischen Drucksonden erfolgen.

Die in der Tabellenübersicht aufgeführten Erhebungsinhalte sollten in der weiteren Evaluation der Erhebungen bezüglich der Empfehlungen von Kapitel 3 weiter auf ihre Zielausrichtung und Effizienz zu prüfen. Unter anderem ist dabei insbesondere auch darauf zu achten, dass der Ausgangszustand und seine Variabilität rechtzeitig und ausreichend genau erhoben werden.

R. Haab

Dipl. Natw. ETH

Sulzbach, 13.1. 09

- [1] WSL, 2007: Kurzgutachten betreffend den Einfluss des Thunerseespiegels auf die anliegenden Flachmoore Weissenau, Gwattlischenmoos und Seeallmend. Birmensdorf. 9 S. und Anhang.
- [2] Kellerhans + Haefeli AG, 2008: UVB Stollen Thunersee, Wasserspiegelmessungen Thunersee. Bern. 6 S. und Anhang.
- [3] IG TSA, 2008: Hochwasserschutz Thunersee: Erläuterungsbericht zum Betriebsreglement und zur geänderten Seestand-Abfluss-Beziehung. 55 S. und Anhang.