

Konsequenzen aus ersten Hochmoor-Regenerationsprojekten im Kanton Zürich:

Konzeption und Umsetzung eines kantonalen Regenerations-Programmes

Roland HAAB* und Xaver JUTZ

Gliederung

1. Erfahrungen und Schlussfolgerungen aus ersten Projekten im Kanton Zürich (1980-96)

- 1.1 Den Einzelprojekten übergeordnete Planungen und Mittelzuweisung
- 1.2 Planung und Projektmanagement auf der Ebene von Einzelprojekten
- 1.3 Inhalt und Umfang von regenerationspezifischen Vor- und Detailuntersuchungen
- 1.4 Planung, Begleitung und Nachkontrolle der baulichen Maßnahmen
- 1.5 Konzeption, Inhalte und Effizienz von Wirkungskontrollen

2. Grundzüge und Inhalte des Hochmoor-Regenerationsprogrammes (seit 1998)

- 2.1 Gegenstand und Zielsetzungen des Regenerationsprogrammes
- 2.2 Gliederung und wichtigste Arbeitsinhalte des Hochmoor-Regenerationsprogrammes
- 2.3 Prioritätenliste für das Hochmoor-Regenerationsprogramm
- 2.4 Grundlagenerhebungen und Massnahmenprojektierung
- 2.5 Erfolgs- und Wirkungskontrollen
- 2.6 Finanzen

Zusammenfassung

1. Erfahrungen und Schlussfolgerungen aus ersten Projekten im Kanton Zürich (1980-96)

Ausgehend vom Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich hat sich die kantonale Naturschutzfachstelle neu organisiert. Nachdem die administrative Leitung von Hochmoor-Regenerationsprojekten zuvor bei verschiedenen Mitarbeitern lag, fiel sie nach der Reorganisation und der Einführung von kantonalen Schwerpunktthemen in die Zuständigkeit von nur noch einer Person. Diese sollte sich künftig vermehrt und intensiver mit den bestehenden und insbesondere auch mit zusätzlichen neuen Regenerationsprojekten auseinandersetzen. Die Fachstelle erteilte aus diesem Anlass den Auftrag, die Erfahrungen aus den ersten 6 Projekten auszuwerten, und daraus Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die geplanten weiteren Projekte darzustellen. Die Beurteilung der ersten Projekte erfolgte nach projektübergreifend miteinander vergleichbaren administrativen, fachlichen und insbesondere auch finanziellen Krite-

rien. Sie beruht auf den in Tabelle 1 zusammengefassten Angaben über die wesentlichsten Inhalte, Merkmale und Kenngrößen der einzelnen Projekte.

Die wesentlichsten Inhalte und Merkmale der Projekte sind – nach Unterkapiteln gegliedert – unten erläutert. Die daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen und Empfehlungen sind, jeweils am Ende der Kapitel, in Rahmen dargestellt. Sie betreffen vor allem die folgenden Aspekte:

- Den Einzelprojekten übergeordnete kantonale Planung und Mittelzuweisung;
- Planung und das Projektmanagement auf Ebene der Einzelprojekte;
- Inhalt und Umfang der regenerationspezifischen Vor- und Detailuntersuchungen;
- Planung, Begleitung und Nachkontrolle der baulichen Maßnahmen;
- Konzeption, Inhalte und Effizienz der Wirkungskontrollen.

1.1 Den Einzelprojekten übergeordnete Planung und Mittelzuweisung

Im Kanton Zürich finden sich 30 Hochmoorobjekte von nationaler Bedeutung, mit einer Hochmoorfläche von insgesamt etwa 50 ha. Alle kantonalzürcherischen Hochmoore sind hydrologisch erheblich beeinträchtigt. Aufgrund des starken Rückgangs, der Seltenheit und insbesondere auch aufgrund der langen Zeitdauer für die Entstehung (und Wiederherstellung) dieser Lebensräume weist das kantonale Naturschutz-Gesamtkonzept Regenerationsmaßnahmen höchste Priorität zu.

Im Zeitraum von 1980 bis 1996 wurden im Kanton Zürich in vier Hochmoorobjekten Regenerationsmaßnahmen abgeschlossen. Zwei weitere Projekte befanden sich zum Zeitpunkt der Beurteilung auf dem Stand von Vorprojekten. Der Gesamtaufwand lag, per Ende 1998, bei sFr. 706.000.-. Davon entfielen sFr. 184.000.- (26 Prozent) auf die Wirkungskontrolle in den vier bereits umgesetzten Projekten. Drei Viertel des Gesamtaufwands für die Wirkungskontrolle entfielen auf ein einziges Regenerationsprojekt, wo bereits seit 10 Jahren umfangreiche jährliche Vegetationsaufnahmen durchgeführt wurden. Dabei

* Vortrag auf der ANL-Fachtagung „Erfolgskontrollen im Naturschutz: Moore“ am 21./22. November 2002

war abzusehen, dass der Aufwand für die Wirkungskontrolle in den Folgejahren – ohne entsprechende Korrekturen – rasch weiter ansteigen würde, weil die Erhebungen für einzelne Projekte erst begonnen hatten oder umfangreichere Datenauswertungen noch ausstehend waren (vgl. Tab 1).

Den Anlass für die Durchführung eines Regenerationsprojektes bildeten in vier von sechs Projekten hydrologische Eingriffe oder Anfragen von Eigentümern, verwachsene Gräben wieder auszuheben. Die Auswahl der zu regenerierenden Hochmoorobjekte war somit weitgehend zufällig. Dies hatte zur Folge, dass zwei von vier damals bereits realisierten Projekten – gemäss heute zur Verfügung stehenden Planungsgrundlagen – Objekte mit geringer Bedeutung, und insbesondere auch mit moorhydrologisch geringen Erfolgsaussichten betrafen. Die weitgehend zufällige Auswahl der Objekte hatte auch zur Folge, dass die Kosteneffizienz der Projekte sehr unterschiedlich war. Der Aufwand pro wiedervernässte Hektare Hochmoorfläche liegt, für die vier bereits realisierten Projekte, zwischen Fr. 125.000.- im günstigsten und Fr. 650.000.- im ungünstigsten Fall. Die Gründe für diese grosse Kostenspanne liegen in erster Linie bei den objektspezifisch sehr verschiedenen topographischen und moorhydrologischen Ausgangsbedingungen sowie der unterschiedlichen Größe der wiedervernässbaren Hochmoorfläche. Für die erst kürzlich – im Rahmen des heutigen Regenerationsprogrammes – realisierten Regenerationsprojekte liegt der entsprechende Aufwand – trotz umfangreicheren Vor- und Detailuntersuchungen – bei „nur“ noch etwa sFr. 40.000.- bis sFr. 50.000.-.

Schlussfolgerungen

- Hochmoor-Regenerationsprojekte sind im Kanton Zürich finanziell aufwendig. Die flächenbezogenen Wiedervernässungskosten wichen, für die ersten vier Projekte, um das 4- bis 15-fache voneinander ab. Angesichts dieser Verhältnisse kommt dem Erarbeiten einer auf moorhydrologischen Grundlagen und Kosten-/Wirkungsanalysen beruhenden Prioritätenliste bei der Auswahl der noch zu regenerierenden Hochmoorobjekte eine zentrale Bedeutung zu. Im Mittel der von 1980 bis 1996 umgesetzten Projekte lag der Aufwand für die Wiedervernässung von einer Hektare Hochmoorfläche bei rund sFr. 250.000.-. Im Vergleich dazu liegt der entsprechende Aufwand von erst kürzlich, im Rahmen des Regenerationsprogrammes realisierten Vorhaben bei noch etwa sFr. 40.000 bis sFr. 50.000. (Der Grund für die auch im Hochmoor-Regenerationsprogramm noch hohen flächenbezogenen Kosten haben vor allem damit zu tun, dass viele zürcherische Hochmoore auf sehr unterschiedliche Niveaus abgebaut sind, eine hohe Dichte an hydrologischen Beeinträchtigungen und oft maßgebliche Mineralstoffzuflüsse aus dem Umfeld aufweisen. Die erforderlichen Grund-

lagenuntersuchungen und Maßnahmen sind entsprechend komplex).

- Die Erfolgskontrollen für die ersten Projekte beanspruchten einen erheblichen Anteil der Projektkosten. In einem Fall lagen sie – noch bevor der zuständigen Behörde erste Zwischenergebnisse vorlagen – auf einer Höhe, welche die Kosten von Voruntersuchungen und baulichen Maßnahmen bereits deutlich überschritten hatte. Nach 10 Jahren Laufdauer entsprach der in diesem Projekt in Dauerbeobachtungsflächen investierte Betrag bereits der Hälfte der später für die Wirkungskontrolle im gesamten Regenerationsprogramm noch zur Verfügung stehenden Mittel. Die in die Erfolgskontrolle investierten Mittel müssen den Prioritäten der einzelnen Projekte entsprechend zugewiesen werden.

1.2 Planung und Projektmanagement auf der Ebene von Einzelprojekten

Die in Tabelle 1 für die Beurteilung der ersten Regenerationsprojekte zusammen gefassten Ergebnisse zeigen, dass die Aspekte „Projektplanung“ und „-verwaltung“ in einzelnen Projekten vernachlässigt wurden.

Wenn gelegentlich die Auffassung vertreten wird, Projektplanung und -konzeption seien zugunsten von Umsetzungen stärker zurück zu stellen, so mag dies teilweise zutreffen. Die Erfahrungen mit den von 1980 bis 1996 im Kanton Zürich bearbeiteten Projekten – sowie der Vergleich mit aktuellen Projekten des heutigen Regenerationsprogrammes – ergeben hier aber entgegengesetzte Schlussfolgerungen. Es ist wohl kein Zufall, dass gerade in jenem Objekt, mit den geringsten Grundlagenerhebungen und dem geringsten Dokumentationsgrad, eine räumlich stark überdimensionierte Wirkungskontrolle dazu führte, dass es mit Abstand am teuersten war. Im Rahmen des konzeptionell stark strukturierten Hochmoor-Regenerationsprogrammes können heute – trotz höherem Planungsaufwand – inhaltlich anspruchsvollere Projekte, mit vergleichbarer Flächenwirkung, bei wesentlich tieferen Kosten abgeschlossen werden.

Schlussfolgerungen

- Mit Ausnahme von einem erst kurz vor der Beurteilung begonnenen Regenerationsprojekt wiesen die ersten kantonalzürcherischen Projekte in den Aspekten „Projektplanung“ und „-verwaltung“ mehr oder weniger gewichtige Defizite auf. Diese führten, in mindestens 2 Fällen zu deutlichem – und aus heutiger Sicht unnötigem – Mehraufwand und teilweise auch zu qualitativen Einbußen.
- Finanziell aufwendige Projekte sollten erst in Angriff genommen werden, wenn dazu ein durchdachtes, alle wesentlichen Projektinhalte und Kontrollen abdeckendes Konzept mit Arbeitsinhalten und Kostenschätzungen vorliegt – das u.U. von einer fachkundigen Drittperson beurteilt worden ist. Für

Tabelle 1

Vergleichende Übersicht zu den Inhalten, Merkmalen und Kostenfolgen der ersten Hochmoor-Regenerationsprojekte im Kanton Zürich

	Projekt 1	Projekt 2	Projekt 3	Projekt 4	Projekt 5	Projekt 6
Anlass für Regenerationsprojekt	Grabenweiterung	Grabenunterhalt	Förderung Hochmoor	Erweiterung Torfsich	Schutzverordnung	Schutzzielkonflikte
Hochmoorfläche gemäss Bundesinventar	2,3 ha	0,7 ha	0,1 ha	0,2 ha	3,7 ha	4,0 ha
Grösse der wiedervermässigten Fläche	3 ha	1 ha	0,6 ha	2,3 ha		
Kostenübersicht:						
Gesamtkosten inklusive Wirkungskontrolle: (1)/(2)	287'000.-	169'000.-	65'000.-	26'000.-		
Gesamtkosten ohne Wirkungskontrolle	149'000.-	129'000.-	36'000.-	23'000.-		
- Kosten Vor- und Detailprojekt:	?	54'000.-	14'000.-	18'000.-		
- Kosten Vorprojekt	?	24'000.-	6'000.-	6'000.-	137'000.-	53'000.-
- Kosten Detailprojekt	?	30'000.-	8'000.-	12'000.-		
- Kosten bauliche und begleitende Massnahmen	149'000.-	75'000.-	22'000.-	5'000.-		
- Kosten Wirkungskontrolle: (1)/(2)	138'000.-	40'000.-	29'000.-	3'000.-		
- Kosten hydrologische Wirkungskontrolle (1)	0.-	12'000.-	5'000.-	3'000.-		
- Kosten vegetationskundliche Wirkungskontrolle (2)	138'000.-	28'000.-	24'000.-	0.-		
Vor- und Detailprojekt:						
Planung:						
- Untersuchungskonzept		(x)				x
- Termin- und Ablaufplanung						x
Arbeitsinhalte:						
- Abgrenzung / Wasserhaushalt Einzugsgebiet	*	x		x	x	x
- Nivellements Stauschicht / Bodenoberfläche	*	x	x	(x)*	x	x
- Früherer und aktuelle hydrologischer Eigriffe	(x)	x	x	x	x	x
- Wasserstände und -fließrichtungen im Moor		x	x	x	x	x
- Chemisch-physikalische Analyse Moorwasser		x	x	(x)*		
- Nivellements Hochmoorflächen / Bestimmung Staukoten	(x)	(x)	x	x		x
- Untersuchungen zur genauen Lage von Dämmen/Wehren	(x)	x	x	x		
- Abgrenzung maximaler Wiedervermässigungspereimeter	(x)	x	(x)	x	(x)	x
Wirkungskontrolle (WK):						
Planung:						
- Konzept	(x)	(x)				
- Termin- und Ablaufplanung		x				
Arbeitsinhalte:						
- Hydrologische Wirkungskontrolle		x	x		x	
- Hydrologisch-chemische Wirkungskontrolle		x	(x)			
- Vegetationskundliche Wirkungskontrolle		x	x			
Kosteneffizienz und Leistungen: (1)/(2)	Hagenholz	Hinwil	Rütiwald	Gurisee	Torfriet	Chrutzelen
Kosteneffizienz Gesamtprojekt:						
- Kosten pro ha Hochmoorfläche gem. Bundesinventar (inkl. WK)	125'000.-	241'000.-	650'000.-	130'000.-		
- Kosten pro ha wiedervermässigte Fläche (inkl. WK)	96'000.-	169'000.-	108'000.-	11'000.-		
Kostenanteil, Leistungen Vor- und Detailprojekt:						
- Kostenanteil Vor- und Detailprojekt an Gesamtkosten (ohne WK)	< 10 %	42 %	39 %	78 %		
- Anteil bearbeiteter Arbeitsinhalte gemäss Liste Arbeitsinhalte (oben)	38 %	100 %	88 %	88 %	63 %	88 %
Kosteneffizienz bauliche Massnahmen:						
- Anzahl erstellter (anfällig undichter) Wehr- und Dammbauten	3 (2)	5 (0)	1 (0)	0 (0)		
- Kostenanteil Nachbesserung unidichter Dämme an Erstellungskosten	20 %	0 %	0 %	0 %		
Kosteneffizienz, Leistungen Wirkungskontrolle (WK): (1)/(2)						
- Kostenanteil vegetations kundliche WK an Kosten Gesamtprojekt (1)	48 %	17 %	37 %	0 %		
- Kostenanteil hydrologische WK an Gesamtprojekt (1)	keine hydr. WK	7 %	8 %	12 %		
- Kosten WK pro ha wiedervermässigte Fläche (1)/(2)	46'000.-	40'000.-	48'000.-	1'300.-		
- Dauer von Einstau bis Abgabe erster veget.kundl. (hydr.) WK-Resultate	11 Jahre	3 bis 5, (2) Jahre	1, (1) Jahr	(1) Jahr		
Umfang / Kosteneffizienz Dokumentation Resultate:						
- Seitenzahl FNS-Dokumentation zu Resultaten Vor- / Detailprojekt	5	90	60	40	165	ca. 40 (Ende 1998)
- Seitenzahl FNS-Dokumentation zu Resultaten Wirkungskontrolle	0	40	ca.10 (Ende 1998)	6		
- Seitenzahl FNS-Dokumentation pro 10'000.- Projektkosten (inkl. WK)	0,2	8	15	21	12	8

Legende: (1) Kosten hydrologische WK bis Abschluss (inklusive Datenauswertung) (x) Im Rahmen des Projektes im Detail bearbeitet * Bei Projektbeginn lagen Resultate von Dritten vor
 (2) Kosten vegetationskundl. WK aufgerechnet auf 10 Jahre (ohne Datenauswertung) (x) Im Rahmen des Projektes nur grob bearbeitet

langfristig ausgelegte Wirkungskontrollen soll bereits vor dem Beginn eine Termin- und Ablaufplanung vorliegen. Diese soll vor allem auch darüber Auskunft geben, wann Zwischenergebnisse oder -berichte fällig sind. Die Einhaltung dieser Termine sollte vom Auftraggeber kontrolliert und eingefordert werden.

1.3 Inhalt und Umfang von regenerationspezifischen Vor- und Detailuntersuchungen

Bezüglich den Inhalten und dem Umfang von moorhydrologischen und massnahmenbezogenen Vor- und Detailabklärungen kann kein für jedes Objekt gültiger Standard bezeichnet werden. Je nach Ausgangslage sind im einen Fall diese, im anderen Fall wiederum andere Arbeitsinhalte stärker zu gewichten. Dies ändert allerdings nichts an der Tatsache, dass – zumindest für die stark beeinträchtigten Hochmoore des Kantons Zürich- Vor- und Detailuntersuchungen die folgenden Minimalanforderungen erfüllen sollten (s. auch Tab. 1):

- Abgrenzung des einstigen und aktuellen hydrologischen Einzugsgebietes von Moor- und Hochmoorflächen; Bestimmung der Wasserfließrichtungen im Boden und auf der Bodenoberfläche;
- Räumlich ausreichendes Nivellement/Oberflächenmodell für Bodenoberfläche und Stauschicht im Hochmoor und im näheren Umfeld; Ermittlung von Teileinzugsgebieten innerhalb des Hochmoor-Torfkörpers;
- Erfassung der früheren und heutigen hydrologischen Eingriffe im Einzugsgebiet und im Hochmoor; Beurteilung des Wirkungsbereiches der Eingriffe;
- Erfassung der Wasserstände und Wasserfließrichtungen im Torfkörper und insbesondere im Hochmoor;
- Groberfassung des Kalkgehalts (bzw. der elektr. Leitfähigkeiten) im Moorbodenwasser und Oberflächenwasser – insbesondere an den Ausbreitungsgrenzen der Hoch- und Übergangsmoorvegetation sowie an Graben- und Drainageeinleitungen aus dem angrenzenden Umfeld;
- Topographische und bodenstratigraphische Detailabklärungen zur Bestimmung der Art sowie der optimalen räumlichen Lage und Einbindung von Dämmen, Spundungen und Überläufen; Berechnung von Abflussspitzen bei Starkregen (für die Bemessung von Überläufen);
- Abgrenzung des Wirkungsbereiches der geplanten Wiedervernässungsmaßnahmen.

Die Auswertung der ersten 6 Regenerationsprojekte im Kanton Zürich zeigte, dass die Projekte bezüglich Umfang und Inhalt der Vor- und Detailuntersuchungen weit voneinander abwichen. Die Gründe hierfür lagen nicht – wie zunächst zu vermuten – bei sehr verschiedenen moorhydrologischen Ausgangssituationen, sondern in erster Linie bei den sehr unterschiedlichen und teilweise wenig zielgerichteten Vor-

stellungen und Untersuchungsansätzen der verschiedenen projektierenden Büros.

Während aus heutiger Sicht die projektbezogenen Vor- und Detailabklärungen für das bis anhin aufwendigste Regenerationsprojekt, im Verhältnis zum Gesamtaufwand, deutlich zu tief lagen, und das Projekt die erforderlichen Arbeitsinhalte nicht annähernd abdeckte, trifft für die Vorabklärungen in einem weiteren Projekt – zumindest was den Einsatz der Finanzen für die Voruntersuchungen betrifft - das Gegenteil zu. Obwohl die Untersuchung, mit Stand Ende 1997, einige für Regenerationsmassnahmen zentrale Arbeitsinhalte nicht einschloss, lag der Aufwand für die Vorabklärungen, mit nahezu sFr. 140.000.-, deutlich höher, als in allen übrigen Projekten. Der Grund für die hohen Aufwendungen lag bei einem räumlich allzu weit gefassten, weitgehend geohydrologisch geprägtem Untersuchungsansatz mit sehr aufwendigen und detaillierten Modellierungen des grossräumigen Wasserhaushalts. Die Nacherhebung der wesentlichsten Projektgrundlagen im Rahmen des Hochmoor-Regenerationsprogrammes ergab, dass der Wasserhaushalt des Hochmoors und seines näheren Umfelds praktisch ausschließlich durch die zahlreichen, im engeren Hochmoorumfeld vorhandenen Torfstiche und Gräben bestimmt wird – und von der grossräumigen geohydrologischen Situation weitgehend unabhängig ist. Der Aufwand für diese Nacherhebungen entsprach einem Bruchteil der Kosten der voran gehenden, großräumig ausgelegten Voruntersuchungen. Entsprechende Korrekturen hätten bereits vor Beginn der Untersuchungen, bei der Festlegung von Arbeitsinhalten und -prioritäten erfolgen müssen.

Dass selbst für großflächige und anspruchsvolle Regenerationsprojekte, die wichtigsten moorhydrologischen und maßnahmenspezifischen Untersuchungen mit vergleichsweise geringem Aufwand abgedeckt werden können, zeigte sich an einem der neueren Projekte. Unter ansonsten weitgehend vergleichbaren Voraussetzungen konnten hier alle maßgeblichen Arbeitsinhalte mit nur etwa einem Drittel der Kosten des bisher aufwendigsten Voruntersuchs erhoben werden.

Nebst der Forderung nach inhaltlich ausreichenden und finanziell angemessenen Vor- und Detailabklärungen ist bei Regenerationsprojekten somit v.a. auch darauf zu achten, dass das Untersuchungsnetz in räumlicher Hinsicht nicht über- oder unterbestimmt, und die Erhebungen ausreichend genau sind. Die Genauigkeit der Erhebungen muss den Fragestellungen angepasst sein. Die Ermittlung von Höhenlinien mit Äquidistanzen von 0,5 m – wie in einem der Projekte als Grundlage für die Maßnahmenplanung verwendet – ist für die meisten regenerationspezifischen Fragestellungen zu ungenau. Der Umfang und die Genauigkeit von regenerations-spezifischen Abklärungen kann ausserhalb der Hochmoorflächen mit zunehmender Distanz im allgemei-

nen abnehmen. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass die Abklärungen Flächen mit einschließen, welche nach erfolgten Wiedervernässungsmaßnahmen mittel- bis langfristig das Potential haben, wieder Hochmoorvegetation zu tragen.

Schlussfolgerungen

- Umfangreiche und fachlich anspruchsvolle Regenerationsprojekte sollten von Fachleuten mit großer Erfahrung geplant und durchgeführt werden – oder von solchen von Anfang an zumindest eng begleitet werden.
- Auf die moorhydrologische Ausgangssituation, mögliche Regenerationsmaßnahmen und das Entwicklungspotential der Hochmoorflächen ausgerichtete Vor- und Detailuntersuchungen sind für die Projektierung von Hochmoor-Regenerationsmaßnahmen im Kanton Zürich unerlässlich. Die wesentlichsten Inhalte solcher Abklärungen sind:
 - Abgrenzung des früheren und heutigen hydrologischen Einzugsgebietes; Bestimmung der Wasserflussrichtungen und Wassereinleitungen aus dem Umfeld ins Hochmoor oder in dessen Randbereiche
 - Räumlich ausreichendes differenziertes Nivellement/Oberflächenmodell für die Mooroberfläche und das nähere Umfeld – unter Einbezug von Flächen mit mittel- bis langfristigem Regenerationspotential (Hochmoor-Potentialflächen); Ermittlung von Teileinzugsgebieten innerhalb des Hochmoor-Torfkörpers (gemäß Oberflächenmodell).
 - Erfassung/Kartierung der hydrologischen Eingriffe im Hochmoor-Torfkörper und im anschließenden Umfeld; Beurteilung des Wirkungsbereichs der Eingriffe;
 - Erfassung der Wasserstände und Wasserflussrichtungen im Torfkörper und insbesondere im Hochmoor und in angrenzenden Hochmoor-Potentialflächen;
 - Erfassung des Kalkgehalts (ggf. auch des Nährstoffgehalts) im Moorbodenwasser und im Oberflächenwasser – insbesondere an den aktuellen Ausbreitungsgrenzen von Hoch- und Übergangsmoorvegetation sowie an Graben- und Drainageeinleitungen aus dem angrenzenden Umfeld;
 - Topographische und bodenstratigraphische Detailabklärungen zur Bestimmung der Art, der optimalen räumlichen Lage und der Einbindung von Dämmen, Spundungen und Überläufen; Berechnung von Abflussspitzen für die Bemessung von Überläufen.
 - Abgrenzung des Wirkungsbereichs der geplanten Wiedervernässungsmaßnahmen.
- Die Anforderungen an die Genauigkeit und die räumliche Repräsentativität der Untersuchungen soll auf die jeweiligen hochmoor- und regenerationspezifischen Bedürfnisse ausgerichtet sein. Eine effiziente und brauchbare Datenerhebung setzt

deshalb voraus, dass die Auftragnehmer diese Anforderungen im Detail kennen – was insbesondere bei Vermessungsarbeiten durch Vermessungsbüros oder moorhydrologischen Untersuchungen durch Ingenieure oder Geohydrologen des öfteren nicht voraus gesetzt werden kann.

1.4 Planung, Begleitung und Nachkontrolle der baulichen Maßnahmen

Wasser hat, bei kleinräumig ausreichender Potentialdifferenz, nicht nur an der Oberfläche sondern auch im Innern von Torfkörpern eine große Kraft, sich Abflusswege freizuspülen und diese mit der Zeit zu erodieren. Dies gilt insbesondere für oberflächlich stark abgetrocknete Torfkörper in denen Wurzel- und Tiergänge das Ausspülen von neuen Abflusswegen begünstigen. Mittels Detailabklärungen im nähere Umfeld der Maßnahmenstandorte (s. auch Kap. 1.3) und einer auf die wasserbaulichen Probleme ausgerichteten Planung von Bauwerken und Staueinrichtungen können umflossene, hinterspülte oder gar erodierte Bauwerke und Torfkörper weitgehend – und auch langfristig – vermieden werden. Dabei ist wesentlich, dass der bauliche Aufwand – insbesondere Art, Anordnung, Bemessung und Einbindung der Bauwerke in den Torfkörper oder den mineralischen Untergrund – auf die an den Maßnahmenstandorten teilweise sehr unterschiedlichen wasserbaulichen und hydraulischen Bedingungen ausgerichtet werden. Die Anlage von in gleichmäßigen Abständen wiederholten, stets gleich dimensionierten Bauwerken ist oft Ausdruck einer wenig auf die moorhydrologischen und hydraulischen Verhältnisse ausgerichteten Projektierung. Sie ist nur dort sinnvoll und effizient, wo entlang von Entwässerungslinien dieselben Bedingungen vorliegen.

Die Erfahrungen aus den ersten Regenerationsprojekten im Kanton Zürich – und die im Rahmen des Regenerationsprogrammes umgesetzten Maßnahmen – haben gezeigt, dass sich um-, unter- oder gar weggespülte Staueinrichtungen weitgehend vermeiden liessen. In ersten Projekt allerdings mussten an zwei von drei Maßnahmenstandorten die Dämme erweitert oder neu aufgebaut werden, weil sie um- oder unterflossen worden sind. Im selben Objekt mussten auch die Überläufe der Staueinrichtungen ausgetauscht und neu bemessen werden. Sie waren verstopfungsanfällig hatten eine für Spitzenabflüssen zu geringe Ableitungskapazität, so dass die oberströmig liegenden Hochmoorflächen während längeren Zeiträumen stark überstaut waren. Dass in diesem Projekt für Voruntersuchungen, und insbesondere für maßnahmenbezogene Detailuntersuchungen, ein sehr geringer Aufwand geleistet wurde, ist ein weiterer deutlicher Hinweis darauf, dass solche Abklärungen meist erforderlich sind und sich sowohl hinsichtlich Effizienz, als auch Effektivität lohnen. Obwohl ein Teil der Arbeiten als Garantieleistung erbracht wurde, liegt der Zusatzaufwand für die diversen baulichen Nachbesserungen und die zugehörigen Abklärungen

in diesem Objekt heute bei über sFr. 40.000.-, was etwa der Hälfte der ursprünglichen Bausumme entspricht.

Eine enge Baubegleitung und zunächst häufigere – später nur noch sporadische Nachkontrollen – können eine umsichtige Bauwerksplanung zwar nicht ersetzen, sie bieten aber oft Gewähr, dass für Bauwerke oder Moorflächen ungünstige Zustände noch rechtzeitig erkannt und ausgebessert werden können.

Mehr oder weniger regelmässige Nachkontrollen haben in allen kantonalzürcherischen Regenerationsprojekten seit 1980 stattgefunden. Ihre Ergebnisse haben in einem Projekt zu erheblichen Nachbesserungen (s. oben), und in einem anderen zur Stabilisierung einer Grabenböschung geführt. Dieser relativ bescheidene Nachbesserungsbedarf beruht auf einer insgesamt relativ aufwendigen und umsichtigen Planung der Bauwerke und insbesondere auch darauf, dass der überwiegende Teil der realisierten Staueinrichtungen regulierbare Überläufe aufweist. Aufgrund von suboptimalen Staukoten erforderliche bauliche Anpassungen entfallen deshalb weitgehend.

Schlussfolgerungen

- Baubegleitung und Nachkontrollen können eine umsichtige, moorhydrologische und wasserbauliche Aspekte ausreichend berücksichtigende Maßnahmen- und Bauwerksplanung nicht ersetzen. Wo diese nicht – oder nur unzureichend – berücksichtigt sind, können Nachbesserungen und Projektoptimierungen rasch erhebliche Anteile der ursprünglichen Bausumme beanspruchen.
- Mängel oder Optimierungsmöglichkeiten an Bauwerken und Staueinrichtungen fallen teilweise erst nach längeren Zeiträumen an, oder können u.U. dann erst erkannt werden. Regelmässige Nachkontrollen sollten deshalb Bestandteil jedes Regenerationsprojektes bilden. Sie ermöglichen, ungeeignete Zustände an den Bauwerken und allenfalls auch Gefährdungen für die Flora und Fauna eventuell noch rechtzeitig zu korrigieren.
- Nachträglich oft noch erforderliche Anpassungen an den Staukoten können nur dort einfach, und ohne zusätzlichen baulichen Aufwand realisiert werden, wo Staueinrichtungen mit regulierbaren Überläufen projektiert wurden. Solche Einrichtungen eignen sich vor allem für Standorte mit großflächigem hydrologischen Wirkungsbereich.
- Nachkontrollen sollen in einer ersten Phase nach dem Bau noch vergleichsweise häufig erfolgen, damit bereits bei mittlerer Wasserführung oder bei mittleren Wasserständen anfallende Probleme rasch erkannt und behoben werden können. In einer zweiten Phase können sie sich auf Begehungen während oder unmittelbar nach Spitzenabflüssen oder ausserordentlich hohen Wasserständen beschränken. Solche Verhältnisse sollten vor allem auch in der ersten Phase nach der Bauausführung nicht ausgelassen werden. Für die Grobbeurteilung

der Abdichtungswirkung von Bauwerken sind auch Begehungen in Trockenperioden massgeblich.

1.5 Konzeption, Inhalte und Effizienz von Wirkungskontrollen

Die ersten im Kanton Zürich für Regenerationsmassnahmen durchgeführten Wirkungskontrollen wichen bezüglich Inhalten, Umfang und Methodik teilweise stark voneinander ab. Zum Zeitpunkt der Beurteilung (1998) wiesen sie auch bezüglich ihrer Laufdauer deutliche Unterschiede auf. Während die Untersuchungen im einen Objekt bereits 10 Jahre liefen, hatten sie in anderen Objekten erst zwei Jahre zuvor begonnen.

Von den 4 Projekten mit 1998 bereits abgeschlossenen Massnahmen, wiesen deren 2 sowohl vegetationskundliche wie auch hydrologische und wasserchemische Wirkungskontrollen auf. In je einem Projekt wurde entweder nur eine vegetationskundliche oder aber eine hydrologische Wirkungskontrolle durchgeführt. In den beiden damals noch nicht umgesetzten Regenerationsprojekten waren Erstaufnahmen für eine hydrologische und wasserchemische, wie auch eine vegetationskundliche Wirkungskontrolle im Gang, oder sie standen kurz bevor.

Die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse aus der vergleichenden Beurteilung der Wirkungskontrollen zeigen, dass vegetationskundliche Wirkungskontrollen bereits nach kurzer Laufdauer erhebliche Anteile der Projektkosten beanspruchen können. In der aufwendigsten vegetationskundlichen Wirkungskontrolle lagen die durchschnittlichen jährlichen Kosten bei sFr. 14.000.-. Über die damalige Laufzeit hochgerechnet ergaben sich Kosten annähernd Fr. 140.000.-, wobei in dieser Summe der Aufwand für die damals noch ausstehende Datenauswertung und die Berichterstattung noch nicht enthalten waren. Im Vergleich dazu, lagen die auf 10 Jahre hochgerechneten Kosten für die vegetationskundlichen Wirkungskontrollen in den beiden anderen Projekten betragsmässig zwar deutlich tiefer. Mit Bezug zur Größe der wiedervernässten Flächen aber ergaben sich für die vegetationskundlichen Wirkungskontrollen in allen 3 Projekten ähnlich hohe Kosten, von zwischen sFr. 30.000 und sFr. 50.000 pro Hektare. Diese Beträge liegen flächenbezogen etwa im Bereich dessen, was im Rahmen des Hochmoor-Regenerationsprogrammes heute für Untersuchungen, bauliche Massnahmen und Wirkungskontrolle zusammen aufgewendet wird. Allein die teuerste vegetationskundliche Wirkungskontrolle hatte nach einer Laufdauer von 10 Jahren einen Kostenstand erreicht, der in etwa dem Wirkungskontrolle-Gesamtbudget des Regenerationsprogrammes entspricht. Als erste Konsequenz aus den beschriebenen Verhältnissen musste die Periodizität der Erhebungen in den entsprechenden Projekten stark zurückgefahren werden. Darüber hinaus war offensichtlich, dass aufgrund der hohen Diskrepanzen zwischen

vegetationskundlichen und hydrologischen Wirkungskontrollen (vgl. unten) sich im Hinblick auf die Konzeption der Wirkungskontrolle für die künftigen Projekte sich Fragen nach der Bedeutung und der Mittelaufteilung für die verschiedenen Wirkungskontrolle-Inhalte stellen, und die Ziele und Methoden der vegetationskundlichen Wirkungskontrolle kritisch zu hinterfragen waren.

Im Vergleich zu den vegetationskundlichen Wirkungskontrollen lag der Aufwand für hydrologische und einfache wasserchemische Wirkungskontrollen um ein Mehrfaches tiefer. Bei Gesamtkosten von, je nach Objekt, zwischen sFr. 3.000.- und sFr. 12.000.- konnten bis 1997 in drei Objekten die hydrologischen und wasserchemischen Wirkungskontrollen bereits ein bis zwei Jahre nach erfolgten Maßnahmen abgeschlossen werden.

Weitere Vorzüge von hydrologischen Wirkungskontrollen ergeben sich daraus, dass bei gezielter Messstellenanlage die Ergebnisse der hydrologischen Erstaufnahmen nicht nur Grundlage für die hydrologische Wirkungskontrolle sondern auch Grundlage für die Maßnahmenprojektierung, Bauwerks- und Qualitätskontrolle sind. So konnten in einem Teil der bisherigen Projekte mit den hydrologischen Wirkungskontrolle-Daten vor Maßnahmenrealisation die Wirkungsbreiten und -tiefen von Gräben und Torfstichen, wie auch Gebietswasserbilanzen berechnet werden. Unmittelbar nach der Umsetzung von baulichen Maßnahmen dienten die fortgesetzten Aufzeichnungen u. a. der schrittweisen Optimierung von Staukoten an regulierbaren Überläufen, zur Überprüfung der Dichte von Bauwerken und Staueinrichtungen sowie zur Ermittlung der Gefährdungen durch unbeabsichtigt langfristigen oder starken Überstau von wertvollen Flächen oder Einzelstandorten. Letzteres setzt den Einsatz von kontinuierlich aufzeichnenden, automatischen Messpegeln und das Vorliegen von genauen Oberflächenmodellen voraus.

Ein letzter, wesentlicher Vorteil von hydrologischen und wasserchemischen Wirkungskontrollen besteht darin, dass mit der Aufzeichnung von Wasserständen und Abflüssen diejenigen Einflussgrößen beobachtet werden, welche mit Regenerationsmaßnahmen direkt beeinflusst werden können. Weil sie auf Maßnahmen und veränderte Staukoten meist rasch und eindeutig reagieren – und ihre Auswirkungen auf die Vegetation zumindest in qualitativer Hinsicht relativ gut abgeschätzt werden können – eignen sie sich auch für die Früherkennung und Abschätzung von erwünschten oder unerwünschten Veränderungen in den Standortverhältnissen oder der Vegetation.

Vegetationskundliche Wirkungskontrollen machen im oben erläuterten Zusammenhang vor allem dann wenig Sinn, wenn – wie in einem zürcherischen Regenerationsprojekt – das Ergebnis aufwändiger Vegetationsaufnahmen und Auswertungen letztendlich hauptsächlich darin besteht, dass mittels Zeigerwert-

analysen Standortveränderungen nachgewiesen werden. Solche Aussagen können, wesentlich genauer, rascher und deutlich günstiger mittels Wasserstands-, pH- oder Leitfähigkeitsmessungen beigebracht werden. Zu beachten ist hierbei, dass bei der Konzeption von vegetationskundlichen Wirkungskontrollen oft die Aufnahmen, und weniger die Auswertung derselben, im Zentrum der methodischen Überlegungen steht. Dies führt, insbesondere im Falle von Erhebungen mit Deckungsklassen, in der Auswertungsphase dazu, dass – ob zunächst beabsichtigt oder nicht – auf Zeigerwertanalysen ausgewichen werden muss, weil die Auswertung von Datensätzen mit Deckungsklassen auf der Ebene von Einzelarten und Artengruppen Ergebnisse liefert, welche quantitativ kaum interpretierbar und räumlich meist wenig repräsentativ sind (vgl. Kap. 2.5).

Die vorangehenden Erläuterungen sollen nicht zum Schluss verleiten, eine vegetationskundliche Wirkungskontrolle sei für Hochmoor-Regenerationsmaßnahmen nicht erwünscht oder nicht sinnvoll. Das Ziel solcher Wirkungskontrollen sollte aber vor allem darin bestehen, den mittel- bis langfristigen Erfolg der Regenerationsmaßnahmen im Hinblick auf ihr eigentliches Ziel, nämlich die Ausbreitung von hochmoortypischen Arten – und insbesondere von Torfmoosen – zu überprüfen. Dies gilt insbesondere dort, wo die Wiederausbreitung oder der Zusammenschluss von zuvor getrennten Torfmoosdecken für die Wiederherstellung der hydrologischen Funktionen eines Hochmoores eine besondere Bedeutung haben. Die Langfristigkeit dieser Aufgabe setzt voraus, dass sich der Aufwand für die Erhebungen in vertretbarem Rahmen hält. Dies bedeutet, dass die zugehörigen Erhebungen oft nur in größeren zeitlichen Abständen wiederholt werden können. Ausnahmen hierzu sind vor allem dort angezeigt, wo besonders seltene Arten staubedingten Gefährdungen ausgesetzt sind.

Die in vegetationskundlichen Erhebungen allgegenwärtigen Deckungsschätzungen in Dauerflächen eignen sich für die wesentlichsten Fragestellungen von vegetationskundlichen Wirkungskontrollen in Hochmooren nur beschränkt:

- Für die Überwachung des Zustands von sehr seltenen Arten ergeben populationsbiologische (z. B. demographische) Untersuchungsansätze raschere und präzisere Ergebnisse.
- Im Zusammenhang mit Beobachtungen zur räumlichen Ausbreitung von hochmoortypischen Arten ist, bei kleinflächigen Dauerbeobachtungsflächen die räumliche Repräsentativität des Stichprobenplanes bei noch vertretbarem Aufwand oft zu gering. Bei Aufnahmen in grösseren Beobachtungsflächen stellen sich rasch Probleme im Zusammenhang mit der Genauigkeit der Aufnahmen – insbesondere im Zusammenhang mit Deckungsschätzungen sowie der Ansprache und Schätzung der Torfmoosarten. Bei Datensätzen mit Deckungsklassen kommen, in

der Auswertung und v.a. auch bei der Interpretation der Ergebnisse die bereits weiter oben erläuterten methodischen Schwierigkeiten hinzu.

Aufgrund der oben erwähnten methodischen und praktischen Schwierigkeiten wurden für die vegetationskundliche Wirkungskontrolle im Rahmen des Hochmoor-Regenerationsprogrammes verschiedene Erhebungs- und Auswertungsmethoden evaluiert und teilweise auch vergleichend getestet. Die Vegetationsaufnahmen für die Wirkungskontrolle erfolgen in allen neueren Regenerationsprojekten im Kanton Zürich nach einem großflächig ausgelegten und ergänzten Punkt-Quadrat-Aufnahmeverfahren. Die Aufnahme- und Auswertungsmethodik für dieses Verfahren erfolgt durchgehend nach statistischen Kriterien und erfordert keine Transformationen. Dies hat zur Folge, dass die Methode, bei räumlich hoher Repräsentativität und vergleichsweise geringem Aufwand, arten- und artengruppenbezogene Veränderungen mit Pflanzenbestand der Aufnahme- oder eines Teils derselben – statistisch gut abgesichert und mit vergleichsweise hoher Genauigkeit erfassen kann. Dies gilt für die Gefäßpflanzenarten ebenso, wie für die Torfmoosarten. Mit Kosten von rund sFr. 4.000.- pro Hektare wiedervernässter Fläche liegt der Aufwand für die vegetationskundliche Wirkungskontrolle im Regenerationsprogramm – inklusive Zwischenauswertung und -bericht – um ein Vielfaches tiefer als in den ersten kantonalzürcherischen Projekten. Detailliertere inhaltliche und methodisch-technische Erläuterungen zur vegetationskundlichen Wirkungskontrolle im Hochmoor-Regenerationsprogramm finden sich in Kapitel 2.5.

Schlussfolgerungen

- Hydrologische und (einfache) wasserchemische Wirkungskontrollen zusammen, sind im Vergleich zu herkömmlichen vegetationskundlichen Wirkungskontrollen um ein Mehrfaches günstiger und im Hinblick auf die Früherfassung von standörtlichen Veränderungen wesentlich aussagekräftiger als diese. Die meisten für das Projekt maßgeblichen moorhydrologischen Fragestellungen können mittels hydrologischer und wasserchemischer Wirkungskontrollen in der Regel meist bereits nach wenigen Monaten bis spätestens einem Jahr nach Wiedervernässung beantwortet werden. Zur Früherkennung von unerwünschten staubedingten Veränderungen und für die Projektsteuerung – z.B. bei schrittweisem Anstau an regulierbaren Überläufen – sind hydrologische und wasserchemische Wirkungskontrollen vegetationskundlichen Wirkungskontrollen vorzuziehen. Dies auch deshalb, weil mit hydrologischen und wasserchemischen Wirkungskontrollen diejenigen Größen beobachtet werden, welche mit baulichen Maßnahmen auch direkt beeinflusst werden können.
- Vegetationskundliche (zoologische) Wirkungskontrollen sind dann unerlässlich, wenn auch das eigentliche Ziel der Regenerationsmaßnahmen, die Entwicklung oder das von typischen Hochmoorarten oder Hochmoorvegetation überwacht werden soll oder wenn besonders seltene Arten überwacht werden sollen. Vegetationskundliche Wirkungskontrolle-Erhebungen, welche darauf ausgelegt sind, mittels Zeigerwertanalysen Veränderungen in den Standortverhältnissen aufzuzeigen, ergeben wenig Sinn, weil die in Hochmooren maßgeblichen Standortsfaktoren „Nässe“ und „Azidität“ genauer, kostengünstiger und schneller durch hydrologische und wasserchemische Wirkungskontrollen erhoben werden können. Vegetationskundliche Wirkungskontrollen sollten langfristig ausgelegt sein. Sie sind vor allem für Flächen wichtig, auf denen die Wiederausbreitung von Torfmoosen (Hochmoorvegetation) von langfristig großer moorhydrologischer Bedeutung ist – so z.B., wo ein Zusammenschluss von hydrologisch voneinander getrennten Hochmoorbereichen angestrebt wird oder die Wiederausdehnung der Hochmoorgrundfläche von hydrologisch großer Bedeutung ist. Zwischenberichte für aufwändigere vegetationskundliche Wirkungskontrollen sollten, zur Kostenoptimierung, auch Aussagen zur räumlich-zeitlichen Verbesserung des Stichprobenplanes enthalten. Dies setzt eine auf Änderungen entsprechend flexible und robuste Erhebungsmethodik voraus.
- Für die Überwachung von staubedingt gefährdeten, besonders seltenen Arten sind populationsbiologische Ansätze vegetationskundlichen Aufnahmen vorzuziehen, weil sie i. d. R. raschere und zuverlässigere Aussagen zur Zustandsentwicklung der Bestände liefern. Für stärker standortsgebundene Arten kann das maßnahmenbedingte Gefährdungspotential oft bereits mit topographischen oder moorhydrologischen Voruntersuchungen eingegrenzt oder genauer bezeichnet werden.
- Falls die Wirkung von Hochmoor-Regenerationsmassnahmen kontrolliert werden soll, stellt die Durchführung einer hydrologischen und einer einfachen wasserchemischen Wirkungskontrolle eine Mindestforderung dar. Für die wasserchemische Wirkungskontrolle eignen sich Messungen der elektr. Leitfähigkeiten i.a. besser als pH-Messungen, weil bei tiefem pH im Wasser von Hochmooren oft starke Driften und wenig reproduzierbare Messergebnisse auftreten.
- Die vegetationskundlichen Wirkungskontrollen für die ersten kantonalzürcherischen Regenerationsprojekte wurden an 1m²-Dauerbeobachtungsflächen durchgeführt. Die Aufnahmen erfolgten teilweise mittels Schätzung von Deckungsklassen. Die Erhebung von Deckungsklassen beschränkt die Zugänglichkeit der Daten für statistisch starke Analysen wesentlich. Spätestens dann, wenn es darum geht, über einzelne und insbesondere mehrere Einzelflächen hinweg nicht nur nachzuweisen, ob sich in den Flächen Veränderungen ergeben haben oder nicht, sondern das Ausmaß dieser Verän-

derungen auf Artenebene quantifiziert werden sollen, ergeben sich in der statistischen Analyse schwer wiegende Probleme. Diese führen i. a. dazu, dass die Aufnahmedaten indiziert, bzw. transformiert werden müssen (z. B. Umrechnung in Zeigerwerte). Nebst dem damit einhergehenden Informationsverlust und Schwierigkeiten bei der Interpretation der Ergebnisse können Veränderungen in den Standortverhältnissen wesentlich genauer, rascher und kostengünstiger mit hydrologischen und wasserchemischen Messungen beigebracht werden können. Für die Wirkungskontrolle sollten die Rohdaten deshalb unbedingt klassenfrei – vorzugsweise auch schätzungsfrei – erhoben werden. Dies auch dann, wenn den Schätzwerten eine hohe Ungenauigkeiten zugrunde liegt. Weitere Schwierigkeiten ergaben sich bei einigermaßen beschränktem Budget auch hinsichtlich der räumlichen Repräsentativität der Ergebnisse sowie bei der Aufrechnung der arten- und artengruppenbezogenen Deckungswerten über die Gesamtheit der Dauerbeobachtungsflächen in einem Gebiet oder einer größeren Untersuchungsfläche.

- Die räumlich und zeitlich (zu) dichten Stichprobenpläne für die ersten kantonalzürcherischen Wirkungskontrollen haben zu unverhältnismäßig hohen Kosten geführt. Diese lagen, über eine Laufdauer von 10 Jahren hochgerechnet, und ohne Einbezug von Kosten für Auswertungen und Zwischenberichte, zwischen sFr. 30.000.- und sFr. 40.000.- pro Hektare wiedervernässtes Moor. Diese Untersuchungen mussten aus Kostengründen zwischenzeitlich stark zurück gefahren werden. Allein die teuerste dieser früheren Wirkungskontrollen hatte nach 10 Jahren einen Kostenstand erreicht, der in etwa dem heutigen Wirkungskontrolle-Gesamtbudget des Hochmoor-Regenerationsprogrammes entspricht.
- Die oben für vegetationskundliche Wirkungskontrollen an Dauerbeobachtungsflächen beschriebenen methodischen und finanziellen Unzulänglichkeiten haben dazu geführt, dass im Rahmen des heutigen Regenerationsprogrammes deutlich unterschiedliche Stichprobenpläne sowie grundsätzlich andere Erhebungs- und Auswertungsmethoden angewendet werden. Statt jährlicher bis zweijährlicher Erhebungen erfolgen Aufnahmen noch alle 10 Jahre, nach einem modifizierten und ergänzten Punkt-Quadrat-Aufnahmeverfahren. Dieses erlaubt, bei relativ geringem Aufwand, eine räumlich hohe Repräsentativität, eine hohe Zugänglichkeit der Rohdaten für statistisch starke Auswertungsverfahren sowie relativ genaue, statistisch gut abgesicherte Aussagen auch auf der Ebene von Einzelarten und Artengruppen. Und dies nicht nur für die Gefäßpflanzen, sondern ebenso verlässlich auch für die im Feld schwer anzusprechenden Torfmoosarten. Im Vergleich mit den ersten vegetationskundlichen Wirkungskontrollen liegen die

Kosten der heutigen Aufnahmemethodik – inklusive Zwischenauswertung – flächenbezogen rund 10 mal tiefer als früher.

2. Grundzüge und Inhalte des Hochmoor-Regenerationsprogrammes (seit 1998)

Das vorliegende Kapitel soll eine Übersicht zur Konzeption und zu den wesentlichsten Inhalten des Hochmoor-Regenerationsprogrammes geben. Administrative, vor allem die Kosteneffizienz der kantonalen Regenerationsprojekte vor und nach Lancieren des Programmes betreffende Argumente, sind im vorangehenden Kapitel 1 dargestellt.

2.1 Gegenstand und Zielsetzungen des Regenerationsprogrammes

Gegenstand des Regenerationsprogrammes bilden alle 30 Hochmoorobjekte im Kanton Zürich. Die Mehrheit dieser Gebiete weist durch Entwässerung, Torfabbau und noch heute teilweise intensive landwirtschaftliche Nutzung im hydrologischen Einzugsgebiet der Moore erhebliche hydrologische und wasserchemische Beeinträchtigungen auf. Eine Wiederausbreitung von Hochmoorvegetation findet unter den erwähnten Umständen kaum mehr statt. Die Gesetzgebung des Bundes verpflichtet die Kantone, den Wasserhaushalt in den Hochmooren wieder herzustellen und die Moorregeneration zu fördern. Das von der Regierung festgesetzte Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich gibt dem Hochmoorschutz – und insbesondere auch den Hochmoorregenerationen – höchste Priorität.

Die Gesamtfläche der im Kanton noch vorhandenen Hochmoore beträgt rund 50 Hektaren. Weitere 215 Hektaren Hochmoorumfeld liegen teilweise auf abgetorften Hochmooren. Auch diese Flächen weisen ein mittel- bis langfristig teilweise gutes Regenerationspotential auf.

Der Kanton Zürich hat in ersten Hochmoorobjekten bereits vor dem Erlass von entsprechenden Bundesbestimmungen erste Regenerationsprojekte in Angriff genommen. Die administrativen und fachlichen Erfahrungen mit diesen Projekten sind im Kapitel 1 zusammengefasst. Mit dem Hochmoor-Regenerationsprogramm beabsichtigt der Kanton bis 2007, auf der Grundlage dieser Erfahrungen, 10 bis 15 weitere Hochmoorobjekte zu regenerieren. Auf fachlicher Ebene besteht kurz- bis mittelfristig das wesentlichste Ziel in der Wiederherstellung von hydrologischen und wasserchemischen Bedingungen, welche das Wachstum, bzw. die Wiederausbreitung von Hochmoorvegetation und insbesondere von hochmoortypischen Torfmoosrasen ermöglichen. Mittel- bis langfristig ist das wesentlichste Ziel die Vermehrung und Wiederausbreitung von hochmoorcharakteristischen Pflanzen- und Tierarten. Auf administrativer Ebene liegen die wichtigsten Ziele bei fachlich zwar fundierten und nachhaltig wirksamen, aber möglichst zielgerichteten und kosteneffizienten Regenerations-

projekten. Entsprechend den Erfahrungen, dass die Komplexität der Projekte in fachlicher und organisatorischer Hinsicht hoch ist, setzte dies ein standardisiertes, auf Prioritäten ausgerichtetes und mittels Kontrollinstrumenten gut abgesichertes Vorgehen voraus. Auf der fachlichen Ebene bedeutete dies vor allem, dass zielgerichteten und moorhydrologischen und regenerationsspezifischen Grundlagenerhebungen und Wirkungskontrollen im Regenerationsprogramm eine zentrale Bedeutung zukommt (vgl. Kap. 1).

2.2 Gliederung und wichtigste Arbeitsinhalte des Hochmoor-Regenerationsprogrammes

Phase 1: Grundlagenbeschaffung und -auswertung; Erstellung konzeptioneller Grundlagen

Die erste Phase des Programmes diente auf administrativer Ebene der Projektvorbereitung und der Evaluation und der Standardisierung von geeigneten Führungs- und Kontrollinstrumenten. Im Rahmen der Projektvorbereitung wurden die wichtigsten Phasen und Meilensteine des Programmes sowie die zugehörigen, Vorgehens-, Zeit- und Finanzpläne erstellt.

Auf fachlicher Ebene wurden in der ersten Programmphase die Erfahrungen mit bereits abgeschlossenen und laufenden Regenerationsprojekten ausgewertet, die vorhandenen Grundlagen zusammengestellt und die konzeptionellen Grundlagen für die Erfolgskontrolle und das Erarbeiten einer Prioritätenliste erarbeitet. Die Prioritätenliste soll – abgestützt auf vorhandene Grundlagen sowie moorhydrologische und maßnahmenspezifische Gebietsbeurteilungen – die Prioritäten der noch zu regenerierenden Objekte bezeichnen (s. unten).

Wichtigste Arbeiten in der 1. Phase (1998-1999):

- Projektvorbereitung und Projektbeschreib für das Regenerationsprogramm – mit Angaben zu Zielen, Inhalten, Vorgehen, Phasengliederung, Zeitplan, Zuständigkeiten und Finanzen.
- Festsetzung von standardisierten Führungs- und Kontrollinstrumenten, insbesondere Vorlagen für Sitzungsprotokolle, Pendenzenlisten, Projektjournal, Terminplanung, Finanzkontrollen und Berichterstattung – mit monatlicher, vierteljährlicher oder jährlicher Nachführung.
- Befragungen, Auswertungen und Berichtserstellung über die Erfahrungen mit den bisherigen Regenerationsprojekten – mit Schlussfolgerungen und Vorschlägen für das Regenerationsprogramm sowie schrittweiser Integration von laufenden Projekten und Wirkungskontrollen ins Regenerationsprogramm.
- Auswahl und Beschaffung von maßgeblichen Grundlagen für alle Objekte – insbesondere von objektbezogener Literatur, Quellen und Daten zum objektspezifischen Vorkommen von Rote Liste-Arten, historischen und aktuellen Karten und Luftbildern sowie Meliorationsplänen. Erstellung eines Berichts mit objektspezifischen rezenten und aktuellen Artenlisten und Standortangaben

für alle bekannten Rote Liste Vorkommen in den kantonalzürcherischen Hochmooren – inkl. artspezifischen Angaben zum Gefährdungspotential bei Vernässungsmaßnahmen.

- Erstellung und Festsetzung der konzeptionellen und methodischen Grundlagen für die Erfolgskontrolle und Wirkungskontrolle, insbesondere des Erfolgskontrolle-Gesamtkonzepts; Detailkonzepte für die hydrologische, wasserchemische und vegetationskundliche Wirkungskontrolle - mit Stichproben-, Zeit- und Finanzplänen sowie quantifizierten Wirkungskontrollzielen und Vorlage für die objektspezifischen Betriebshefte.

Phase 2: Methodenevaluation und Erstellung der „Prioritätenliste“ Hochmoorregeneration; Evaluation und Festsetzung der Arbeitsinhalte für die 3. Phase

Das Ziel der zweiten Phase des Regenerationsprogrammes bestand zum Einen in der Erstellung einer – v.a. auf moorhydrologischen und maßnahmenspezifischen Beurteilungen basierenden – Liste mit klassifizierten Angaben bezüglich der Effizienz von Regenerationsmaßnahmen in den verschiedenen Objekten (und Teilobjekten). Darüber hinaus wurden die methodischen und inhaltlichen Aspekte für die Detailabklärungen in der 3. Phase evaluiert und bereinigt.

Wichtigste Arbeiten in der 2. Phase (1999):

- Ausarbeitung eines Pflichtenheft-Entwurfs über die Arbeitsinhalte der Feldabklärungen und -beurteilungen für die Prioritätenliste.
- Anwendung des Pflichtenheft-Entwurfs in zwei charakteristischen Testhochmooren.
- Erarbeiten der Auswertungsmethodik, Überarbeitung und Festsetzung des Pflichtenheftes gemäß Ergebnissen an den Testobjekten.
- Feldbegehungen und -beurteilungen gemäß Pflichtenheft; Auswertung von Feldbegehungen und vorhandenen Grundlagen, Erstellung und Festsetzung von Prioritätenlisten, zugehörigem allgemeinen Bericht sowie objektspezifischen Berichten für alle Hochmoorobjekte und Teilobjekte. Besprechung der Ergebnisse mit den früheren Gebietsbetreuern.
- Grundlagen- und Methodenevaluation für die 3. Phase des Regenerationsprogrammes; Erarbeiten und Festsetzung des zugehörigen Pflichtenheftes für die Detailuntersuchungen und Auswertungen zur Planung der Regenerationsmaßnahmen in den Einzelobjekten – gemäß Erfahrungen aus den früheren kantonalzürcherischen Projekten sowie aufgrund der fachspezifischen Literatur und Erfahrungen des Auftragnehmers aus weiteren Projekten.

Phase 3: Moorhydrologische und regenerationsspezifische Grundlagen- und Detailuntersuchung; Maßnahmenplanung und -realisation

In der 3. Phase des Regenerationsprogrammes, werden seit 2000 – schrittweise und gemäß Prioritätenliste (s. Phase 2) – in den einzelnen Objekten detaillierte moorhydrologische und maßnahmenspezifische

Grundlagen- und Detailuntersuchungen durchgeführt. Auf der Grundlage dieser Untersuchungen werden anschließend die Regenerationsmaßnahmen geplant, betroffenen Behörden und Grundeigentümern unterbreitet und baulich umgesetzt. Detailuntersuchungen, Maßnahmenplanung und bauliche Umsetzungen laufen jeweils in mehreren Objekten parallel oder zeitlich leicht versetzt, wobei die zugehörigen Wirkungskontrolle-Erhebungen und die Nachkontrolle der baulichen Maßnahmen integrierter Bestandteil des Projektablaufs bilden. Die Wirkungskontrolle-Ersterhebungen finden im Rahmen der moorhydrologischen und maßnahmen-spezifischen Detailuntersuchungen statt, wobei die Stichprobenpläne für die hydrologischen und wasserchemischen Untersuchungen in zeitlich-räumlicher Hinsicht gezielt darauf ausgerichtet sind, dass sie sowohl die Anforderungen bezüglich Maßnahmenplanung, wie auch diejenigen im Zusammenhang mit der Wirkungskontrolle erfüllen.

Wichtigste Arbeiten in der 3. Phase (2000-2007) – für jedes Einzelprojekt:

- Sichtung und CAD-gestützte, überlagernde Auswertung der vorhandenen Grundlagen – insbesondere objektbezogene Daten gemäß Bericht zu den Rote Liste-Arten (vgl. Phase 1), alte und aktuelle Karten und Luftbilder, objektbezogene Literatur, Meliorationspläne sowie Grundlagen aus den Abklärungen für die Prioritätenliste (vgl. 2. Phase).
- Feldbegehung und -beurteilung im Hinblick auf die Erstellung von Projektvorbereitung und Untersuchungskonzept für die Detailabklärungen; Verifikation der Ergebnisse aus der Grundlagenauswertung.
- Erarbeiten von moorhydrologischen Modellvorstellungen über den aktuellen und den künftigen Moorwasserhaushalt; teilflächenbezogene Abschätzung von Regenerationsbedarf, Erfolgsaussichten und teilflächenbezogenen Prioritäten.
- Erstellung der objektbezogenen Projektvorbereitung gemäß standardisierter Vorlage – mit folgenden Inhalten: Fachliche Problemanalyse, Beschrieb von Aufgabenstellung und räumlicher Abgrenzung, Definition von Wirkungs-, Verfahrens- und Umsetzungszielen, Erstellung des objektbezogenen Zeit- und Finanzplanes, Festlegung der Projektgliederung (Etappierung) und Definition der Meilensteine; Vorgehen beim Einbezug von Betroffenen und der Öffentlichkeit; Definition von Form, Inhalten und objektspezifischen Zielen der Wirkungskontrolle.
- Ausarbeitung des Untersuchungskonzepts für die moorhydrologischen und maßnahmenbezogenen Grundlagen- und Detailuntersuchungen – mit Bezeichnung der Untersuchungsinhalte, räumlicher Abgrenzung für die einzelnen Untersuchungen, Messstellenanordnung (Stichprobenplan) und Angaben zur Intensität der Erhebungen.
- Durchführung der Grundlagen- und Detailabklärungen sowie – als Bestandteil derselben (oder pa-

rallel dazu) – Ersterhebungen für die hydrologische und wasserchemische Wirkungskontrolle (und in prioritären Objekten auch für die vegetationskundliche Wirkungskontrolle).

- Auswertung und Berichterstattung über die Untersuchungsergebnisse der Grundlagen- und Detailabklärungen – mit maßnahmenbezogenen Schlussfolgerungen für die Projektierung der baulichen Maßnahmen.
- Information der betroffenen Grundeigentümer und Amtsstellen
- Ausarbeitung und Auflage von Bauplänen und Baubeschreib
- Umsetzung der baulichen Maßnahmen, Baubegleitung und -abnahme
- Nachkontrollen für die baulichen Einrichtungen sowie Weiterführung/Folgerhebungen für die hydrologische und wasserchemische Wirkungskontrolle.
- Berichterstattung über die Ergebnisse der hydrologischen und wasserchemischen Wirkungskontrolle (1 mal jährlich objektbezogen in schriftlicher Form, nach standardisierter Vorlage).
- Zweiterhebungen für die vegetationskundliche Wirkungskontrolle – i. d. R. 10 Jahre nach Realisierung der baulichen Maßnahmen.

2.3 Prioritätenliste für das Hochmoor-Regenerationsprogramm

Die Idee, nach ersten eher „zufällig“ in Angriff genommenen Regenerationsprojekten, künftige Projekte gezielt nach ihren Erfolgsaussichten und ihrer Effizienz durchzuführen, ist ein zentrales Merkmal des Hochmoor-Regenerationsprogrammes. So nahe liegend diese Idee im Grundsatz auch ist, so anspruchsvoll ist ihre Umsetzung in der Praxis. Wesentlich dabei ist, dass bei der Priorisierung der Projekte in erster Linie die moorhydrologisch und maßnahmen-spezifisch relevanten Eigenschaften eines in Frage kommenden Objektes im Vordergrund stehen. Die Bedeutung eines Schutzgebietes, die Besitzverhältnisse oder beispielsweise auch die Dichte des Grabensystems sind zwar Faktoren, welche bei der Umsetzung von Regenerationsprojekten eine Rolle spielen können, aus naturschutzfachlicher Sicht aber sind sie im Zusammenhang mit der Erstellung einer Prioritätenliste für möglichst effiziente Regenerationsprojekte nicht ausschlaggebend, bzw. unzureichend. Dies bedeutet nicht, dass solche Faktoren bei der Beurteilung und Planung von Regenerationsprojekten unberücksichtigt bleiben sollten, aber sie dürfen nicht Entscheidungskriterien für Maßnahmen sein, deren Effizienz weitgehend von den hydrologischen und topographischen Eigenschaften in den verschiedenen Gebieten und Teilgebieten abhängen.

Das Ziel der Prioritätenliste des Hochmoor-Regenerationsprogrammes war es deshalb, mit einfachen Grundlagenauswertungen und halb- bis ganztägigen Feldbeurteilungen die zur Frage stehenden Hochmoorobjekte und -flächen im Hinblick auf ihr mittel-

bis langfristiges Regenerationspotential, den Maßnahmenbedarf und die Kosten der erforderlichen Maßnahmen so zu klassifizieren, dass die eingesetzten Mittel naturschutzfachlich und langfristig am besten investiert sind. Die Entwicklung und Berücksichtigung von Modellvorstellungen über die künftige objektspezifische Entwicklung der einzelnen Objekte, bildete einen weiteren maßgeblichen Aspekt bei der objektübergreifenden Auswertungen für die Prioritätenliste. Konkret bedeutet dies, dass bei der Priorisierung Hochmoorobjekte mit maßnahmenbedingt guten Aussichten auf Wiederausbreitung oder Zusammenschluss von Hochmoorvegetation, Objekten mit diesbezüglich beschränktem Entwicklungspotential – unter ansonsten ähnlichen Voraussetzungen – vorgezogen wurden. Letztendlich sind in die Prioritätenliste dieselben Merkmale eingeflossen, welche auch bei der Festsetzung von Prioritäten für die verschiedenen Maßnahmenstandorte in einem einzelnen Objekt zum Tragen kommen.

Vor der Erstellung der Prioritätenliste wurden für 2 charakteristische zürcherische Hochmoore die objektübergreifend vorhandenen, und für die Aufgabenstellung allenfalls maßgeblichen Grundlagen ausgewertet. Die Ergebnisse der Auswertung wurden in Feldbegehungen verifiziert und gemäß zuvor erstelltem Pflichtenheft ergänzt. Die daran anschließenden CAD-gestützten Testauswertung von Grundlagendaten und Ergebnissen aus den Feldbegehungen zielten darauf, im Hinblick auf den Volldurchgang an allen Objekten: a) den optimalen Satz an Grundlagen zu bestimmen, b) das Pflichtenheft für die Feldbeurteilung auf das Wesentliche zu reduzieren, sowie c) den Bewertungsschlüssel für die vergleichende Auswertung zu erarbeiten.

Die vergleichenden Grundlagen- und Feldabklärungen, die letztendlich zur Prioritätenliste führten, hatten die folgenden Inhalte:

- Bestand an besonders seltenen oder charakteristischen Pflanzen- und Tierarten, gemäß vorhandenen Artenlisten – bezüglich seltenen Arten ergänzt mit einem Index für eine allfällige Gefährdung bei Wasserstandserhöhung.
- Punktuelle Nivellements und Beurteilungen zur Topographie der Mooroberfläche an moorhydrologisch und maßnahmenspezifisch maßgeblichen Stellen – im Hochmoor selbst, sowie im näheren (und teilweise auch weiteren) Hochmoorumfeld.
- Abgrenzung und Beeinträchtigungsgrad von Wassereinzugsgebieten und -teileinzugsgebieten im Hochmoor selbst sowie in seinem Umfeld.
- Moorhydrologisch maßgebliche Merkmale des vorhandenen Grabensystems, inkl. Angaben zur Wasserqualität (Mineralstoff-/Nährstoffgehalte).
- Lage, Ausdehnung und Zustand von Hochmoorvegetation sowie des Torfkörpers.
- Grobbeurteilung von Maßnahmenstandorten, -dimensionen und Bauweisen.

- Bestimmung von Hochmoor-Potentialflächen mit maßnahmenbedingt, mittel- bis langfristig guten Aussichten für die Wiederausbreitung von Torfmoosdecken und Hochmoorvegetation.

Die oben erwähnten Grundlagen wurden für jedes Hochmoorobjekt ausgewertet. Zielgrößen der Auswertung waren die in der Tabelle 2 aufgeführten, teilweise indexierten „Nebenfaktoren“, aus denen in einem zweiten Schritt die jeweils zugehörigen „Hauptfaktoren“ berechnet wurden. Diese Hauptgrößen sind, in den Bewertungsschlüssel eingeflossen. Die auf diese Weise entstandene Prioritätenliste wurde dem „subjektiven“ Gesamteindruck gegenübergestellt und entsprechend noch leicht korrigiert (vgl. Tab. 2).

Die oben dargestellten Abklärungen und Auswertungen haben sich insofern bewährt, als die Durchschnittskosten pro Hektare wiedervernässtes Hochmoor, im Vergleich zu den früheren Projekten, stark verringert werden konnten. Es ist jedoch zu beachten, dass je nach fachlichen, rechtlichen oder naturschutzpolitischen Gegebenheiten in anderen Regionen oder Ländern andere, oder zusätzlich weitere Faktoren bei der Priorisierung von Projekten eine maßgebliche Rolle spielen können. Falls, wie im Ausland teilweise üblich, grössere Flächenanteile der zu regenerierenden Hochmoore für diesen Zweck angekauft werden müssen, dürfte dies oft ein finanziell entscheidender Faktor sein, welcher in der Prioritätenliste ausreichend berücksichtigt werden müsste.

2.4 Grundlagenerhebungen und Maßnahmenprojektierung

Bauliche Massnahmen für Hochmoorregenerationen sind in der Regel aufwendig. Für die tief, und oft auf verschiedene Niveaus abgetragenen und oft auch Mineralwassereinflüssen ausgesetzten kantonalzürcherischen Hochmoore, gilt dies in besonderem Maße. Weil die Maßnahmen überdies in Lebensräumen realisiert werden, welche sehr lange Entwicklungszeiten haben, müssen sie langfristig ausgelegt sein. Die Erfahrungen mit den ersten Regenerationsprojekten im Kanton Zürich haben gezeigt, dass Projekte mit nur ungenügenden oder inhaltlich wenig zielgerichteten Grundlagenabklärungen zu erheblichen Mängeln bei der Realisierung der Maßnahmen führten oder geführt hätten – und erhebliche Mehrkosten verursachten.

Nebst den oben erwähnten Umständen, sprechen aber vor allem fachliche Gründe für – je nach Objekt und Ausgangssituation – mehr oder weniger umfangreiche Grundlagenerhebungen. Diese sollten in den meisten Fällen zumindest aus einer moorhydrologischen und vegetationskundlichen Zustandsbewertung sowie einem ausreichend detailliert erhobenen Oberflächenmodell bestehen. Weil das Ziel der Regenerationsmaßnahmen darin besteht, den Wasserhaushalt von Hochmooren – und nicht von Einzelgräben, Torfstichen oder ihren Randbereichen – so weit wie möglich zu optimieren, müssen die Maßnahmen sowohl in Bezug auf ihre Wirkung in den umliegen-

Tabelle 2

Übersicht über die wichtigsten Kriterien bei der Beurteilung von objektbezogenen Prioritäten für Hochmoor-Regenerationsprojekte im Kanton Zürich

Nebenfaktoren	Hauptfaktoren (berechnet aus Nebenfaktoren)
<ul style="list-style-type: none"> • Größe der wiedervernässbaren Fläche • Wiedervernässungsbedarf • Potential für Wiedervernässungsmaßnahmen im Hochmoor, am Hochmoorrand und in Potentialflächen • Ausmaß der möglichen Wasserstandsanhhebung • Ausmaß der Höhendifferenzen innerhalb der wiedervernässbaren Flächen • Regenerationspotential gemäß wasserchemischen Voraussetzungen, bzw. möglichen Lenkungsmaßnahmen im Hochmoor, am Hochmoorrand und in Potentialflächen • Mittel der langjährigen örtlichen Niederschlagssumme 	<p>Regenerationsaussichten für die Hochmoor-Kernflächen und die Hochmoor-Potentialflächen</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Kostenschätzung für maßnahmenbezogene Vor- und Detailuntersuchungen • Schätzung der Baukosten 	<p>Kosten für Planung und Bau von Wiedervernässungsmaßnahmen</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Summe der negativen Punkte für seltene Arten mit erwarteter positiver Entwicklung bei Wiedervernässung • Summe der positiven Punkte für seltene Arten mit erwarteter negativer Entwicklung bei Wiedervernässung 	<p>Punktesumme für die Entwicklungsaussichten von besonders seltenen Arten bei Wiedervernässung</p>

den Hochmoorflächen, als auch in Bezug auf ihre Wirkung im Gesamtmoor geplant und umgesetzt werden. Dabei ist für viele beeinträchtigte Hochmoore wesentlich, dass die Maßnahmen nicht nur darauf abzielen, den aktuellen Zustand des Hochmoores zu verbessern, sondern – aus dem Verständnis über die Grundlagen der bisherigen und künftigen moorhydrologischen Entwicklung – die Maßnahmen so zu planen, dass das Hochmoor mittel- bis langfristig und möglichst grossflächig wieder „Wachstumspotential“ aufweist. Eine solche, auf das Gesamtmoor und die künftige hydrologische Entwicklung des Gebietes ausgerichtete Maßnahmenplanung unterscheidet sich hinsichtlich Maßnahmenstandorten, Stauhöhen, Prioritäten und Bauweise in der Regel deutlich von Planungen, die in erster Linie auf den Verschluss von vorhandenen Gräben und Torfstichen abzielen. Die Konsequenz von Maßnahmen, die in erster Linie dem vorhandenen Entwässerungssystem und nicht dem aktuellen und künftigen hydrologischen Entwicklungspotential des Gesamtmoores gelten, äußern sich in der Praxis häufig darin, dass:

- Der bauliche Aufwand an den einzelnen Maßnahmenstandorten sich in erster Linie an der Mächtigkeit der vorhandenen Gräben und Torfstiche, und nicht an der hydrologischen Bedeutung des Standorts für die Optimierung des Wasserhaushalts im Hochmoor – oder zumindest in größeren Teilflächen desselben – orientiert.
- Die Maßnahmen, unabhängig davon, ob sie an Standorten mit hydraulisch sehr durchlässigen oder wenig durchlässigen Torfen, oder auf Abschnitten mit sehr geringem oder größerem (Druck-) Gefälle realisiert werden, in gleicher Bauweise, Dimensionierung und Einbindung aneinander gereiht werden, obwohl eine, auf die hydraulischen

schen Gegebenheiten ausgerichtete Projektierung eine bessere Wirkung bei oft geringerem Aufwand zur Folge hätte.

- Die Staukoten an Gräben und Torfstichen in zentralen oder zentrumsnahen Hochmoorbereichen aufgrund von Sackungen und Erosion an den Randbereichen zu tief liegen, und als Folge davon:
 - a) die beidseitig der Entwässerungslinie hydrologisch voneinander isolierten oberflächennahen Torfschichten nicht zu einer hydrologisch funktionalen Einheit verbunden werden;
 - b) die Möglichkeiten, ursprünglich vorhandene und hydrologisch teilweise maßgebliche, diffuse Oberflächenabflüsse und Wasserrücklagen in lokalen Mulden und Senken zu erwirken, nicht ausgeschöpft oder nicht in Betracht gezogen werden;
 - c) die Stauziele für die Hochmoorflächen im weniger oder nicht gesackten Umfeld der Entwässerungslinien nicht ausreichend sind – und aufgrund von teilweise relativ starken Abflüssen und Erosion eine Torfakkumulation über die zu tiefen Staukoten hinaus nicht stattfinden kann, und die Stauziele in den Hochmoorflächen deshalb auch nicht langfristig, über Torfakkumulation, erreicht werden können.

Aus den erwähnten Gründen werden im Rahmen des kantonalzürcherischen Hochmoor-Regenerationsprogrammes vergleichsweise aufwendige Grundlagen- und Detailuntersuchungen durchgeführt (s. Kap. 1.3). Diese erfolgen, gemäß Pflichtenheft, nach weitgehend standardisierten Inhalten und Prioritäten. Oberstes Ziel dieser Untersuchungen ist, den aktuellen moorhydrologischen Zustand zu erfassen und diesen – ausgehend von hydraulischen Modellen – mittels Stau- und Wasserlenkungsmaßnahmen dahingehend zu beeinflussen, dass für die mittel- bis langfristige Hochmoor-

entwicklung möglichst optimale hydrologische Voraussetzungen geschaffen werden. Darauf abgestützt werden, anhand der erhobenen Grundlagen, die für die Zielerreichung erforderlichen Staukoten, Wirkungsbereiche sowie ihre Prioritäten im Zusammenhang mit der Optimierung des Wasserhaushalts im Gesamtmoor festgelegt. Daran anschließend werden anhand von vorwiegend topographischen und bodenstratigraphischen Detailuntersuchungen die genauen Maßnahmenstandorte, die Art der baulichen Maßnahmen und ihre Dimensionierung bestimmt. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus diesen Abklärungen finden in den zugehörigen Bauplänen und -beschrieben ihren Ausdruck.

Entsprechend den teilweise unterschiedlichen moorhydrologischen Zielsetzungen, Prioritäten und Voraussetzungen wurden im Rahmen des Hochmoor-Regenerationsprogrammes bezüglich Bauweise und Material bisher recht unterschiedliche bauliche Lösungen umgesetzt. Dabei kommt auch dem Aspekt der langfristigen Beständigkeit der Bauwerke, eine wesentliche Bedeutung zu.

Die Abbildungen 1-6 geben am Beispiel eines Projektes einen groben Überblick über den Projekttablauf zwischen Grundlagenerhebungen und Umsetzung der baulichen Maßnahmen:

2.5 Erfolgs- und Wirkungskontrollen

Erfolgs- und Wirkungskontrollen haben im Hochmoor-Regenerationsprogramm eine wichtige Bedeutung. Sie erfolgen sowohl auf administrativer, wie auch auf fachlicher Ebene und ermöglichen es, die zeitlichen, finanziellen, inhaltlichen und fachlichen Ziele der einzelnen Projekte und des Gesamtprogrammes zu kontrollieren – und vor allem auch zu steuern. Weil das Regenerationsprogramm eine Zeitspanne von 10 Jahren und zeitlich gestaffelte Einzelprojekte abdeckt, fließen die Erkenntnisse aus den Erfolgs- und Wirkungskontrollen kontinuierlich und ohne Informationsverlust in die noch laufenden und die anstehenden Projekte ein.

Die wichtigsten Instrumente der administrativen Erfolgskontrolle sind bereits in Kapitel 2.2 (Phase 1) dargestellt. Sie werden hier nicht weiter erläutert.

Auf der fachlichen Ebene besteht die Erfolgskontrolle aus einem abiotischen und einem biotischen Teil. Die abiotische Wirkungskontrolle beinhaltet Aufzeichnungen zu den Wasserständen und zur Wasserchemie (Mineralstoff-, bzw. Kalziumgehalte). Die biotische Wirkungskontrolle beinhaltet floristische Erhebungen. Weil in den zürcherischen Hochmooren keine bekannten, nur auf diese Lebensräume beschränkten Tierarten mehr vorkommen, stehen zoologische Wirkungskontrollen objektweise nur dann zur Diskussion, wenn besonders seltene Tierarten vorkommen, und ihre Bestände von den Maßnahmen

beeinträchtigt werden könnten. Dasselbe gilt auch für besonders seltene Pflanzenarten.

Die wichtigsten Zielsetzungen der fachlichen Wirkungskontrollen sind, je nach Inhalt der Erhebungen, unterschiedlich:

- Die abiotische Wirkungskontrolle (Wasserstände, Wasserchemie) dient der Früherkennung von unerwünschten Veränderungen, der Projektsteuerung und Umsetzungskontrolle nach erfolgten Maßnahmen (z.B. Feineinstellung der Staukoten an den – teilweise regulierbaren – Staueinrichtungen oder Überprüfung der Dichtigkeit von Staumaßnahmen) sowie der Erfolgskontrolle für die unmittelbar mit den Maßnahmen beeinflussten, und für die Hochmoorvegetation maßgeblichen Standortparameter.
- Die vegetationskundliche Wirkungskontrolle ist langfristig ausgelegt. Sie soll die mittel- bis langfristigen Auswirkungen und den Erfolg der Regenerationsmaßnahmen auf die bestehenden Hochmoorflächen einerseits, sowie die künftig sich wieder zu Hochmoorflächen entwickelnden Potentialflächen andererseits, überwachen.
- Die Wirkungsziele werden für jedes Regenerationsprojekt und für die Hochmoor- und Potentialflächen jedes Objekts, in zugehörigen Wirkungskontrolle-Betriebsheften beschrieben, räumlich bezeichnet und quantifiziert. Die Wirkungskontrolle-Betriebshefte enthalten darüber hinaus alle wesentlichen Angaben zum objekt- und flächenbezogenen Stichprobenplan und den Erhebungsmethoden.

Die oben erläuterten Grundzüge der Erfolgskontrolle für das Hochmoor-Regenerationsprogramm haben ihre Grundlage in den Schlussfolgerungen aus den ersten kantonalzürcherischen Regenerationsprojekten (vgl. Kap. 1.5). Aufgrund der Tatsache, dass die Wirkungskontrolle für die ersten vier Projekte Ende 1997 bereits einen Kostenstand erreicht hatte, welcher das Wirkungskontrolle-Gesamtbudget des Regenerationsprogrammes weit übertraf, war abzusehen, dass diese bezüglich Zielsetzungen, Inhalten, Methoden und Prioritäten stark gestrafft und optimiert werden musste. Die Konzeption der Wirkungskontrolle beanspruchte deshalb ausreichend Zeit, damit sie schrittweise erarbeitet, hinterfragt und überarbeitet werden konnte. Das Ergebnis dieser Arbeiten liegt in Form eines Wirkungskontrolle-Gesamtkonzepts sowie von Wirkungskontrolle-Detailkonzepten für die vegetationskundliche, die hydrologische und die wasserchemische Wirkungskontrolle vor.

Im Vergleich zu den früheren Projekten, in welchen die Inhalte und v.a. auch die Stichprobenpläne und die Methodik weitgehend von den Projektverantwortlichen abhängig war, erfolgt die Wirkungskontrolle im Regenerationsprogramm heute nach standardisierten Vorgaben. Die Ergebnisse sind deshalb

über die einzelnen Projekte hinweg vergleichbar. Dies erleichtert die Interpretation der Ergebnisse und ergibt einen Mehrwert an Informationen und Erkenntnissen über grundlegende Fragestellungen im Zusammenhang mit Regenerationsprojekten.

Hydrologische und wasserchemische Wirkungskontrolle (abiotische Wirkungskontrolle)

Im Gegensatz zu den früheren Wirkungskontrollen, werden im Hochmoor-Regenerationsprogramm anteilmäßig größere Mittel in die hydrologische und wasserchemische Wirkungskontrolle investiert. Hydrologische Wirkungskontrollen werden für alle Einzelprojekte, die im Rahmen des Regenerationsprogrammes durchgeführt werden, ausgeführt. Die zugehörigen Ersterhebungen sind in die moorhydrologische Grundlagenerhebung integriert – was bei der Anlage der Stichprobenpläne bereits auf der Stufe der Voruntersuchungen berücksichtigt werden muss.

Die zeitlich-räumlichen Aspekte der hydrologischen und wasserchemischen Folgeerhebungen werden, gezielter als früher, auf die wesentlichsten Wirkungsziele und den Zeitraum unmittelbar nach der baulichen Umsetzung der Maßnahmen konzentriert. Dies bedeutet, dass in den Folgeerhebungen nur noch jene Standorte erhoben werden, welche – entsprechend den Ergebnissen aus den Grundlagenerhebungen und gemäß Maßnahmenplanung – für den Wasserhaushalt und die Wasserchemie im Wirkungsbereich der Maßnahmen für das Hochmoor maßgeblich sind. Die hydrologischen und wasserchemischen Folgeerhebungen, werden i. a. in den ersten Monaten unmittelbar nach der Umsetzung der baulichen Maßnahmen oder – bei allmählichem, schrittweisem Anstau – kurz vor Erreichen der prognostizierten optimalen Staukote am intensivsten betrieben. Für die hydrologische – und neulich auch die wasserchemische Wirkungskontrolle – werden, an besonders wichtigen Standorten, zunehmend auch automatisch aufzeichnende Druck- und Leitfähigkeits-Messsonden eingesetzt. Die Ergebnisse der hydrologischen und wasserchemischen Wirkungskontrolle werden im Anschluss an die baulichen Maßnahmen zunächst in kürzeren, dann allmählich längeren Zeiträumen ausgewertet, und die weiteren Erhebungen den Ergebnissen entsprechend angepasst. Dies führt im Verlaufe der Zeit zu einem schrittweisen Rückbau von Messstellen und zur Verringerung der Messgänge.

Die bisherigen Projekte haben gezeigt, dass die meisten Fragestellungen der hydrologischen und wasserchemischen Wirkungskontrollen bereits nach wenigen Monaten, bis spätestens etwa 1 Jahr nach Maßnahmenumsetzung oder Anstau auf optimale Staukoten beantwortet, und die Wirkungskontrolle-Erhebungen in zeitlich-räumlicher Hinsicht damit stark eingeschränkt werden können. Fragestellungen im Zusammenhang mit ausserordentlichen Witterungsbedingungen, insbesondere die Erfassung von Höchstwasserständen und -abflüssen, erfordern i. d. R. aber deutlich länge-

re Beobachtungszeiträume. Solche Fragestellungen werden – je nach ihrer Bedeutung im Projekt – teilweise auch mit mehrjährigen, Beobachtungsreihen und dem Einsatz von automatisch registrierenden Messgeräten angegangen.

Vegetationskundliche Wirkungskontrolle

Aufgrund des für das Hochmoor-Regenerationsprogrammes viel zu hohen Mittelbedarfs für die vegetationskundlichen Wirkungskontrollen in den ersten kantonalzürcherischen Regenerationsprojekten (vgl. Kap. 1.5) sowie auch aufgrund von inhaltlichen und methodischen Unzulänglichkeiten bei der Datenauswertung und Interpretation, wurde die vegetationskundliche Wirkungskontrolle für das Hochmoor-Regenerationsprogramm grundlegend überdacht und umgestaltet.

Der in den ersten Projekten teilweise noch verfolgte Ansatz, die Wirkung und den Erfolg der Regenerationsmaßnahmen – auch im Sinne einer Früherkennung – vorwiegend oder allein mittels vegetationskundlichen Erhebungen zu ermitteln, wurde im Regenerationsprogramm nicht weiter verfolgt. Die Früherkennung von unerwünschten Veränderungen erfolgt im Regenerationsprogramm mittels hydrologischer und wasserchemischer Wirkungskontrollen (s. oben). Weil diese Wirkungskontrollen die für die Hochmoorentwicklung maßgeblichsten Standortfaktoren abdeckt, war in der Methodenevaluation für die vegetationskundliche Wirkungskontrolle im Regenerationsprogramm wesentlich, dass diese gut abgesicherte, quantitative Aussagen zu Veränderungen im Artengefüge der Aufnahmeflächen liefert – und nicht etwa Aussagen zu zeigerwertgestützten Veränderungen in den Standortfaktoren. So nahe liegend diese Anforderung ist, in Bezug auf die Evaluation von geeigneten Aufnahmeflächen hatte sie einschneidende Konsequenzen, weil die in vegetationskundlichen Wirkungskontrollen üblicherweise angewendeten Aufnahmeverfahren, mit Schätzung von Deckungsklassen, diesen Anforderungen nicht genügen. Weil sich Aufnahmen mit artbezogenen Deckungsklassen über mehrere Beobachtungsflächen nicht vernünftig aufsummieren lassen, führt die Auswertung solcher Datensätze lediglich zu Aussagen darüber, ob die Deckungswerte einer bestimmten Art, über alle Aufnahmeflächen betrachtet, zu- oder abgenommen haben, oder ob sie sich nicht verändert haben (Vorzeichentest, Vorzeichenrangtest). Welche Deckung die Art zum Zeitpunkt der Erstaufnahme in den einzelnen Beobachtungsflächen hatte, ist genau so wenig bekannt, wie das Ausmaß der Deckungsänderung zwischen Erst- und Folgeaufnahme(n). In der Praxis führen diese methodischen Unzulänglichkeiten meist dazu, dass die Aufnahmen für die Anwendung von ergiebigeren statistischen Verfahren mit Zeigerwerten transformiert werden – was in der vegetationskundlichen Wirkungskontrolle für das Hochmoor-Regenerationsprogramm vermieden werden sollte (s. oben) – und abgesehen von besseren Ver-

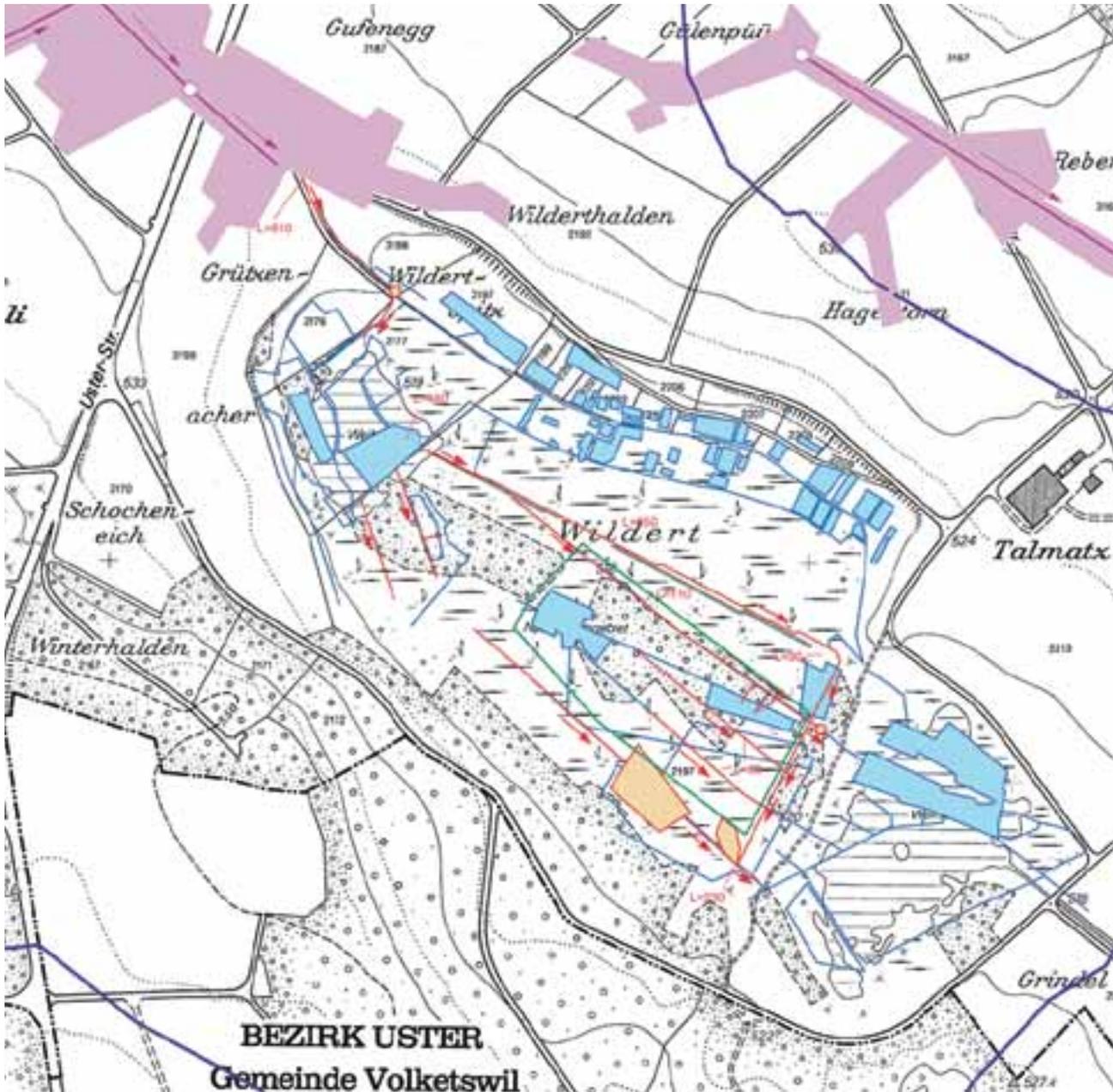


Abbildung 1

Regenerationsprojekt „Wildert“: Darstellung der raumbezogenen Ergebnisse aus der Auswertung von vorhandenen Grundlagen und Feldverifikation (Teilplan „Hydrologie“):

Basierend auf alten Luftbildern aus den 30er- und 40er-Jahren, historischen Karten (ab 1850), Meliorationsplänen (Drainagen) und Höhenlinien mit Äqidistanzen von 5 bis 10 m wurden im CAD:

- a) das Einzugsgebiet abgegrenzt (dunkelblaue Linien – durch Abbildung nur randlich teilweise abgedeckt);
- b) innerhalb des Einzugsgebietes die drainierten Flächen, Drainage-Hauptleitungen und Fließrichtungen kartiert (violette Strukturen);
- c) aus alten Luftbildern und historischen Karten (frühere) Gewässer, Gräben, Torfabbauflächen, -weiher und -kanten kartiert (blaue Strukturen);
- d) und anhand von Feldbegehungen der aus a) bis c) hervorgegangene Grundlagenplan verifiziert, ergänzt (z.B. Leitfähigkeitsmessungen, Kartierung Hochmoor-Potentialflächen) und überarbeitet (rote Strukturen; L = elektr. Leitfähigkeiten, Hochmoor-Potentialfläche = grün abgegrenzte Fläche).

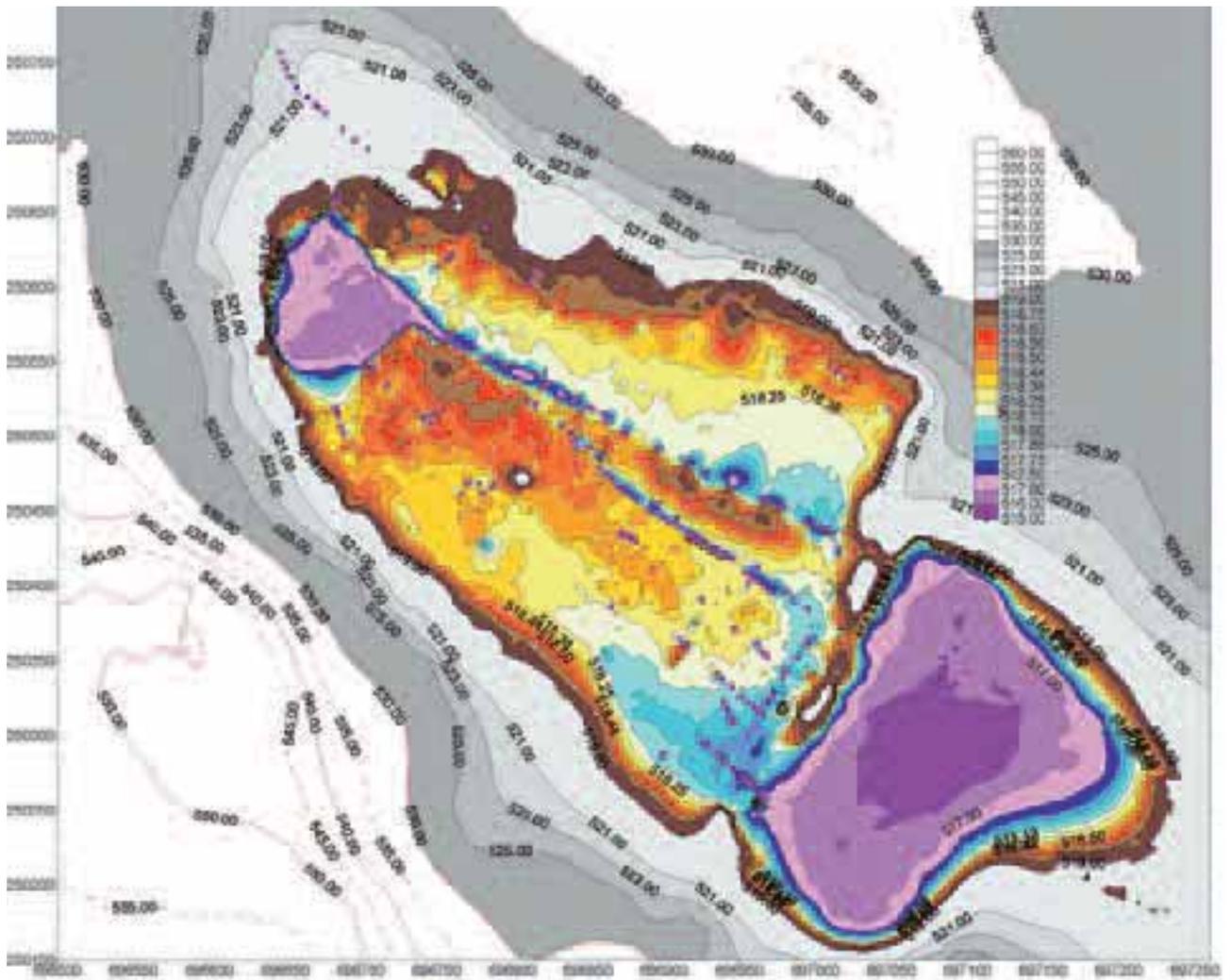


Abbildung 2

Regenerationsprojekt „Wildert“: Darstellung des Oberflächenmodells auf der Grundlage von DGPS-RTK-gestützter Vermessung (Aufnahmegenaugigkeit im Zentimeterbereich). Wesentlich ist, dass die Vermessungen nach moorhydrologisch und maßnahmenspezifisch relevanten Kriterien erfolgt. Im selben Arbeitsgang werden aktuelle (offene) Wasserstände, Gräben, Schwinggraben und vegetationskundlich maßgebliche Strukturen mit eingemessen, bzw. kartiert. Beispielhaft hierfür sind die aufgenommenen Grabenpunkte dargestellt (violette Punkte).

trauensintervallen, zu größeren Unsicherheiten bei der Interpretation und Wertung der Ergebnisse führt.

In der Methodenevaluation für die vegetationskundliche Wirkungskontrolle im Hochmoor-Regenerationsprogramm fiel der Entscheid für eine modifizierte, großflächig ausgelegte Variante des Punkt-Quadrat-Aufnahmemethode. Dabei wird innerhalb von großflächigen, genau eingemessenen Rechtecksflächen ein Netz von jeweils mehreren hundert, regelmäßig angeordneten Punkten aufgenommen. Die Aufnahmen an den jeweils wenige Meter auseinanderliegenden Netzpunkten erfolgen durch Abfahren einer Nadelspitze und Notation der getroffenen Arten. Angefahrene Torfmoos-Individuen werden gesammelt und – aus Kostengründen – zunächst nur archiviert. Ergänzend wird die Rechtecksfläche nach den Aufnahmen noch nach Arten abgesucht, welche in der Fläche zwar vorkommen, an den Aufnahme-

punkten zuvor aber nicht getroffen wurden. Weil die Aufnahmen innerhalb der Grundfläche entlang von Transektlinien, die in regelmäßigen Abständen um jeweils einige Meter versetzt werden, erfolgen, und die Eckpunkte der Grundfläche genau eingemessen werden, kann auch die räumliche Information zu den einzelnen Aufnahmepunkten mit erfasst und ausgewertet werden. Für die so aufgenommenen Grundflächen kann für jede getroffene und nicht getroffene Art der Erwartungswert und – anhand der Binomialverteilung – auch das einem bliebigem Signifikanzniveau zugehörige Vertrauensintervall bestimmt werden. Für alle in der Rechtecksfläche vorhandenen Arten ergeben sich aufgrund der Aufnahmen somit Aussagen der folgenden Art: „Die Art X weist innerhalb der aufgenommenen Grundfläche eine Frequenz (Deckung) auf die mit 95%iger Wahrscheinlichkeit zwischen 47 und 53% liegt. Die Größe des zugehörigen Vertrauensintervalls ist von der Gesamtzahl

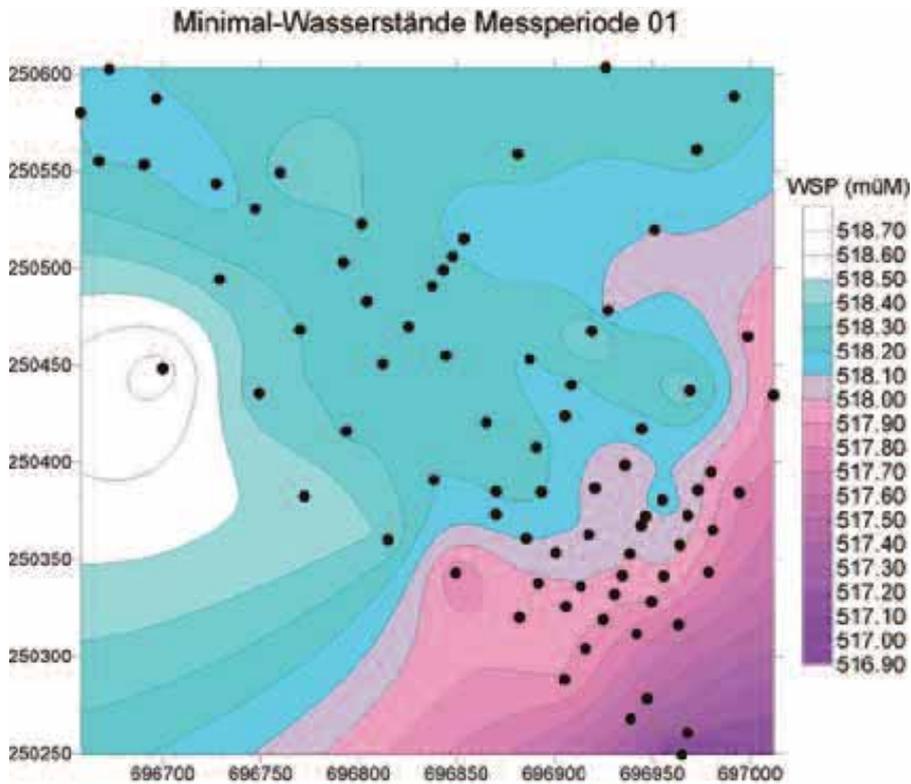


Abbildung 3a

Regenerationsprojekt „Wildert“: Beispielhafte Darstellung der Ergebnisse von Wasserstandsmessungen (Minimalwasserstände). Die Messperiode umfasst mindestens 6 Monate. Die Messstellenanordnung (schwarze Punkte) erfolgt nach moorhydrologischen und regenerationspezifischen Fragestellungen. Sie schließt die Ansprüche der Wirkungskontrolle mit ein.

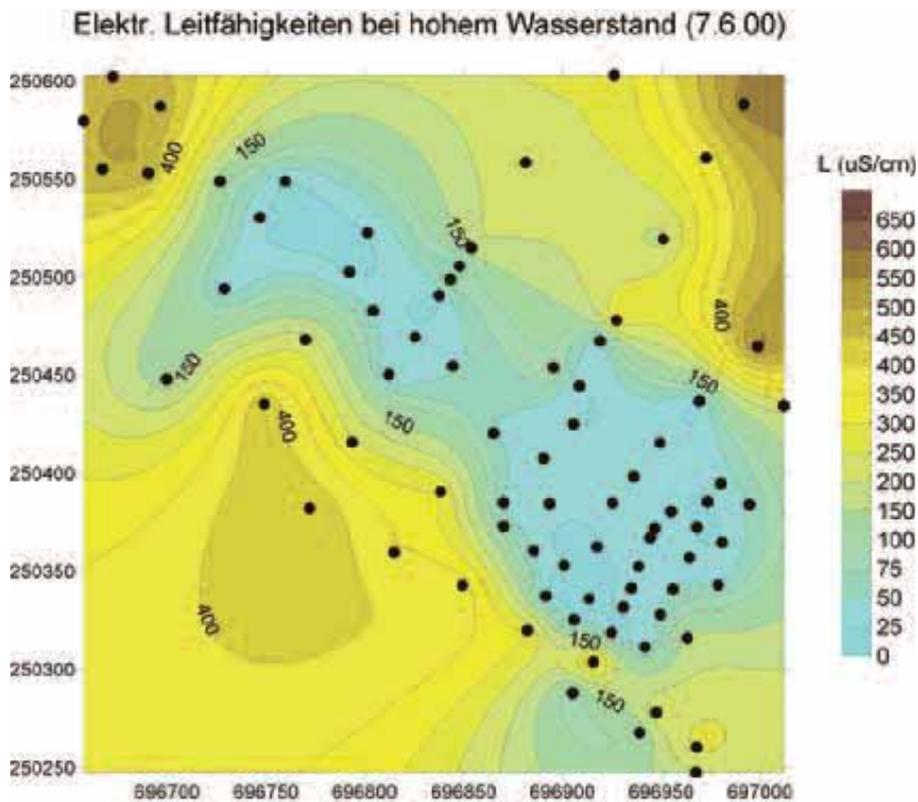


Abbildung 3b

Regenerationsprojekt „Wildert“: Beispielhafte Darstellung der Ergebnisse von Leitfähigkeitsmessungen. Die elektr. Leitfähigkeiten geben ein Bild vom Mineralwassereinfluss auf die Hochmoor- und Potentialflächen. Die Messperiode umfasst mindestens 6 Monate. Die Messstellenanordnung (schwarze Punkte) erfolgt nach moorhydrologischen und regenerationspezifischen Fragestellungen. Sie schließt die Ansprüche der Wirkungskontrolle mit ein.

Detailabklärungen Massnahmen B2/B3: Überlagerung Oberflächenmodelle für den mineralischen Stauer (rot) und das gewachsene Terrain

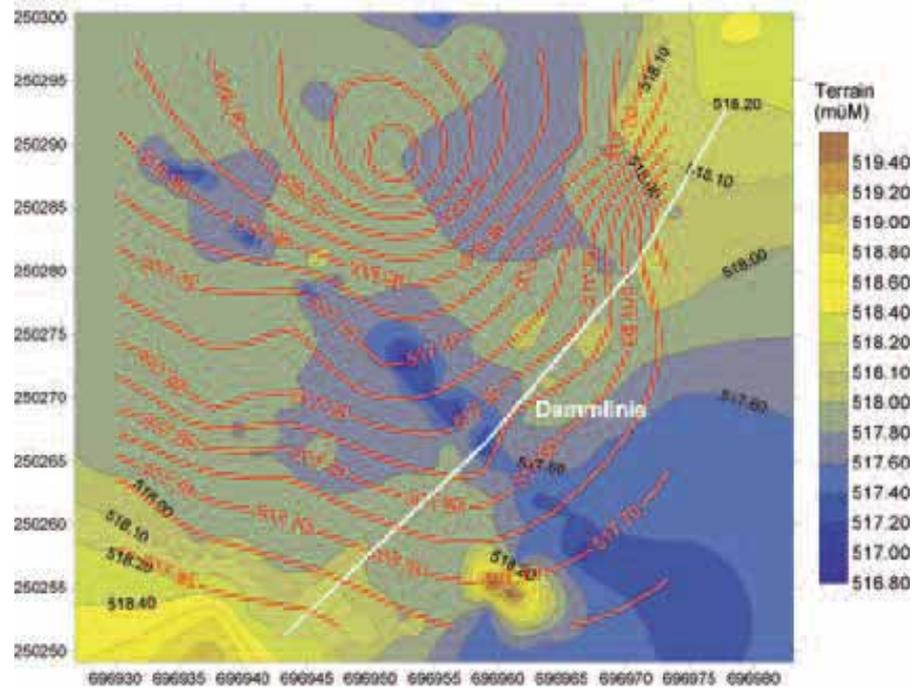


Abbildung 4

Regenerationsprojekt „Wildert“: Beispielhafte Darstellung für die maßnahmenbezogenen Detailuntersuchungen. Sie sind auf das nähere Umfeld der wichtigsten oder bautechnisch anspruchsvollsten Maßnahmenstandorte beschränkt. Sie dienen für die Festlegung der genauen Lage, Art, Einbindung und Dimensionierung der Maßnahmen und Einrichtungen.

der Aufnahmepunkte sowie der Anzahl „Treffer“ für die jeweilige Art abhängig. Bei einigen Hundert Aufnahmepunkten liegt das 95%-Vertrauensintervall in der Regel bei etwa +/- 0.5 bis 4%, je nachdem, wie häufig die Arten innerhalb der Grundfläche vorkommen. Die Auswertung von Aufnahmen aus verschiedenen Jahren erfolgt, ebenfalls auf statistischer Grundlage. Im Gegensatz zur Auswertung von Aufnahmen mit Deckungsklassen, erfolgt die statistische Auswertung aber nicht an transformierten – und quantitativ kaum mehr zu interpretierbaren Differenzen von Deckungsklassen – sondern an den untransformierten Rohdaten. In die Auswertung von zwei Punkt-Quadrat-Aufnahmesätzen fließt die Summe der Gesamtzahl an Aufnahmepunkten aus beiden Aufnahmen sowie die artspezifischen Trefferzahlen aus den beiden Erhebungsjahren ein. Als Ergebnis dieser Auswertung liegen somit für alle Arten und Artengruppen quantitative Aussagen der folgenden Art vor: „Die Frequenz (Deckung) der Art X hat – ausgehend von einem Erwartungswert von 27% (+/- 3%) – von 1990 bis 1995 in der Untersuchungsfläche statistisch signifikant um 12 bis 16% zugenommen (vgl. Abb. 9a u. 9b).

Der wesentlichste Vorteil der oben beschriebenen Aufnahme- und Auswertungsmethode liegt für das Hochmoor-Regenerationsprogramm darin, dass die Methodik – vom Stichprobenplan bis zur Datenauswertung – für starke statistische Analysen gut zu-

gänglich ist, und weder bei der Aufnahme, noch bei der Auswertung irgendwelche Transformationen durchgeführt werden müssen. Die beschriebene Methode ergibt für das eigentliche Ziel der Erhebungen – d.h. für die verschiedenen Arten und Artengruppen – quantitative relativ genaue und statistisch abgesicherte Aussagen zu den artbezogenen oder artengruppenbezogenen Veränderungen innerhalb der von Aufnahmepunkten abgedeckten Grundfläche. Weil an den Aufnahmepunkten getroffene Torfmoose gesammelt werden, ergibt sich im Hinblick auf die Erfassung von Veränderungen im Torfmoosgefüge die Möglichkeit, Torfmoose im Nachhinein unter dem Mikroskop zu bestimmen und ihre Frequenz (Deckung) – bzw. die Veränderungen derselben – innerhalb der Untersuchungsflächen damit ebenso genau anzugeben, wie dies für die übrigen Arten möglich ist. Aufgrund der bekannten Schwierigkeiten Torfmoosarten im Feld sicher zu bestimmen – und dem noch größeren Problem die Deckung der einzelnen Torfmoosarten in der Fläche zu schätzen, eignet sich das Punkt-Quadrat-Aufnahmeverfahren mit Torfmoosprobenahme für Hochmoorvegetation besonders. Der Umstand, dass die Proben bei Trocknung und Archivierung auch Jahrzehnte später noch ausgewertet werden können wird im Regenerationsprogramm dahingehend ausgenutzt, dass die Proben zunächst zwar gesammelt, jedoch erst bei Bedarf – d.h. beispielsweise aufgrund der ersten Zwischenergebnisse über

Hochmoor "Wildert": Übersichtsplan Regenerationsmassnahmen

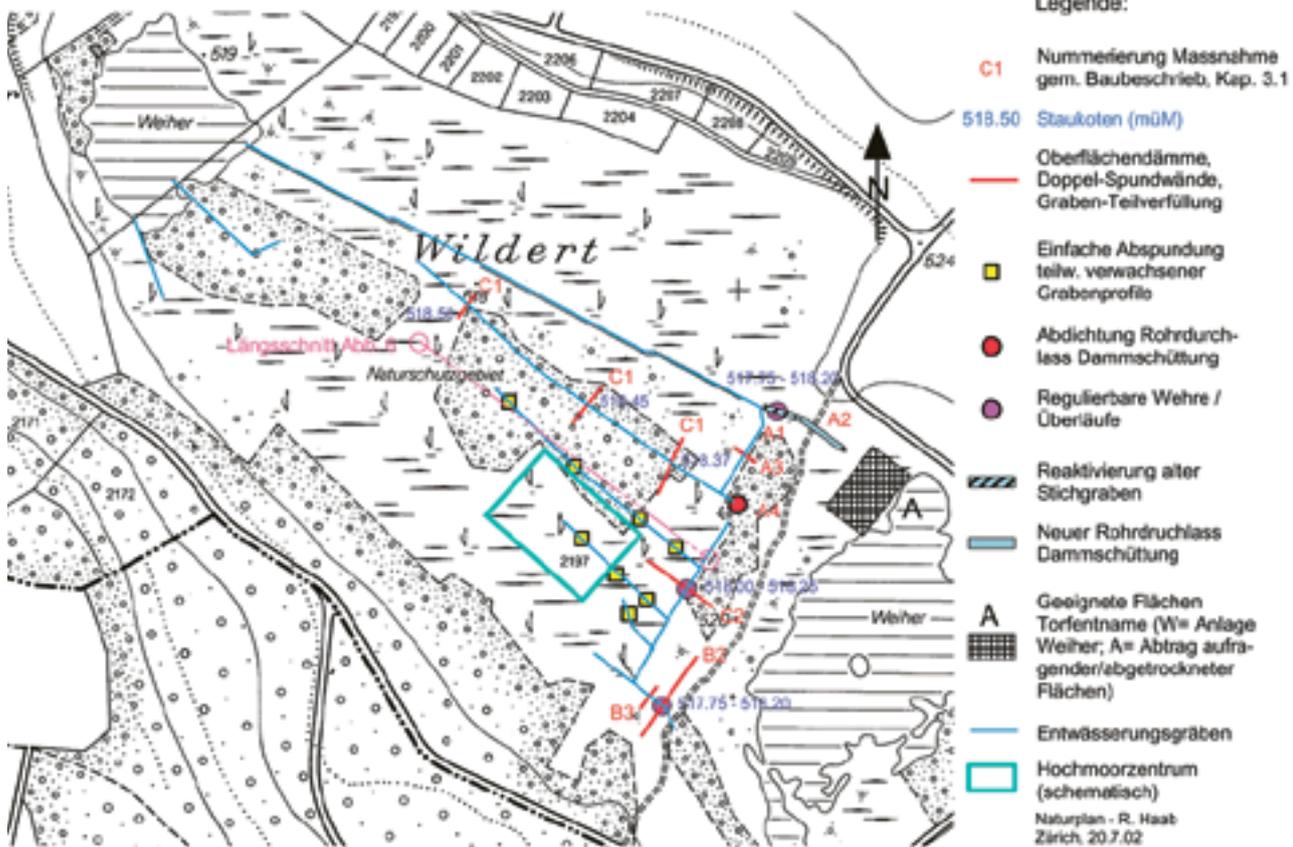


Abbildung 5

Regenerationsprojekt „Wildert“: Übersichtsplan für die Regenerationsmassnahmen. Die Massnahmenplanung orientiert sich an den erhobenen Grundlagen und an moorhydrologisch begründeten Modellvorstellungen für eine mittel- bis langfristig möglichst optimale Hochmoorentwicklung. Die dargestellten Massnahmen bezwecken, je nach Standort und Zielen: Graben-/Bodenwasseranstau, leichten Überstau, diffuse Oberflächenabflüsse, Lenkung von Mineralstoffflüssen. Für technisch anspruchsvolle Massnahmen und Einrichtungen werden Detailpläne erstellt.

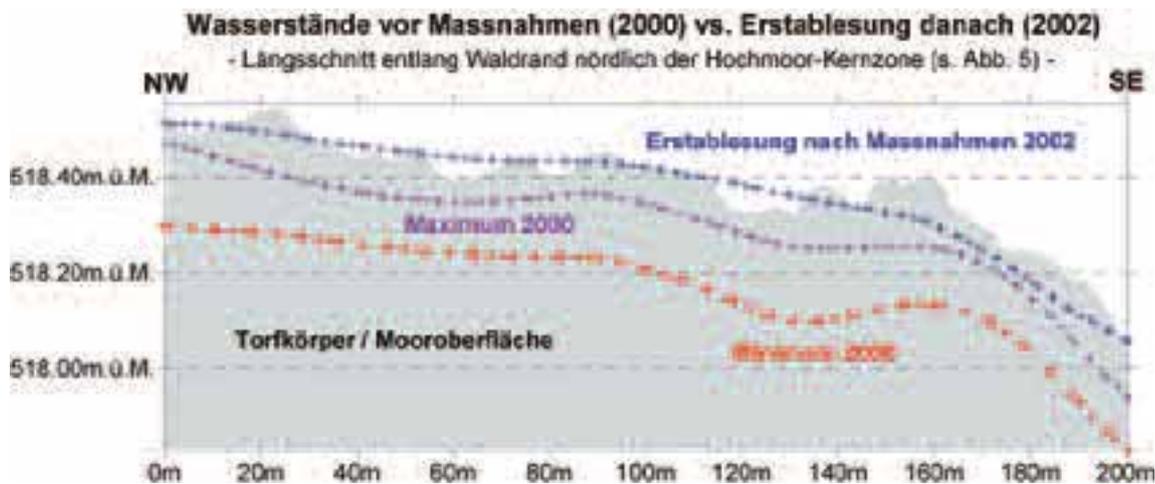


Abbildung 6

Regenerationsprojekt „Wildert“: Ergebnis einer ersten hydrologischen Nachkontrolle, dargestellt an einem Längsschnitt am Nordrand des Hochmoorzentrums (vgl. Abb. 5): Aufgrund der Witterung wurden die baulichen Massnahmen im Dezember 2002 vorübergehend eingestellt. Erste Nachkontrollen/Wasserstandsablesungen haben stattgefunden. Sie belegen unter winterlichen Verhältnissen gute, zielkonforme Stauwirkung – maßgeblicher aber werden die in der Vegetationsperiode, und insbesondere in sommerlichen Trockenperioden, zu verzeichnenden Wasserstände sein.

Hochmoor "Chrutzelen": Wasserstände vor / während / nach Regenerationsmassnahmen 2001/02

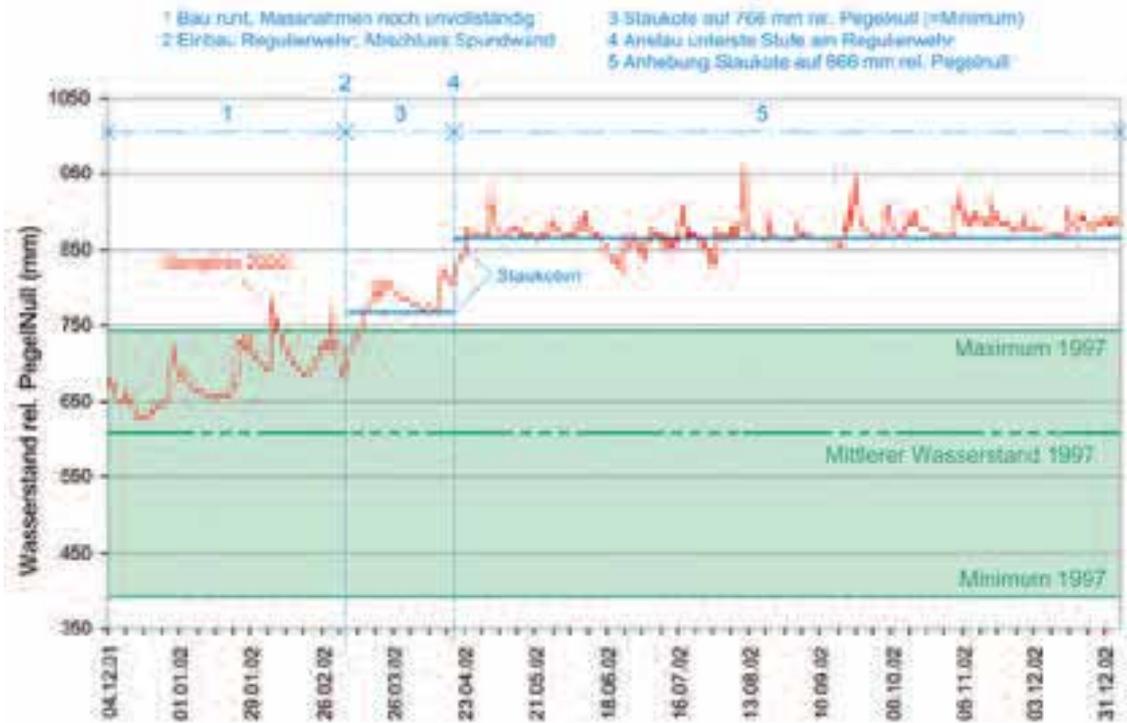


Abbildung 7

Regenerationsprojekt „Chrutzelen“: Ergebnisse einer noch wenig intensiven hydrologischen Wirkungskontrolle, dargestellt anhand von Wasserstandsablesungen 1997 (vor Maßnahmen) und der Autopegel-Ganglinie 2002 (während und nach Maßnahmen). Der Anstau ist regulierbar, die Staukote Ende 2002 noch ca. 15 cm unter dem angestrebten Niveau. Die Staukote muss aufgrund von Mineralwassereinfluss und aus Artenschutzgründen langsam und schrittweise erfolgen. Die hydrologische Wirkungskontrolle wird im Bereich der angestrebten Staukote räumlich und zeitlich intensiviert.

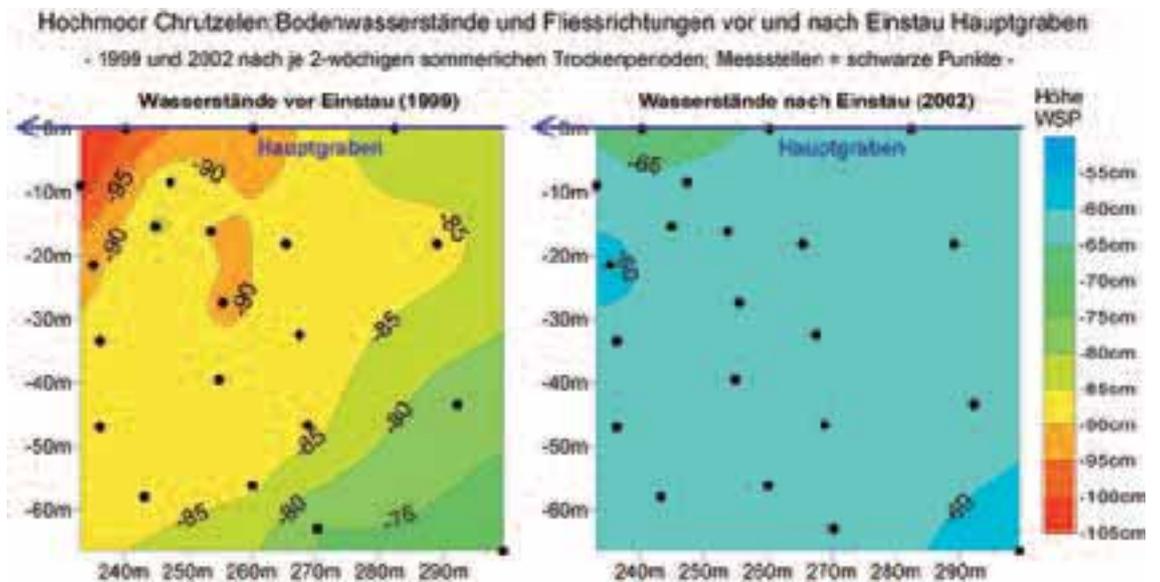


Abbildung 8

Regenerationsprojekt „Chrutzelen“: Ergebnisse zur Wirkungskontrolle hinsichtlich Abdichtungswirkung von Staumaßnahmen am Hauptgraben. Nach je zweiwöchentlichen Trockenperioden vor und nach Maßnahmen lagen die Bodenwasserstände nach Maßnahmen deutlich höher: Für die Beurteilung der Abdichtungswirkung aber wesentlicher ist, dass nach den Maßnahmen gegen den Graben hin praktisch kein Wasserstandsgefälle mehr vorhanden war – und aus dem Staubereich somit praktisch kein Bodenwasser mehr abströmte. Das nur noch sehr schwache Gefälle um Koordinate 240m/0m kam durch die noch zu tiefe Stauhöhe (-67 cm) zustande. Es wird mit dem nächsten Stauschritt noch geringer.

die Veränderungen in der Torfmoos-Gesamtdeckung oder im Artengefüge des Gefäßpflanzenbestandes – ausgewertet werden. Dabei besteht die Möglichkeit, jeweils alle Probeentnahmen einer Untersuchungsfläche oder schrittweise nur einzelne Anteile der gesamten Probeentnahme (schrittweise) unter Mikroskop zu bestimmen und auszuwerten. Weil die Torfmoosbestimmung unter dem Mikroskop relativ aufwendig ist, kann mit diesem Vorgehen sicher gestellt werden, dass keine wertvollen Informationen verloren gehen und gleichzeitig die Torfmoosarten jeweils so weitgehend in die Auswertung einbezogen werden können, wie es das Projekt verlangt oder die Finanzen dies zulassen.

Weitere Vorzüge der Punkt-Quadrat-Methode bestehen darin, dass die Aufnahmen schätzungs frei sind und die Methode auf die Erhöhung oder Verringerung der Anzahl Aufnahmepunkte robust ist, weil die räumliche Repräsentativität der Aufnahmen für das Hochmoor-Regenerationsprogramm hoch ist. Ausgehend von der Erstaufnahme kann überdies die Zahl an Aufnahmepunkten, die in der Folgeaufnahme für eine gewünschte artspezifische Aussagegenauigkeit erforderlich ist, zum Vornherein berechnet werden. Die Aufnahmen erfordern einen vergleichsweise geringen Zeitaufwand, keine aufwendigen Verpflockungs- und Einmessungsarbeiten und die Trittbelastung für die Vegetation ist vergleichsweise gering.

Gemäß Erfolgskontrolle-Gesamtkonzept für das Hochmoor-Regenerationsprogramm sind vegetationskundliche Wirkungskontrollen für etwa die Hälfte der angestrebten Regenerationsprojekte vorgesehen. Die Auswahl der Objekte richtet sich nach der Priorität der Einzelprojekte, der Qualität der bereits vorhandenen Hochmoorvegetation und der Größe und Qualität der Potentialflächen. Die Ausscheidung der Aufnahme flächen innerhalb der einzelnen Objekte orientiert sich an den Prognosen hinsichtlich der räumlichen Auswirkungen der Regenerationsmaßnahmen. Sie schließt auch sogenannte „Potentialflächen“ mit ein, auf denen maßnahmenbedingt und mittel- bis langfristig sich wieder Hochmoorvegetation ausbilden soll. Untersuchungsflächen mit bestehender Hochmoorvegetation und „Potentialflächen“ werden getrennt – und nach leicht unterschiedlichen Inhalten aufgenommen und ausgewertet. Für relativ seltene hochmoortypische Einzelarten werden in einzelnen Projekten zusätzlich zu den Punkt-Quadrat-Aufnahmen auch die Vorkommen im Umkreis von 25 cm um den Aufnahmepunkte notiert. Dazu wird um den Aufnahmepunkt ein Ring ausgelegt.

2.6 Finanzen

Das Gesamtbudget des Hochmoor-Regenerationsprogrammes beträgt etwa sFr. 2.0 Mio. Dies bei einer Laufdauer von 10 Jahren und mindestens 10 bis 15 geplanten Einzelprojekten. Vom Gesamtbetrag entfallen gemäß Budgetierung:

- sFr. 150.000.- auf konzeptionelle Vorarbeiten und das Erarbeiten der Prioritätenliste;

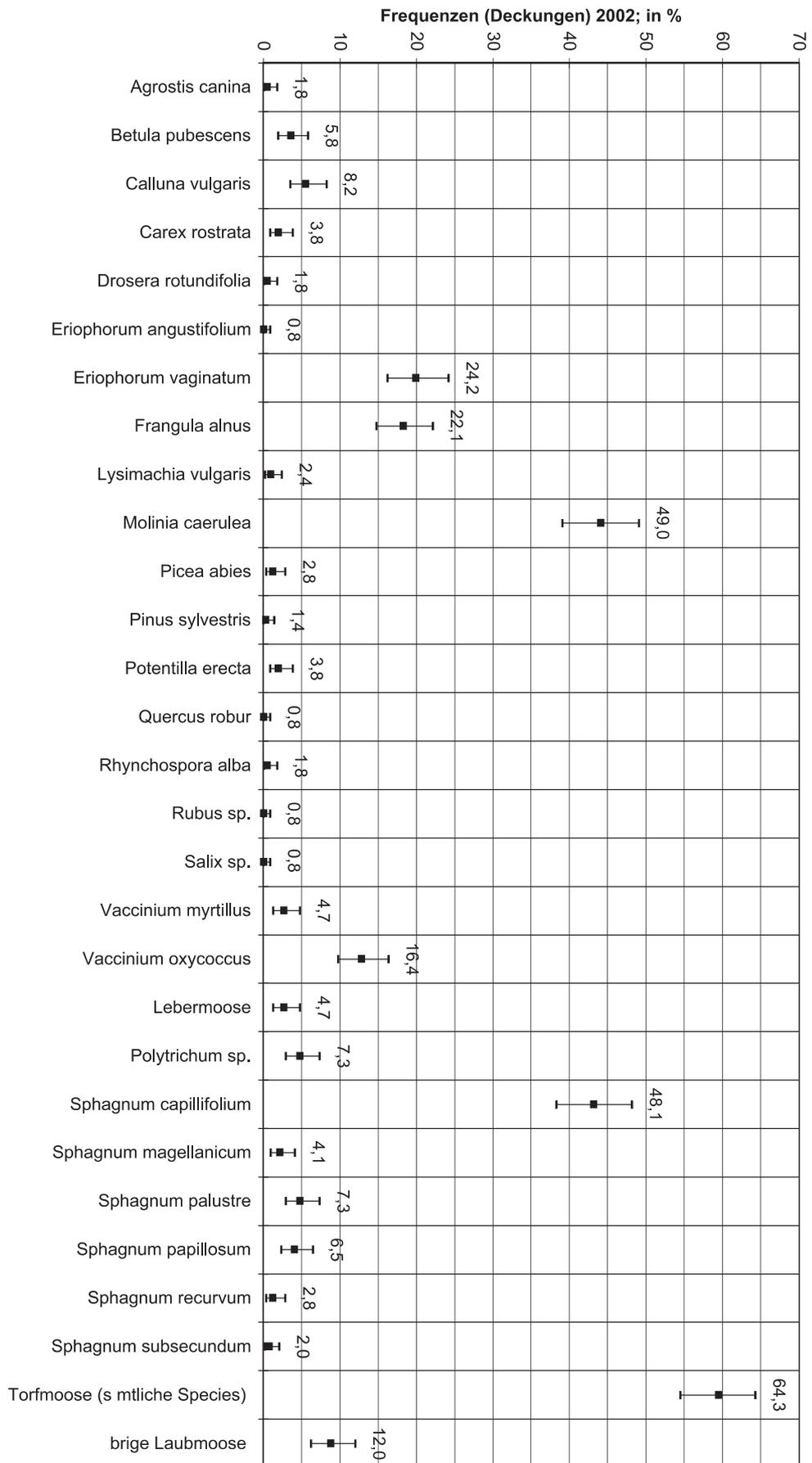
- sFr. 700.000.- auf Grundlagen- und Detailabklärungen für die Einzelprojekte;
- sFr. 1.000.000.- auf die Umsetzung und Begleitung der baulichen Massnahmen;
- sFr. 150.000.- auf die Erfolgskontrolle (insbesondere Wirkungskontrolle).

Die oben ausgewiesenen Kosten – und der Kosten-schlüssel – sind auf andere Regionen und Länder nicht übertragbar. Die für Grundlagenerhebungen anteilmäßig hohen Kosten ergeben sich daraus, dass die im Kanton Zürich noch vorhandenen Hochmoorreste topographisch und moorhydrologisch stark strukturiert und auch bezüglich Mineralwassereinflüssen und hinsichtlich der Summe an hydrologischen Beeinträchtigungen komplex sind. In großflächigen, noch einigermaßen gut erhaltenen Gebieten, ist der Aufwand für Grundlagen- und Detailabklärungen anteilmäßig i. a. deutlich geringer – während der Kostenanteil für bauliche Maßnahmen und Landerwerb oft wesentlich höher liegt.

Zusammenfassung

Die wissenschaftliche Literatur bietet, was den Wasserhaushalt und die Entwicklung von intakten und beeinträchtigten Hochmooren anbetrifft, mittlerweile ein reiches Spektrum an hydrologischen Theorien, Modellen und Klassifizierungen. Diesem Sachverhalt steht in der Regenerationspraxis oft ein Vorgehen gegenüber, das die zu regenerierenden Hochmoore auf eine Ansammlung von Einzelgräben und Torfstichen reduziert, die es – mit wenig Bezug um Wasserhaushalt des Gesamtmoores oder des weiteren Grabenumfelds – zu verbauen gilt. Diese Sichtweise muss nicht zwingend zu schlechten Projekten oder Misserfolgen führen. Erkenntnisse und Erfahrungen an vielen in- und ausländischen Regenerationsprojekten zeigen, dass dies aber a) noch allzu oft der Fall ist, und b) oft kaum erkannt wird, weil dazu die erforderlichen Grundlagendaten oder spezifisch moorhydrologische Kenntnisse fehlen.

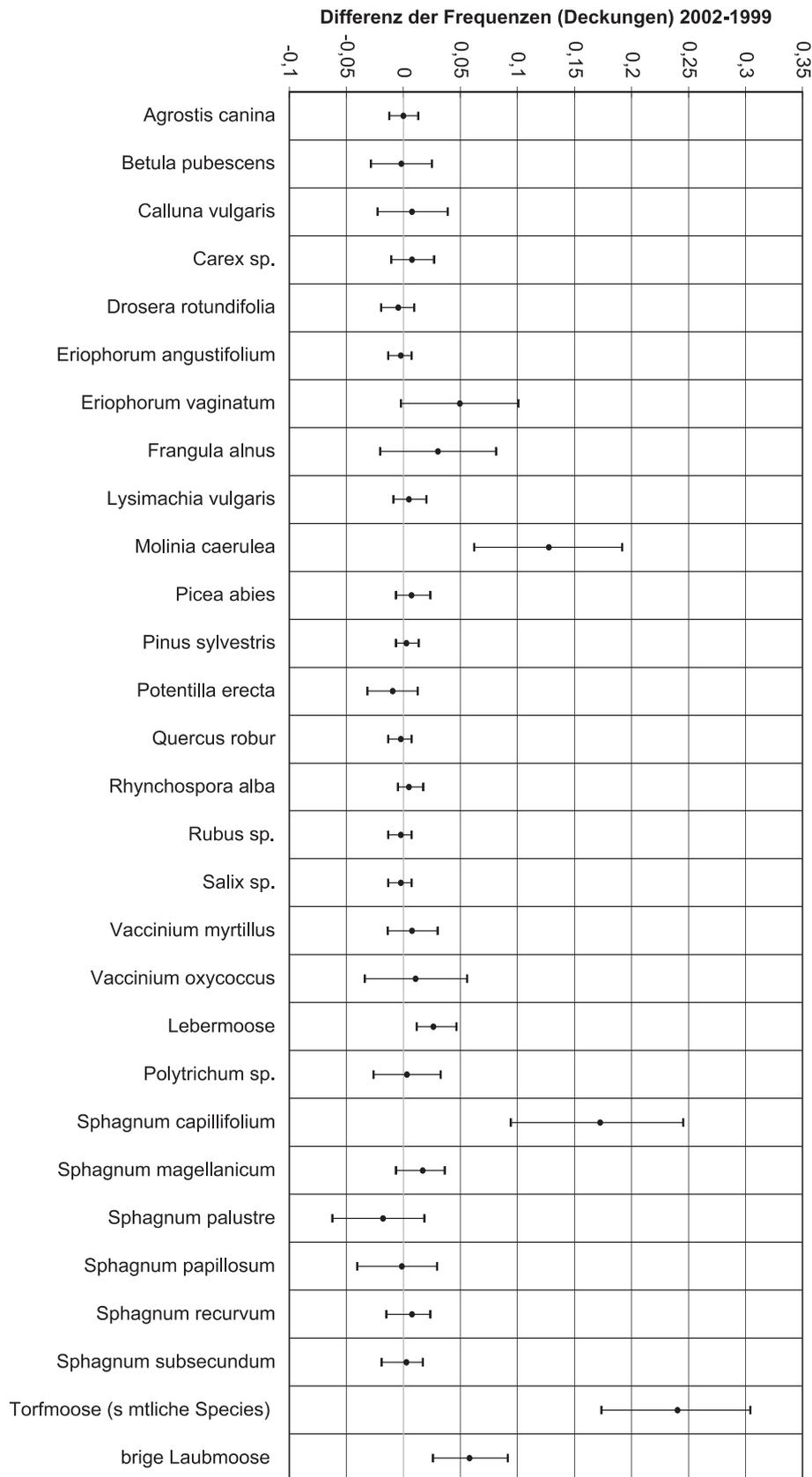
Der erste Teil des vorliegenden Beitrags gibt eine Übersicht über die Erfahrungen, die im Kanton Zürich, von 1980 bis 1996, an insgesamt 6 Hochmoor-Regenerationsprojekten gewonnen wurden. Der zweite Teil des Berichts stellt die wesentlichen inhaltlichen, konzeptionellen und methodischen Aspekte des Hochmoor-Regenerationsprogrammes für den Kanton Zürich vor. Das Programm wurde 1997, als Konsequenz aus den Erfahrungen mit vorangehenden Einzelprojekten gestartet. Es beinhaltet Grundlagenabklärungen, Planung, Umsetzung und die Erfolgskontrolle für Regenerationsprojekte in 10 bis 15 weiteren Hochmooren – nach weitgehend standardisiertem, stark auf die moorhydrologischen Grundlagen und Prioritäten ausgerichtetem Vorgehen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die im Kanton Zürich insgesamt noch vorhandenen 30 Hochmoore nur noch kleinflächige Überreste von meist



Chrutzelenmoos: Arten(gruppen)-bezogene Frequenzen (Deckungen) gem. Punkt-Quadrat-Aufnahme 2002
 - Erwartungswerte (rot) und 95%-Konfidenzgrenzen; obere Grenzen mit Wertangaben -

Abbildung 9 a

Regenerationsprojekt „Chrutzelen“: Auswertung der Punkt-Quadrat-Aufnahme 2002, mit Darstellung von Erwartungswerten und zugehörigen 95%-Vertrauensintervallen. Wertangaben entsprechen dem Absolutwert der oberen Grenze des Vertrauensintervalles.



Crutzelenmoos: 95%-Konfidenzintervalle für Frequenz-/Deckungsdifferenzen zweier Punkt-Quadrat-Aufnahmen
 - bei 1999 und 2002 je ca. 400 Rasterpunkten -

Abbildung 9b

Regenerationsprojekt „Chrutzelen“: Ergebnis der vergleichenden Auswertung von Punkt-Quadrat-Aufnahmen 1999 (vor Einstau) und 2002 (kurz nach Einstau). Die Zweitaufnahme erfolgte, als Testaufnahme, im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Zürich. Weil in der Zweitaufnahme eine etwas breitere Nadel verwendet wurde, können die Ergebnisse nicht schlüssig interpretiert werden. Vor allem für feinästige und in der Untersuchungsfläche zugleich häufige Arten ist ein methodischer Fehler anzunehmen. Die Darstellung soll v.a. zeigen, in welcher Form die Zwischenergebnisse der vegetationskundlichen Wirkungskontrolle im Hochmoor-Regenerationsprogramm ab 2008 u. a. anfallen werden.

großflächig und tief abgetorfte Hochmoore sind, und Mineralwassereinflüsse aus dem Umfeld heute oft eine für die Hochmoorentwicklung wesentliche Bedeutung haben. Obwohl sich die Hochmoore im Kanton Zürich damit von vielen größeren Objekten im Ausland unterscheiden, zeigen Erkenntnisse und eigene Projekte in größeren in- und ausländischen Hochmooren, dass das im Kanton Zürich erarbeitete fachliche Vorgehen auch auf größere Gebiete nutzbringend angewendet werden kann – und wohl öfters als bisher auch angewendet werden sollte.

Der vorliegende Beitrag ist ein Plädoyer für vermehrt auf moorhydrologische Grundlagen, Konzepte und Prioritäten ausgerichtete Regenerationsprojekte – und insbesondere für darauf abgestützte projekt- bis länderübergreifende Regenerationsprogramme. Dies nicht zuletzt auch deshalb, weil Verwaltungen und Verbände zunehmend gehalten sind, die beschränkten finanziellen Mittel effizient einzusetzen – und darüber auch Rechenschaft abzulegen. Der vorliegende Beitrag zeigt, anhand von Beispielen aus dem Kan-

ton Zürich, welches Potential mit objektübergreifenden Konzepten sowie zugehörigen moorhydrologischen und maßnahmenspezifischen Grundlagenabklärungen sowohl im Hinblick auf die Effizienz, wie auch die Qualität von Regenerationsprojekten, erschlossen werden kann. Im Zusammenhang mit vermehrt konzeptionellen, auf fachliche Grundlagen ausgerichtete Ansätze sind in erster Linie die Naturschutzbehörden gefordert.

Anschrift der Autoren:

Naturplan
Roland Haab
Hochstrasse 91
CH-8044 Zürich
Tel. 0041/1/2602875
e-mail: naturplan@bluewin.ch

ALN/Fachstelle Naturschutz
Xaver Jutz
Neumühlequai 10
CH-8090 Zürich
Tel. 0041/43/2594365
e-mail: xaver.jutz@vd.zh.ch

Zum Titelbild: Angestauter Graben in einem verheideten Hochmoor (Weidfilz bei Seeshaupt, Landkreis Weilheim-Schongau) nach 5 Jahren: *Calluna vulgaris* (Heidekraut) ist durch *Eriophorum vaginatum* (Scheidiges Wollgras) ersetzt; die Wasserfläche mit flutendem *Sphagnum cuspidatum* (Schmalblättriges Torfmoos) weitgehend zugewachsen; zu tief stehende Waldkiefern (*Pinus sylvestris*) und Spirken (*Pinus uncinata*) sind abgestorben. (vgl. Beitrag von BRAUN/SIUDA auf S. 171-186) (Foto: Wolfgang Braun)

Laufener Seminarbeiträge 1/03

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

ISSN 0175-0852

ISBN 3-931175-69-3

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Die mit dem Verfasseramen gekennzeichneten Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung der Herausgeber wieder. Die Verfasser sind verantwortlich für die Richtigkeit der in ihren Beiträgen mitgeteilten Tatbestände.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwedung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der AutorInnen oder der Herausgeber unzulässig.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL, Ref. 12) in Zusammenarbeit mit Dr. Christian Stettmer (ANL)
Satz: Christina Brüderl (ANL), Fa. Hans Bleicher, Laufen (Farbseiten)
Druck und Bindung: Lippl Druckservice GmbH, Tittmoning
Druck auf Recyclingpapier (100% Altpapier)