Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft in Bern
Band: 69 (2012)

Artikel: Das Hechtenloch auf dem Weg zur Pfeifengraswiese
Autor: Meier, C. / Rosset, M.O. / Krüsi, B.O.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-389790

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.11.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

C. Meier[1], M.O. Rosset[2], B.O. Krüsi[1]

Das Hechtenloch auf dem Weg zur Pfeifengraswiese

Zusammenfassung

Das Hechtenloch ist eine alte Aareschlaufe bei Rubigen, zwischen Thun und Bern. Es wurde bis 2005 intensiv landwirtschaftlich genutzt und mit Nährstoffen versorgt. 2009/10 liess die Stiftung Aaretal 30 cm Oberboden abtragen und so einen Teil dieser Nährstoffe wieder entfernen. Mit dem bei der Schaffung eines Weihers anfallenden Aushubmaterial wurde die ursprüngliche Distanz der Bodenoberfläche zum Grundwasserspiegel wieder hergestellt: Auf beinahe 50% der Fläche liegt er nur gerade 50 cm unter Flur. Diese Voraussetzungen und die entsprechenden Pflege- und Steuerungsmassnahmen sollen helfen, dass sich die bestehende Pfeifengraswiese aus dem angrenzenden «Riedli» ins Hechtenloch ausbreiten kann.

Um die Vegetationsentwicklung wissenschaftlich zu erfassen, wurde ein Monitoring-Konzept erstellt und 50 Monitoring-Flächen (Dauerbeobachtungsflächen von 1m x 1m) im Gelände mit Magneten dauerhaft markiert. 2011 erfolgte die erste Aufnahme von Flora und Vegetation.

Auf der Renaturierungsfläche wurden zwei Jahre nach dem Oberbodenabtrag bereits 163 Gefässpflanzenarten gefunden, darunter neun Rote-Liste-Arten (Schweiz), drei Zielarten (Monitoring-Konzept) sowie zwei seltene Pionierarten. Die Hälfte der Pflanzenarten sind typische Vertreter der Ruderal- und Halbruderalfluren. Aber auch drei invasive Neophytenarten der Schwarzen Liste haben sich bereits etabliert.

Auf den 50 Monitoring-Flächen hatte die Vegetation im Herbst 2011 bereits einen mittleren Deckungsgrad von 34%. Überraschenderweise deuten die mittleren Zeigerwerte – trotz Oberbodenabtrag – auf ein grosses Nährstoffangebot und eine nur mittlere Wasserversorgung hin, während die günstigen Lichtverhältnisse und die schlechte Durchlüftung des Bodens den Erwartungen entsprechen.

Die Besiedelung des neu geschaffenen Lebensraums ist in vollem Gang. Zukünftige Erhebungen werden zeigen, ob und wie schnell sich die Vegetation in Richtung der angestrebten Pfeifengraswiese (Molinion) entwickelt.

Damit sich Gehölze und Neophyten nicht übermässig ausbreiten, ist geplant, die Renaturierungsfläche jährlich mindestens einmal zu mähen. Mittels Saatgut-

[1] Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Departement Life Sciences und Facility Management, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen IUNR, Wädenswil.
[2] Marc Rosset, Stiftung Aaretal, Herrenmattestrasse 21, 3752 Wimmis.

übertragung aus dem angrenzenden Riedli wird die Etablierung von wertvollen Arten gezielt gefördert.

Abstract

The «Hechtenloch» on the way to a Molinion-type fen

The «Hechtenloch» is an old bend of the River «Aare», between Thun and Berne. Until 2005, the area was used for agriculture and heavily fertilized. During the winter of 2009/10 the «Aaretal Foundation» had removed 30 cm of topsoil in order to eliminate most of the nutrients. Material from a newly created pond was used for establishing the optimal distance between soil surface and groundwater table needed for the development of the envisaged Molinion-type fen already present in the adjacent «Riedli». On nearly 50% of the area the groundwater table is now 50 cm beneath the soil surface.

In order to monitor the development of the vegetation, a monitoring concept was designed. In 2011, 50 permanent plots, each 1m x 1m in size, were marked with the help of magnets, and vegetation relevés were made both in spring and autumn.

Two years after topsoil removal already 163 vascular plant species were found on the restoration area, including nine Red List species (Switzerland), three target species and two rare pioneer species. Half of the plant species are typical for ruderal and half-ruderal areas. However, also three invasive alien species of the Black List were already present.

In autumn 2011, on the 50 permanent plots the vegetation covered on average already 34%. The weighted average indicator values indicated, despite removal of the topsoil, ample amounts of plant-available nutrients, moderate water supply, favourable light conditions and poor aeration of the soil.

The colonization of the newly created area is well under way. Future surveys will reveal how quickly and by which successional pathways the vegetation will develop and whether or not it goes towards the desired fen meadow (Molinion). To prevent the encroachment of woody species and/or invasive neophytes, the restoration area will be mowed at least once a year. In addition, the establishment of particularly valuable species is fostered by dispersing seeds collected in the adjacent fen «Riedli».

1. Einleitung

Die Lebensgemeinschaften Mitteleuropas sind nach der letzten Eiszeit vor circa 12 000 Jahren entstanden. Vor mehr als 3000 Jahren hat der Mensch begonnen, diese natürliche Landschaft umzugestalten und eine Kulturlandschaft auszubilden (Mühlenberg & Slowik, 1997; Ellenberg & Leuschner, 2010). Durch die Schaffung neuer Lebensräume (Waldrodungen) und deren extensive Nutzung hat die Artenvielfalt zu Beginn stark profitiert. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts setzte jedoch ein markanter Rückgang der Arten ein, der auf Meliorationen (Gewinnung von Landwirtschaftsland), auf das Aufkommen mineralischen Düngers (Mühlenberg & Slowik, 1997) und auf die Mechanisierung des Arbeitsprozesses (intensivere Bearbeitung und Bodenverdichtung) zurückzuführen ist. Noch vor 200 Jahren prägte ein verästeltes Netz von Flüssen und Bächen das Landschaftsbild der Schweiz. Heute sind aquatisch geprägte Lebensräume durch Eindämmung der Flüsse, Eindolung der Bäche und Trockenlegung von Feuchtgebieten grösstenteils aus unserer Landschaft verschwunden (Ewald & Klaus, 2010). In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts verloren wertvolle Lebensräume weiter an Fläche, wodurch die Bestände vieler Arten zurückgingen (BAFU, 2009).

Bis ins 18. Jahrhundert war das Aaretal durch die natürliche Flussdynamik einem ständigen Wandel unterworfen. Seit der Ableitung der Kander in den Thunersee von 1714 und der Aarekorrektion in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde die Auendynamik im Aaretal unterbunden (Vischer, 2003). Das Grundwasser liegt aber weiterhin im Einfluss des mächtigen Aaretal-Grundwasserleiters (Beck & Rutsch, 1958). Im Flachland haben die Verbauungen zwecks Landgewinnung und Hochwasserschutz einen Grossteil der natürlichen Auen zerstört, wodurch viele der dort ursprünglich vorkommenden Arten gefährdet und selten geworden sind (Hausammann, 2008). Doch die landwirtschaftliche Nutzung dieser Gebiete brachte auch artenreiche Wiesengesellschaften wie die Pfeifengraswiese (Molinion) hervor. Auf 20 m² einer Pfeifengraswiese können mehr als 70 Pflanzenarten (inklusive Moosarten) vorkommen, und in Bezug auf die faunistische Vielfalt gehört die Pfeifengraswiese zu den artenreichsten Grünlandgesellschaften (Klötzli et al., 2010). Die Entstehung der Pfeifengraswiesen war hauptsächlich der Nachfrage nach Stalleinstreu zu verdanken, die Anfang des 19. Jahrhunderts durch die ganzjährige Stallfütterung des Rindviehs einsetzte (Ellenberg & Leuschner, 2010). Feuchtwiesen wurden meist spät im Jahr gemäht, da die Böden in dieser Zeit besser befahrbar sind (Bodenfrost) und die Streu die gewünschte Qualität aufweist (aus Gerüststoffen bestehende, strohige Streu) (Quinger et al., 1995).

Im Hechtenloch, einem ehemaligen Seitenarm der Aare bei Rubigen, liess die Stiftung Aaretal im Winter 2009/10 auf einer vormals landwirtschaftlich intensiv genutzten Fläche die obersten 30 cm des Bodens abtragen und einen Weiher sowie mehrere Flachwasserzonen ausbaggern. Zur Herstellung der gewünschten Distanz der Bodenoberfläche zum Grundwasserspiegel wurde das gewonnene Aushubmaterial (Kies und sandiger bis lehmiger Boden) auf der zuvor ab-

humusierten Fläche verteilt. Auf fünf Hektaren wurde versucht, den ursprünglichen Charakter einer Aareschlaufe, mit offenen Wasserflächen, Kiesbänken und Feuchtwiesen, herzustellen.

Ziel der Renaturierung Hechtenloch ist, dass die Pfeifengraswiese des unmittelbar nördlich angrenzenden Riedli sich auf die nicht wasserführenden Bereiche der Renaturierungsfläche ausdehnt. Entscheidend hierfür sind Standortfaktoren wie Lage des Grundwasserspiegels (Klötzli, 1969), Nährstoffe und die Bewirtschaftungsweise (Delarze & Gonseth, 2008). Nach dem Abtrag des Oberbodens sind die Voraussetzungen im Hechtenloch günstig: Beinahe 50% der Fläche weisen einen für Pfeifengraswiesen typischen Grundwasserstand um 50 cm unter Flur auf (Meier, 2011). Ein grosser Teil der durch die frühere landwirtschaftliche Nutzung eingebrachten Nährstoffe konnte durch den Humusabtrag entfernt werden, und die ein- bis zweimalige Mahd pro Jahr verhindert das Aufkommen von Holzarten. *Abbildung 1* zeigt einige Impressionen aus dem Hechtenloch im Sommer 2011, das heisst im zweiten Jahr nach Abtrag des Oberbodens.

Im Rahmen eines langfristigen Monitorings wird die Entwicklung der Vegetation (Sukzession) auf der Renaturierungsfläche von der Stiftung Aaretal in Zusammenarbeit mit der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW in Wädenswil wissenschaftlich erfasst und dokumentiert. Die vorliegende Arbeit präsentiert die erste Erhebung der Gefässpflanzen und damit den Stand der Vegetationsentwicklung im zweiten Jahr nach dem Oberbodenabtrag. Grundlage der Erhebung bildet das im Jahr 2011 ausgearbeitete Monitoring-Konzept (Meier, 2011). Zentral ist dabei, welche Gefässpflanzenarten auf der Renaturierungsfläche vorkommen, ob sich die im Vorfeld definierten Zielarten etablieren, wie viele Magerkeitszeiger und Rote-Liste-Arten vorkommen und wie stark sich Neophyten und Problemarten im Gebiet ausbreiten.

Neben der Flora soll auch die Fauna vom neu geschaffenen Lebensraum profitieren. So konnten Flussregenpfeifer bereits erfolgreich brüten, und von Bruchwasserläufer, Grünschenkel, Kiebitz, Waldwasserläufer, Weissstorch und Feldhase sind Beobachtungen dokumentiert (Stiftung Aaretal, 2011).

2. Untersuchungsgebiet, Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Das Hechtenloch gehört geografisch zum Schweizer Mittelland *(Abb. 3)* und weist eine durchschnittliche Höhe von 517,16 m ü. M. auf. Die jährliche Niederschlagssumme beträgt 1028 mm, es regnet an durchschnittlich 125,5 Tagen, und die Sonnenscheindauer beläuft sich auf 1638 Stunden, wobei der Trend der letzten 50 Jahre zeigt, dass die mittlere Jahrestemperatur pro Dekade um 0,38 °C und der mittlere Niederschlag um 2,1% zugenommen haben (Meteoschweiz, 2011: Trend in Bern von 1961 bis 2010).

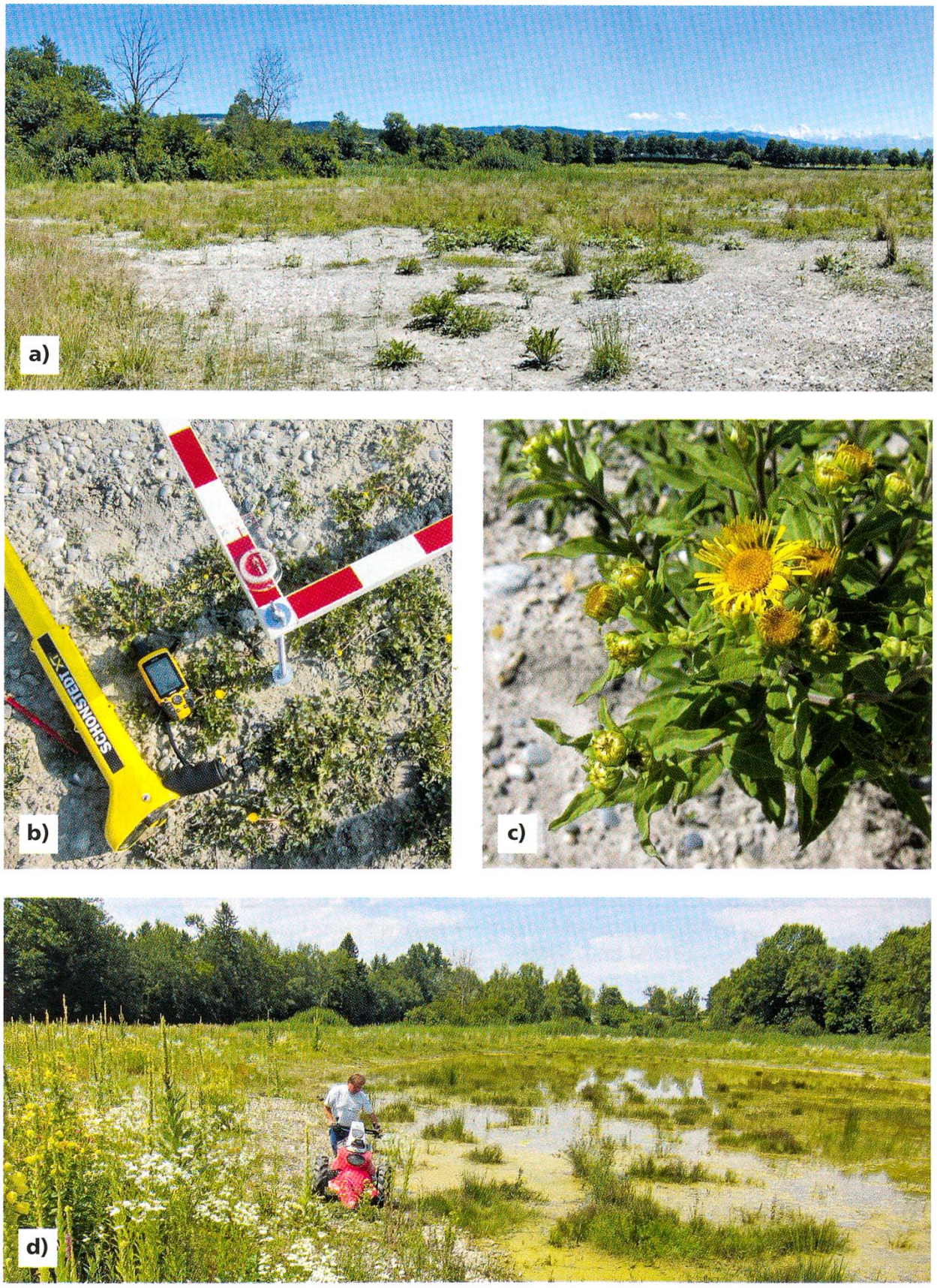

Abbildung 1: Impressionen Hechtenloch 2011, a) Renaturierungsfläche (Blickrichtung Südost), b) Monitoring-Fläche MF-1 mit Aufnahmerahmen, Magnetsucher und GPS-Gerät, c) *Inula helvetica* (Schweizer Alant, Zielart) auf der Renaturierungsfläche, d) Sommermahd mit Balkenmäher zur Bekämpfung von Neophyten (Blickrichtung Nordwest)

Topografisch ist das Hechtenloch als ehemaliger Aarebogen eine klar erkennbare Landschaftskammer. Sie grenzt ans Naturschutzgebiet Aarelandschaft Thun-Bern (BAFU, 2011) und ist von wertvollen Biotopen umgeben (Stiftung Aaretal, 2003). Im Norden des Hechtenlochs liegt das «Riedli», das letzte Relikt einer Pfeifengraswiese im Aaretal zwischen Thun und Bern.

Der Untergrund besteht aus glazialen Seeablagerungen (sandige Silt-Tone) und für Auengebiete typischen Kies- und Schotterschichten (Beck & Rutsch, 1958; WEA, 1981). Nach dem Abtrag des Oberbodens ist die oberflächennahe Bodenschicht von einem kleinräumig variierenden Mosaik aus Kiesinseln (grosser Skelettanteil) und sandigem bis lehmigem Boden geprägt (Meier, 2011).

Der Grundwasserspiegel liegt im Hechtenloch circa 0,50 m unterhalb des Terrains und schwankt im Jahresverlauf um circa 0,40 m. Von der unmittelbar südlich des Untersuchungsgebiets angrenzenden Messstation G147 des Amtes für Wasser und Abfall AWA (mittlere Höhe auf 517,36 m ü. M., Lage siehe *Abb. 4*) verläuft er mit einem Gefälle von 2‰ Richtung Norden (AWA, 2010: Meier, 2011). 2011 lag der Grundwasserspiegel mit durchschnittlich 0,09 m deutlich unterhalb des langjährigen Mittels, 2010 betrug diese Differenz nur 0,02 m *(Abb. 2)*.

Die Visualisierung der Grundwassersituation des Hechtenlochs *(Abb. 4)* zeigt den mittleren Flurabstand zum Grundwasserspiegel während der Hauptvegetationsperiode von Mai bis Juli 2010 (Meier, 2011). Die Bodenoberfläche liegt, mit Ausnahme einer Aufschüttung, am westlichen Rand des Gebiets und der Bereiche mit permanenter Wasserführung (Weiher und Flachwasserzonen), zwischen 0 und 0,9 m über dem mittleren Grundwasserspiegel.

Zur Erfassung der Vegetationsentwicklung wurden auf der Renaturierungsfläche 50 Monitoring-Flächen etabliert (Meier, 2011). In *Tabelle 1* ist die Anzahl dieser Flächen in Bezug auf potenzielle zukünftige Pflanzengesellschaften (PG)

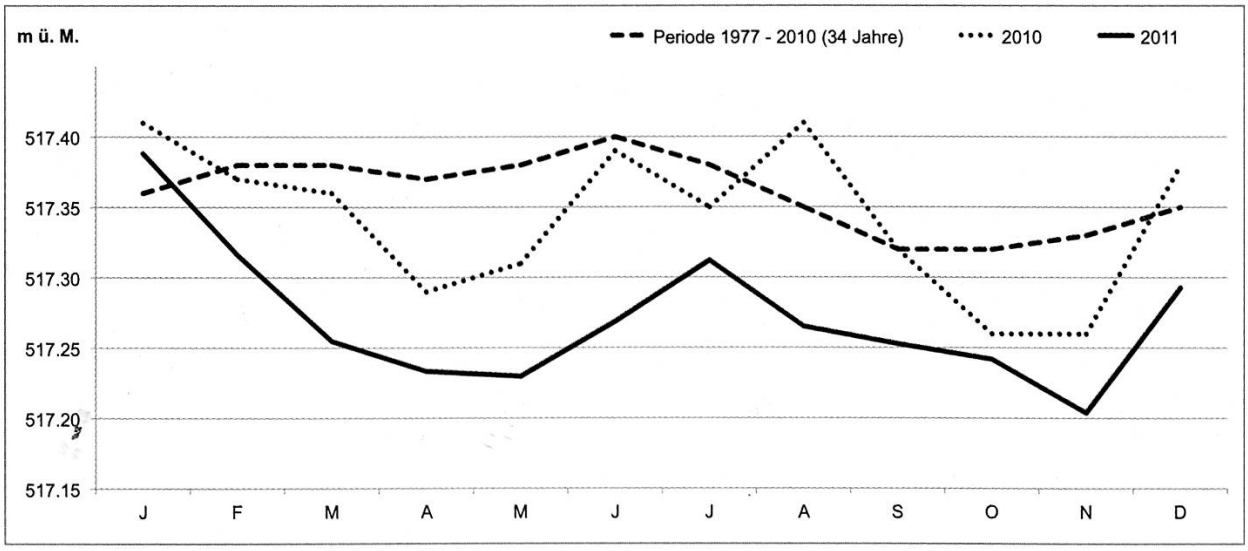

Abbildung 2: Grundwasserstand Hechtenloch, Station Rubigen Hunzigenguet (G147), Monatsmittelwerte; gestrichelt: Grundwasserstand Periode 1977 bis 2010, punktiert: Grundwasserstand 2010 (AWA, 2010), ausgezogen: Grundwasserstand 2011 (Stiftung Aaretal, 2011)

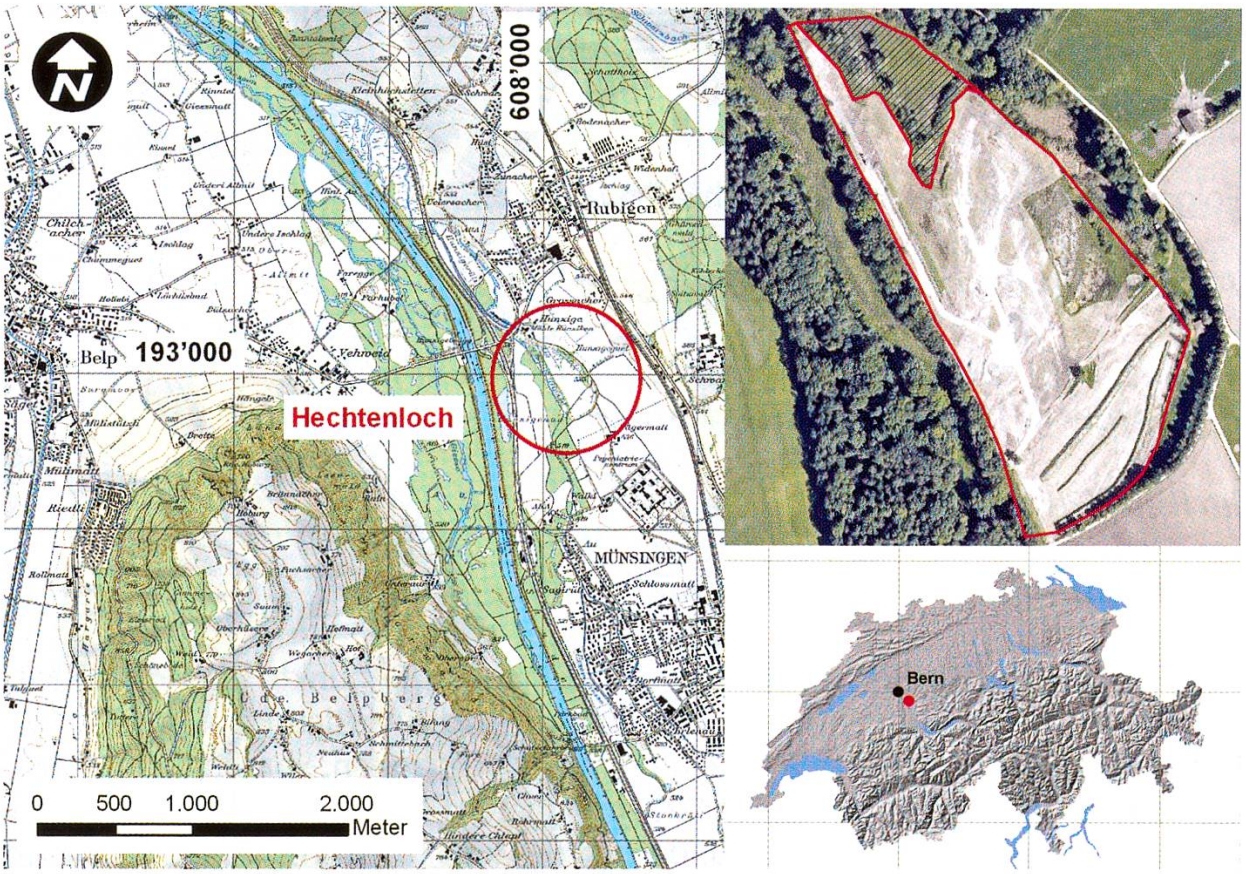

Abbildung 3: Geografische Lage des Untersuchungsgebiets (bewilligt, swisstopo: BA12013) mit Orthofoto des Oberbodenabtrags (oben rechts) (Google Earth, 2011)

ersichtlich. Die Gruppierung der Grundwasserklassen stützt sich auf die Arbeiten von Rosset (1990) und Quinger et al. (1995). Die grösste Anzahl Flächen (28 Stk.) liegt im Optimumbereich der Zielvegetation (Molinion).

Distanz Terrain-Grundwasser [m]	Distanzklassen	Anzahl Monitoring-Flächen (MF-1 und MF-r5)	Pflanzengesellschaft
0.0–0.4	1–4	13	feuchtes Molinion
0.4–0.6	5–6	28	Molinion
0.6–1.3	7–11	9	trockenes Molinion

Tabelle 1: Gruppierung der Grundwasserklassen mit Anzahl Monitoring-Flächen

2.2 Monitoring-Konzept

2.2.1 Monitoring-Flächen

Folgende Flächen werden unterschieden *(Abb. 6)*:

Auf der Renaturierungsfläche (Perimeter A)

- Monitoring-Flächen MF-1 (Flächen von 1 x 1 m, 1 m^2), 50 Stk.
- Monitoring-Flächen MF-r5 (Flächen mit einem Radius von 5 m, 78,5 m^2), 50 Stk.

Im Riedli (Perimeter B)

- Referenz-Flächen RF-1 (Flächen von 1 x 1 m, 1 m^2), 3 Stk.

Zur Fixierung der Flächen wurden im Feld Monitoring-Fixpunkte (MFP) angelegt, die bei der Erhebung der Gefässpflanzen aufgesucht werden können *(Abb. 5)*. Die MFP wurden mittels circa 40 cm im Boden versenkten, vorgängig in Kunststoffdosen (1 Stk./MFP) verstauten Dauermagneten (3 Stk./MFP) fixiert. Damit die MFP im Feld optisch besser aufgefunden werden können, wurde jeweils zusätzlich eine Senkholzschraube (8 x 320 mm, verzinkt) mit einer Unterlagsscheibe gesetzt. Mit Lochblechen (60 x 340 mm, verzinkt), die vorgängig mittels Stahlstempel (6 mm) mit der Punktnummer (Raster-Buchstabe und -Zahl) beschriftet wurden, konnten die MFP im Feld eindeutig gekennzeichnet werden.

Mit einem Magnetsucher (Magnetic Locator GA-92XTi, Schonstedt) können die MFP mit einer Genauigkeit von ± 5 cm wieder aufgefunden werden. Der Rahmen der MF-1 und RF-1 wird zur genauen Positionierung, vom MFP ausgehend, mittels Kompass in Richtung Norden ausgerichtet.

2.2.2 Vegetationsaufnahmen

Für folgende Flächen wurde eine separate Gesamtartenliste der Gefässpflanzen erstellt:

Renaturierungsfläche (Perimeter A)

- Monitoring-Flächen MF-1, mit Art-Deckungsgrad in %
- Hauptfläche (ohne Randbereich, Weiher, Uferzone Weiher und Flachwasserzonen)
- Randbereich (10 m Puffer zum Projektperimeter)
- Weiher
- Uferzone des Weihers
- Flachwasserzonen (ohne Uferbereich)

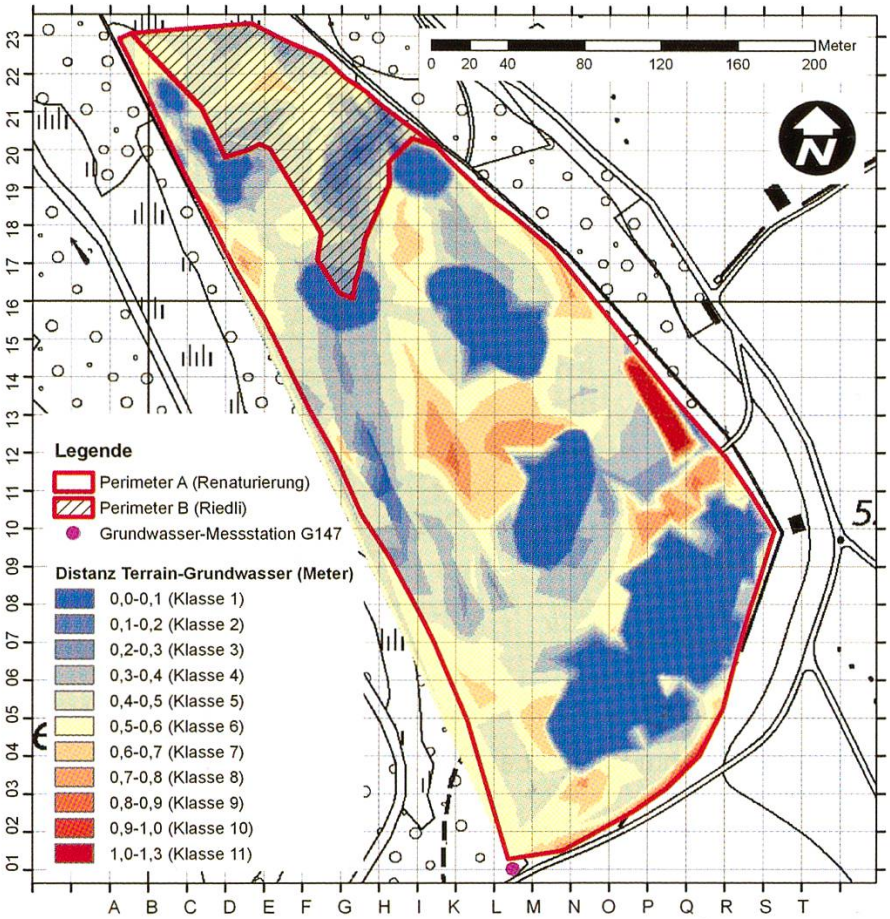

Abbildung 4: Modellierung der Grundwassersituation (Flurabstand) im Hechtenloch. Perimeter A: Renaturierung, Perimeter B: Referenzfläche (Riedli) (Meier, 2011; Datengrundlage: AGI, 2010; AWA, 2010; Jordi, 2010)

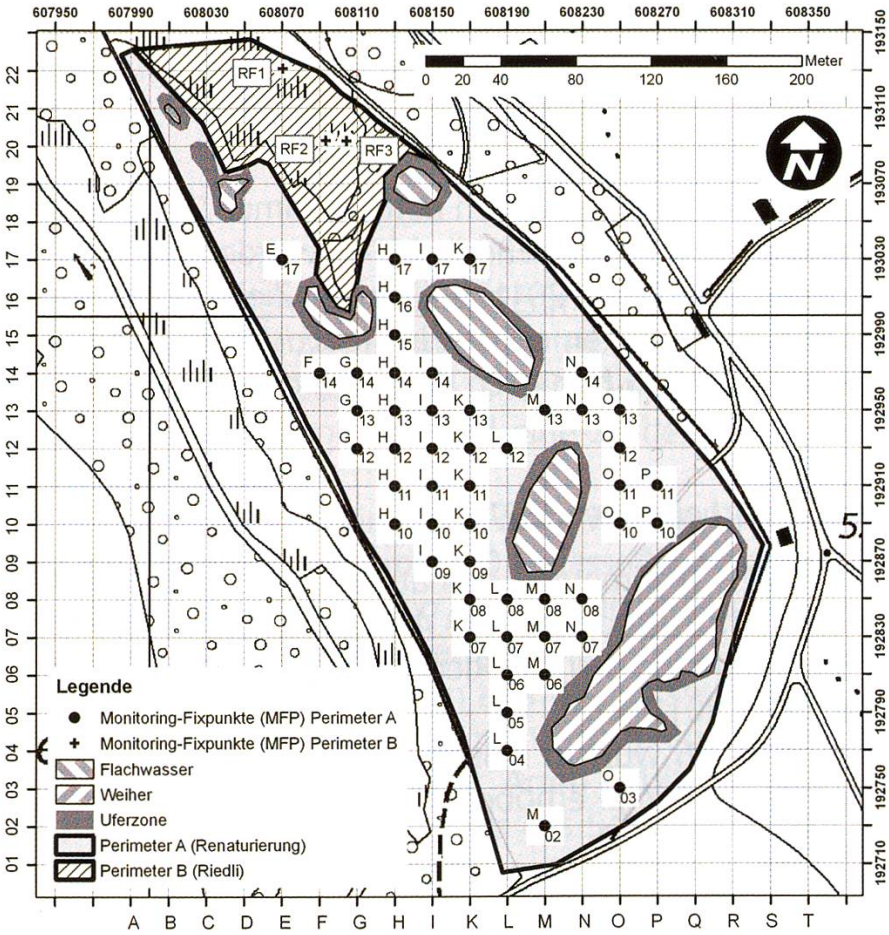

Abbildung 5: Übersichtsplan Monitoring-Fixpunkte mit Punktnummer (Raster-Buchstabe und -Zahl) beschriftet (Datengrundlage: AGI, 2010; Jordi, 2010)

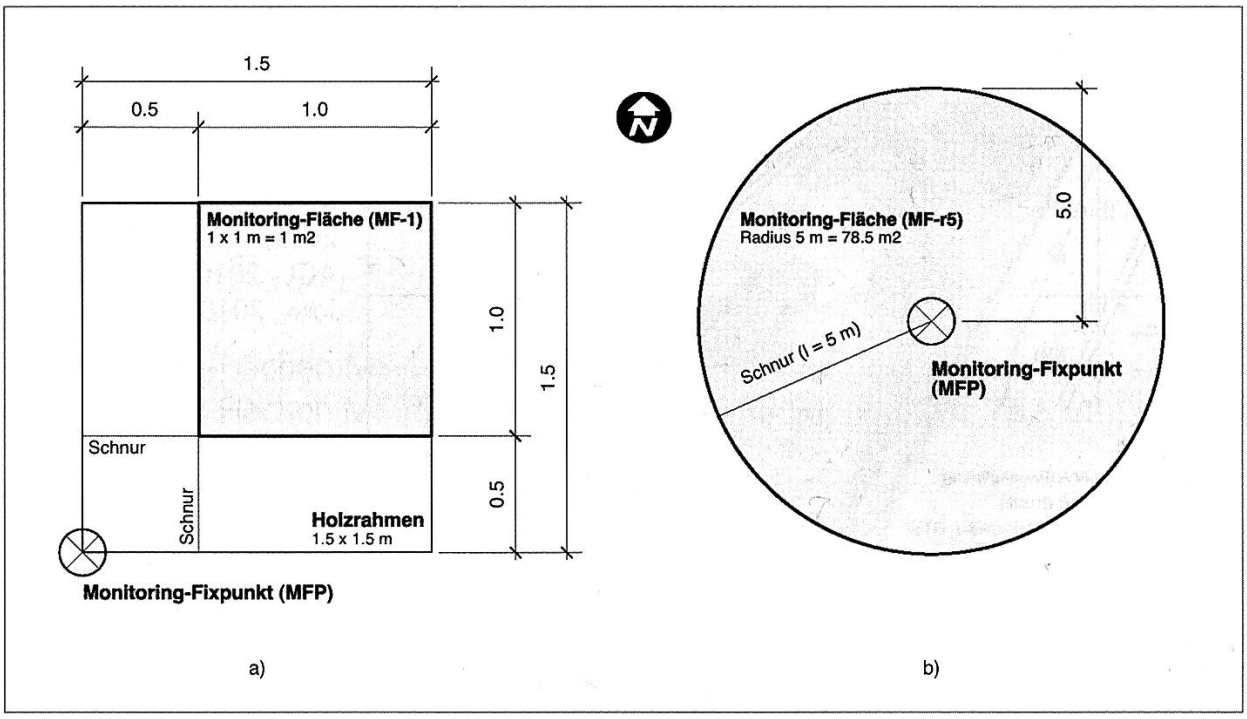

Abbildung 6: Lage der Monitoring-Flächen zum Fixpunkt a) MF-1, RF-1 und b) MF-r5

Riedli (Perimeter B)

- Referenz-Flächen RF-1, mit Art-Deckungsgrad in %
- Molinietum (Pfeifengraswiese)
- Schoenetum (Kopfbinsenried)

Für die MF-1 und RF-1 wurden alle Gefässpflanzen aufgenommen, und für jede Art wurde der Deckungsgrad in % geschätzt. Für die MF-r5 wurden Präsenz und Absenz der im Monitoring-Konzept (Meier, 2011) definierten Ziel- und Problemarten *(Tab. A.2, Anhang)* sowie Neophyten erfasst. In *Abbildung 6* ist die Lage der Flächen a) MF-1, RF-1 und b) MF-r5 bezüglich der Monitoring-Fixpunkte ersichtlich.

2.3 Zeitpunkte der Vegetationserhebungen (2011)

Auf den Monitoring-Flächen MF-1 (Perimeter A, Renaturierung) wurden die Gefässpflanzen zweimal erhoben, im Frühsommer (23.4.–6.5.2011) und im Herbst (15.–22.9.2011) nach der Sommermahd (Juli). Im Riedli, auf den Referenz-Flächen RF-1, fand die Erhebung am 25.7.2011 statt.

Für die Monitoring-Flächen MF-r5 wurden Präsenz und Absenz der Ziel- und Problemarten sowie Neophyten zweimal erhoben, im Sommer (14.–17.6.2011) und im Herbst (15.–22.9.2011).

	Fläche m²	Anzahl Arten	Rote-Liste-Arten CR	EN	VU	Total	Neophyten N	Ns	Nw	Total
Anzahl Arten Perimeter A und B Total	66 777	190	2	2	7	11	12	3	1	16
Perimeter A Renaturierung Total	58 277	163	1	2	6	9	12	3	1	16
Randbereich	10 570	97	1			1	5	3	1	9
Hauptfläche	32 477	140		2	4	6	11	3	1	15
Weiher	5 366	4								
Uferzone Weiher	2 074	38	1		1	2	2		1	3
Flachwasserzone	7 790	14			3	3				
Monitoring-Flächen MF-1, 50 Stk. (Frühsommer)	50	59					2		1	3
Monitoring-Flächen MF-1, 50 Stk. (Herbst)	50	68		1		1	6		1	7
Monitoring-Flächen MF-1, 50 Stk. gesamt	50	76		1		1	7		1	8
Perimeter B Riedli Total	8 500	44	1		3	4				
Referenz-Flächen RF-1, 3 Stk.	3	27			2	2				
Riedli Molinietum	6 000	37	1		3	4				
Riedli Schoenetum	2 500	15			2	2				

Tabelle 2: Anzahl Gefässpflanzenarten, Rote-Liste-Arten und Neophyten auf den verschiedenen Teilflächen (Status: CR = vom Aussterben bedroht, EN = stark gefährdet, VU = verletzlich, N = Neophyten, Ns = aggressive invasive Neophyten Schwarze Liste, Nw = potenziell aggressive Neophyten Watch-Liste) (Landolt ET AL., 2010)

3. Resultate

Insgesamt wurden auf beiden Perimetern zusammen 190 Gefässpflanzenarten gefunden *(Tab. 2)*. Davon sind 11 Arten (6%) Rote-Liste-Arten (mindestens Status VU, verletzlich), 16 Arten (8%) sind Neophyten, drei davon zählen zu den aggressiven invasiven Neophyten und eine zu den potenziell aggressiven Neophyten (LANDOLT ET AL., 2010).

Die Hauptfläche (Perimeter A ohne Weiher, Uferzone Weiher, Flachwasserzone und Randbereich) weist mit 140 Gefässpflanzenarten die grösste Anzahl auf. 68 dieser Arten (49%) konnten auf den Monitoring-Flächen MF-1 bei der Erhebung im Herbst nachgewiesen werden. Die MF-1 weisen im Mittel 8,6 Arten auf. Im Weiher haben sich vier und in allen Flachwasserzonen 14 Arten etabliert.

Im Riedli wurden 44 Gefässpflanzenarten gefunden. Auf den Referenz-Flächen RF-1 sind insgesamt 27 dieser Arten (61%) vertreten. Das Molinietum ist mit 37 Arten (84%) artenreicher als das Schoenetum (15 Arten, 34%). Acht Arten kommen in beiden Bereichen vor. 27 Arten aus dem Riedli fehlen auf der Renaturierungsfläche.

3.1 Stetigkeit, mittlerer Deckungsgrad und Gesamtdeckung

Abbildung 7 zeigt die 25 häufigsten Arten (Stetigkeit >10%) der Monitoring-Flächen MF-1 (Erhebung Herbst) und deren mittleren Deckungsgrad. Die Stetigkeit (grau, linke Achse) beschreibt die Vorkommens-Wahrscheinlichkeit einer Art pro Monitoring-Fläche, und der mittlere Deckungsgrad (schwarz, rechte Achse) entspricht dem arithmetischen Mittel der Deckungsgrade der jeweiligen Art auf den Flächen mit entsprechendem Artvorkommen.

Die Arten mit der grössten Stetigkeit waren alles Fettwiesen- und Ruderalarten *(Abb. 7). Taraxacum officinale* (Gewöhnlicher Löwenzahn) und *Ranunculus repens* (Kriechender Hahnenfuss) kamen in mehr als der Hälfte der Monitoring-Flächen vor. Den grössten mittleren Deckungsgrad hatte im Herbst 2011 *Trifolium repens* (Kriechender Klee, 13%), gefolgt von *Equisetum palustre* (Sumpf-Schachtelhalm, 11%), *Trifolium dubium* (Zweifelhafter Klee, 8%), *Ranunculus repens* (Kriechender Hahnenfuss, 7%) und *Agrostis stolonifera* (Kriechendes Straussgras, 6%). Eine vegetative Ausbreitung ist, ausser bei *Trifolium dubium*, bei all diesen Arten möglich (Landolt et al., 2010).

Die Gesamtdeckung der Vegetation hat auf den fünfzig 1 m² grossen Monitoring-Flächen von Frühsommer bis Herbst von 20 auf 34% stark zugenommen. Eine Zunahme von mindestens 1% weisen folgende Arten auf: *Trifolium repens* (+4%), *Agrostis stolonifera* (+1%), *Ranunculus repens* (+1%) und *Tussilago farfara* (Huflattich, +1%).

3.2 Ökologische Gruppen und Konkurrenzstrategien

Von den 68 auf den Monitoring-Flächen MF-1 (Erhebung Herbst) gefundenen Arten gehören 24 (35%) zur ökologischen Gruppe der Unkräuter und Ruderalpflanzen, und 35 Arten (51%) kommen in Ruderal- und Halbruderalfluren vor (Landolt et al., 2010).

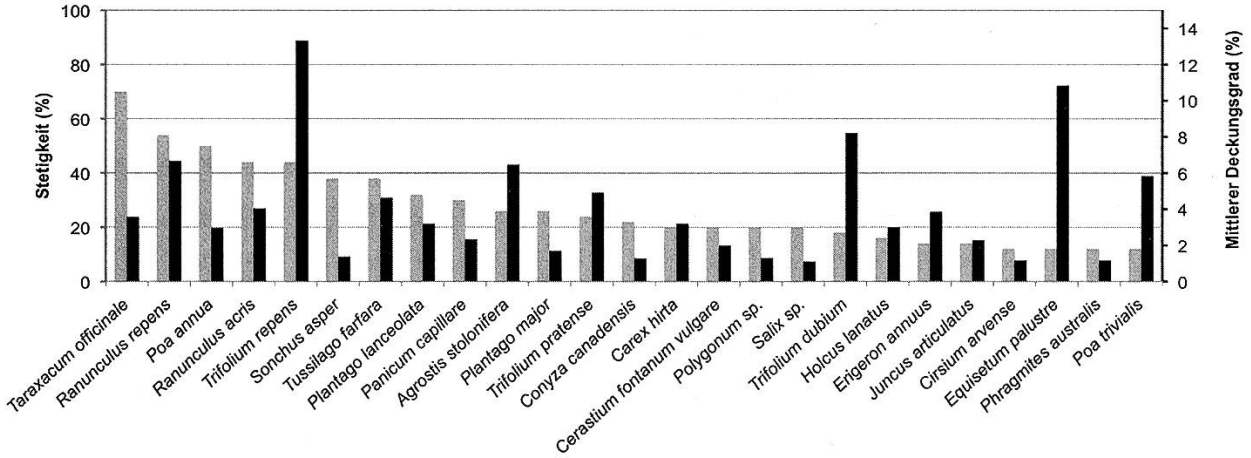

Abbildung 7: Stetigkeit (grau, linke Achse) und mittlerer Deckungsgrad (schwarz, rechte Achse) der 25 häufigsten Pflanzenarten auf den Monitoring-Flächen MF-1 (Erhebung Herbst 2011), geordnet nach abnehmender Stetigkeit

Von den 163 im Perimeter A (Renaturierung) gefundenen Arten *(Tab. A.1, Anhang)* gehören 62 (38%) zur ökologischen Gruppe der Unkräuter und Ruderalpflanzen, 85 Arten (52%) kommen in Ruderal- und Halbruderalfluren vor, und 12 Arten (7%) sind vorwiegend Ruderalstrategen (Arten mit hohem Pioniercharakter) (Landolt et al., 2010).

Abbildung 8b zeigt die Anzahl Arten pro Konkurrenzstrategie der Monitoring-Flächen MF-1 (Renaturierung, Erhebung Herbst) und *Abbildung 8c* diejenigen der Referenz-Flächen RF-1 (Riedli). Die Konkurrenzstrategien bezeichnen das Verhalten der Art gegenüber der Konkurrenz am Wuchsort, wobei folgende Strategietypen unterschieden werden (Landolt et al., 2010): Konkurrenzstrategen (c: Arten mit hoher Konkurrenzkraft, langlebig), Ruderalstrategen (r: Arten mit Pioniercharakter, kurzlebig, rasche Ausbreitungsfähigkeit) und Stress-Strategen (s: Spezialisten, die an spezielle Bedingungen wie Grundwasser, Mahd usw. angepasst sind). Die meisten Arten weisen Eigenschaftskombinationen dieser Strategietypen auf *(Abb. 8a)*. Auf der Renaturierungsfläche dominieren Arten, deren Eigenschaftskombination einen gewissen ruderalen Anteil aufweist (ccr/crr, crs, rrs/rss, rrr), wobei die intermediären Strategen (crs) die höchste Anzahl Arten (29) und Deckung (20%) aufweisen. Im Riedli liegt der Schwerpunkt zwischen Konkurrenz- und Stress-Strategen (ccs/css; 15 Arten, 60% Deckung).

3.3 Zielarten und Neophyten

Drei der 18 im Monitoring-Konzept (Meier, 2011) definierten Zielarten *(Tab. A.2, Anhang)* wurden auf der Renaturierungsfläche gefunden: *Inula helvetica* (Schweizer Alant), *Sanguisorba officinalis* (Grosser Wiesenknopf) und *Selinum carvifolia* (Silge), wobei nur *Sanguisorba officinalis* auf den Monitoring-Flächen MF-1 und MF-r5 vorkam.

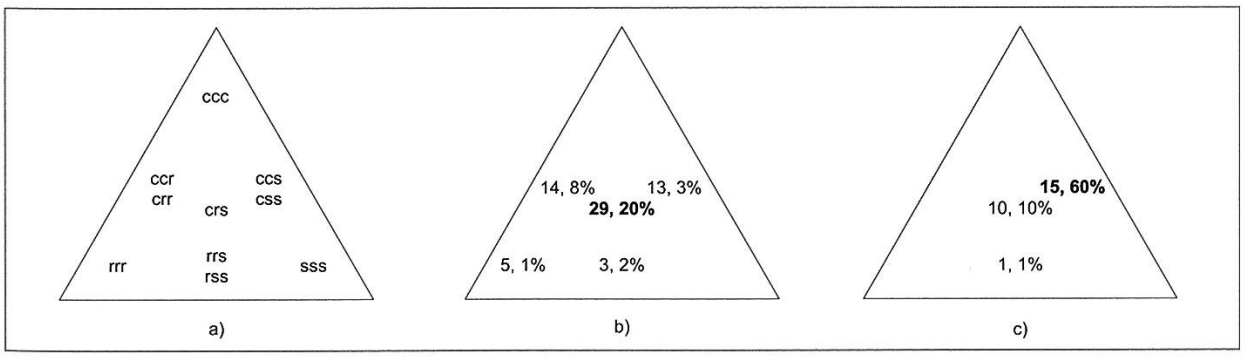

Abbildung 8: Konkurrenzstrategien mit Anzahl Arten und deren prozentuale Deckung (Grime, 2001), höchste Werte fett hervorgehoben; a) Lageübersicht Eigenschaftskombinationen der Strategietypen, b) Monitoring-Flächen MF-1 (Renaturierung, Erhebung Herbst), c) Referenz-Flächen RF-1 (Riedli, Erhebung Sommer); ccc = vorwiegend Konkurrenzstrategen, rrr = vorwiegend Ruderalstrategen, sss = vorwiegend Stress-Strategen, ccr und crr = intermediär zwischen Konkurrenz- und Ruderalstrategen, ccs und css = intermediär zwischen Konkurrenz- und Stress-Strategen, rrs und rss = intermediär zwischen Ruderal- und Stress-Strategen, crs = intermediär zwischen allen Strategen (Landolt et al., 2010)

Auf der Renaturierungsfläche wurden insgesamt 16 Neophyten nachgewiesen. Die Referenzfläche Riedli war dagegen völlig frei von Neophyten. Von den acht im Monitoring-Konzept (Meier, 2011) als problematisch eingestuften Neophyten waren auf den Monitoring-Flächen MF-r5 insgesamt fünf vertreten: *Buddleja davidii* (Sommerflieder), *Conyza canadensis* (Kanadisches Berufkraut), *Erigeron annuus* (Einjähriges Berufskraut), *Solidago canadensis* (Kanadische Goldrute) und *S. gigantea* (Spätblühende Goldrute).

3.4 Zeigerwerte

Aufgrund der nach dem Artdeckungsgrad gewichteten mittleren Zeigerwerte (Landolt et al., 2010) herrschen auf der Renaturierungsfläche mittlere Bedingungen *(Anhang: Abb. A.1, Tab. A.3 und A.4).*

Ausnahmen sind das überdurchschnittliche Licht- und Nährstoffangebot (L = 3,7, N = 3,7) sowie die schlechte Durchlüftung des Bodens (D = 1,7). Im Vergleich dazu zeigen die Pflanzen auf der Referenzfläche Riedli deutlich humusreichere (H = 4,6 vs. 2,9), aber nährstoffärmere (N = 2,3 vs. 3,7) sowie feuchtere (F = 3,8 vs. 3,2) und wechselfeuchtere (W = 2,8 vs. 2,1) Bedingungen an.

Der prozentuale Anteil der Magerkeitszeiger (Arten mit N-Zahl von 1 bis 2) liegt auf der Renaturierungsfläche bei 7% (11 von 163 Arten) und im Riedli (Perimeter B) bei 57% (25 von 44 Arten).

4. Diskussion

4.1 Standortbedingungen im Hinblick auf die Zielvegetation

4.1.1 Grundwasser

Das Grundwasser ist für die definierte Zielvegetation ein entscheidender Standortfaktor (Jansen et al., 2004; Klötzli, 1969; Quinger et al., 1995 und Rosset, 1990). Je nach Wasserhaushalt (Höhe und Schwankung des Grundwassers) bilden sich unterschiedliche Pflanzengesellschaften aus (Klötzli, 1969).

Im Riedli ist dieser Umstand deutlich sichtbar. Mit geringer mittlerer Distanz zum Grundwasser (29 cm) hat sich ein Schoenetum (Kopfbinsenried) ausgebildet, und im Molinietum (Pfeifengraswiese) beträgt die mittlere Distanz 52 cm (Rosset, 1990). Anhand der durchgeführten Vegetationserhebung konnte auf der Renaturierungsfläche noch keine Korrelation der Vegetation zum Grundwasserspiegel festgestellt werden.

4.1.2 Nährstoffe

Streuwiesen reagieren empfindlich auf Nährstoffe, wobei Phosphor der primär limitierende Nährstoff ist (Egloff, 1983). Durch den Abtrag des Oberbodens konn-

te ein grosser Teil dieser Nährstoffe entfernt werden (Berendse et al., 1992; Hölzel & Otte, 2003; Klimkowska et al., 2007; Verhagen et al., 2001).

Die zweimal jährlich durchgeführte Mahd und Schnittgutentfernung entzieht dem Boden Nährstoffe, was bereits nach einem Jahrzehnt zu einer Zunahme von Magerkeitszeigern führen kann (Schmidt, 1993). Je nach Nährstoff dauert der Entzug jedoch unterschiedlich lange (Scheffer & Schachtschabel, 2010): Stickstoff bis 2 Jahre, Kalium 3 bis 10 Jahre und Phosphor Jahrzehnte.

Aufgrund der nach Artdeckungsgrad gewichteten mittleren Zeigerwerte ist die Renaturierungsfläche (Monitoring-Flächen MF-1) deutlich nährstoffreicher als das Riedli (RF-1). Dies muss jedoch nicht zwingend auf einen massiv höheren Nährstoffgehalt auf der Renaturierungsfläche hinweisen, da für eine zuverlässige Beurteilung der Standortfaktoren mindestens 11 Arten pro Monitoring-Fläche vorkommen sollten (Landolt et al., 2010). Dies ist nur auf 13 Monitoring-Flächen MF-1 (26%) der Fall. Die Monitoring-Flächen MF-1 weisen durchschnittlich 8,6 Arten auf. Hinzu kommt, dass auf der Renaturierungsfläche momentan noch keine ausgeprägte Konkurrenzsituation zwischen den unterschiedlichen Gefässpflanzen herrscht und es sich nicht um eine wie im Riedli seit langem etablierte und im Gleichgewicht befindliche Pflanzengemeinschaft handelt. Die Zeigerwerte geben daher die Situation möglicherweise nicht korrekt wieder. Eine bodenkundliche, geochemische Untersuchung könnte hier weiter Aufschluss geben.

4.1.3 Bodenart

Je nach Bodenart verändert sich die Verfügbarkeit von Nährstoffen und Grundwasser. Die Porengrössenverteilung des Bodens, der Anteil an Fein-, Mittel- und Grobporen, beeinflusst das pflanzenverfügbare Wasser und die Nährstoffe (Scheffer & Schachtschabel, 2010), und je nach Körnigkeit ist das Ausmass der Wasserstandsschwankungen unterschiedlich (Ton gering, Kies gross) (Klötzli, 1969).

Im Hechtenloch ist die oberflächennahe Bodenschicht inhomogen, mit unterschiedlichen Anteilen Kies (teilweise sehr hoher Skelettanteil) und sandigem bis lehmigem Boden (Meier, 2011). Der Oberboden bietet nicht überall ein gleich grosses Potenzial für die Zielvegetation, da Pfeifengraswiesen meist Braunerde-, Mull- oder Moder-Gley, feuchte Ausbildungen auch Nassgley, auf meist lehmigem oder siltigem, selten auch sandigem Untergrund besiedeln (Klötzli, 1969).

4.2 Bisherige Vegetationsentwicklung

4.2.1 Deckungsgrad der Vegetation

Die Besiedelung des neu geschaffenen Lebensraums ist in vollem Gang. Zwischen Mai und September 2011 hat der mittlere Deckungsgrad der Vegetation auf den 50 Monitoring-Flächen von 20 auf 34% stark zugenommen, obschon im Juli, zwischen beiden Erhebungen, die ganze Fläche zur Bekämpfung von Neophyten und Problemarten gemäht wurde.

4.2.2 Strategietypen und Sukzessionsverlauf

Ein Vergleich der Monitoring-Flächen MF-1 (Renaturierung) mit den Referenz-Flächen RF-1 (Riedli) mittels des von Grime (2001) entwickelten Modells der Strategietypen *(Abb. 8)* zeigt den grossen Unterschied der beiden Vegetationstypen. Im Riedli (Zielvegetation) liegt der Schwerpunkt zwischen Konkurrenz- und Stress-Strategen (15 Arten, 60%). Hier überwiegen Arten, die sich, angepasst an den hohen Grundwasserstand und die jährliche Mahd (Stress-Strategen), mit den konkurrierenden Arten (Konkurrenzstrategen) entwickeln konnten.

Auf der Renaturierungsfläche dominieren Pflanzen der Ruderal- und Halbruderalfluren. Diese Arten zeichnen sich meist durch einen kurzen Lebenszyklus, eine hohe Samenproduktion und schnelle Samenreife aus (Grime, 2001). Eine Besiedelung von gestörten, offenen Flächen ist mit diesen Voraussetzungen innert kürzester Zeit möglich. Die Konkurrenz bezüglich Boden, Wasser, Licht und Nährstoffen findet auf der Renaturierungsfläche heute noch nicht grossflächig statt. Von Jahr zu Jahr wird die Konkurrenz um Ressourcen jedoch steigen, und die Standortvoraussetzungen (Bodentypen, Grundwasser, Nährstoffe und Mahd) werden Arten verdrängen und anderen eine Etablierung und Ausbreitung ermöglichen.

Es ist anzunehmen, dass persistente Ruderalarten wie *Agrostis stolonifera* (Kriechendes Straussgras), *Ranunculus repens* (Kriechender Hahnenfuss), *Trifolium repens* (Kriechender Klee) und *Tussilago farfara* (Huflattich) durch andere Arten verdrängt werden. Eine Mahd und Störung der Fläche ist für diese Arten jedoch eher ein Vorteil, da sie sich mittels Ausläufer (Stolonen) oder Sprossachsen (Rhizome) ausbreiten können (Grime, 2001).

Seltene Pionierarten wie *Cyperus fuscus* (Schwarzbraunes Zypergras) und *Centaurium pulchellum* (Kleines Tausendgüldenkraut) haben von der neu geschaffenen, offenen Fläche profitiert, werden jedoch mit zunehmender Vegetationsdeckung stark zurückgedrängt. Zur Förderung seltener Pionierarten werden im Reusstal auf Renaturierungsflächen kontinuierlich neue Pionierstandorte geschaffen, wodurch sich diese Arten wieder erfolgreich etablieren können (Fischer, 2011).

Drei der definierten Zielarten haben sich auf der Renaturierungsfläche kleinräumig etabliert. *Sanguisorba officinalis* (Grosser Wiesenknopf), *Selinum carvifolia* (Silge) und ein Individuum von *Inula helvetica* (Schweizer Alant) sind auf eine im Jahr 2010 durchgeführte Saatgutübertragung zurückzuführen. Eine für die Zielvegetation wichtige, bestandsbildende Art, *Molinia caerulea* (Blaues Pfeifengras), hat sich trotz Saatgutübertragung (2010) noch nicht etabliert. Eine Saatgutübertragung ist zur Etablierung der Zielarten nötig, da durch die frühere landwirtschaftliche Nutzung das Samenpotenzial im Boden gering ist (Verhagen et al. 2001) und eine Windverbreitung limitiert sein kann (Vécrin et al., 2002).

4.2.3 Zielarten, Magerkeitszeiger und Rote-Liste-Arten

Die Artenzahl sowie das Vorkommen von national prioritären und Rote-Liste-Arten sind wichtige Kenngrössen für die Bewertung von Renaturierungen. Das

Aufkommen von Magerkeitszeigern (Arten mit N-Zahl von 1 bis 2) kann im Sukzessionsverlauf jedoch gleichfalls positiv bewertet werden, da diese Arten nur auf nährstoffarmen Böden konkurrenzfähig sind (Schmidt, 1993).

Auf der Renaturierungsfläche sind mit 7% (11 Arten) bereits Gefässpflanzen vertreten, die unter geringem Nährstoffangebot konkurrenzfähig sind. Nährstoffzeiger überwiegen jedoch noch deutlich. Im Riedli sind Magerkeitszeiger zahlreich vertreten (57%, 25 Arten), was für diese Pflanzengesellschaft typisch ist.

Der Anteil Rote-Liste-Arten, die mindestens den Status VU (verletzlich) aufweisen, ist auf der Renaturierungsfläche mit 6% (9 Arten) relativ hoch. Ruderalstrategen wie *Crepis vesicaria ssp. taraxacifolia* (Löwenzahnblättriger Pippau, vom Aussterben bedroht), *Chenopodium strictum* (Gestreifter Gänsefuss, stark gefährdet), *Centaurium pulchellum* (Kleines Tausendgüldenkraut, verletzlich) und *Cyperus fuscus* (Schwarzbraunes Zypergras, verletzlich) profitieren wesentlich vom neu geschaffenen Lebensraum. In den Flachwasserzonen konnten sich seltene Arten wie *Eleocharis mamillata* (Zitzen-Sumpfbinse, verletzlich) und *Schoenoplectus tabernaemontani* (Tabernaemontanus Flechtbinse, verletzlich) etablieren.

Im Riedli liegt der Anteil Rote-Liste-Arten (mindestens Status VU, verletzlich) bei 9%. Eine hohe Individuenzahl weisen *Inula helvetica* (Schweizer Alant, verletzlich) und *Selinum carvifolia* (Silge, verletzlich) auf.

4.2.4 Neophyten und Problemarten

Ein gestörter Lebensraum, wie er sich im Hechtenloch nach dem Oberbodenabtrag präsentiert, ist für Neophyten leicht zu besiedeln (Nentwig, 2010). Zu Beginn der Vegetationsperiode (Erhebung Frühsommer) haben sich aussereuropäische Neophyten wie *Conyza canadensis* (Kanadisches Berufskraut), *Erigeron annuus* (Gewöhnliches Einjähriges Berufkraut) und *Oenothera glazioviana* (Lamarcks Nachtkerze) etabliert. Bei der zweiten Erhebung im Herbst sind vermehrt Arten wie *Buddleja davidii* (Schmetterlingsstrauch), *Panicum capillare* (Haarästige Hirse), *Solidago canadensis* (Kanadische Goldrute) und *Solidago gigantea* (Spätblühende Goldrute) aufgefallen.

Arten wie *Buddleja davidii* und *Solidago sp.* konnten mittels direkter Bekämpfung (Ausreissen) im Jahresverlauf gut unterdrückt werden. *Conyca canadensis, Erigeron annuus*, und *Panicum capillare* können vermutlich mittels Mahd zurückgedrängt werden, da diese Arten eine Mahd nur in geringem Masse vertragen (Landolt et al., 2010).

4.2.5 Mahd, Schnittgutübertragung

Vorläufig wird die Renaturierungsfläche zweimal pro Jahr gemäht: Der Sommerschnitt soll unerwünschte Arten (Neophyten, Gehölz und Schilf) schwächen. Da sie aber gleichermassen erwünschte Arten beeinträchtigt, werden auffällige Vorkommen derselben vorgängig markiert und nach Möglichkeit geschont. Die Herbstmahd entspricht der üblichen Streuwiesennutzung. Dass namentlich Wei-

denarten (Salix) nach dem Sommerschnitt bis zur Herbstmahd teilweise erneut über 50 cm nachwuchsen, demonstriert, dass das Ausreissen derselben sinnvoller wäre; leider fehlen hierfür die erforderlichen Arbeitskräfte.

Grundsätzlich wäre es möglich, das Aufkommen erwünschter Arten durch Schnittgutübertragung aus dem Riedli zu fördern. Weil damit aber vor allem Biomasse übertragen wird, die am Zielort auch Nährstoffe freisetzt, wird die Übertragung von zuvor geernteten Samen vorgezogen.

4.3 Fazit

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass die Standortbedingungen im Hechtenloch für die Entwicklung einer Pfeifengraswiese geeignet sind, die Vegetation sich sehr schnell entwickelt und bereits einige seltene Arten vorkommen. Die floristische Artenzusammensetzung ist jedoch noch sehr weit vom gewünschten Zielzustand entfernt.

4.4 Ausblick

Es ist nicht möglich, durch eine Renaturierung ein Feuchtgebiet herzustellen, das einem seit Jahrhunderten gewachsenen und durch entsprechende Nutzung geförderten Gebiet entspricht. Vielmehr ist es das Ziel, die Biodiversität und die genetische Vielfalt dieser Gebiete zu fördern und zu erhalten (Van Der Valk, 2009). Ein hoher Schutzwert ist bereits zu Beginn gegeben, da sich bemerkenswerte Pflanzengesellschaften mit teilweise typischen Arten der Vorstadien entwickeln können. Die Reifung der Zielvegetation ist jedoch ein Prozess, der bei anthropogenem Grünland wie Streuwiesen 15 bis 30 Jahre dauern kann (Klötzli, 1991).

Zahlreiche Studien und umgesetzte Renaturierungen zeigen auf, dass eine Etablierung von Feuchtwiesen mittels Oberbodenabtrag und Saatgutübertragung möglich ist (Fischer, 2011; Klimkowska et al., 2007; Klimkowska et al., 2010; Verhagen et al., 2001).

Um im Hechtenloch den Erfolg sowie die Möglichkeiten und Grenzen der Renaturierungs- und Pflegemassnahmen aufzuzeigen, ist eine wissenschaftliche Begleitung wichtig. Dies ist die erste von hoffentlich vielen weiteren, jährlichen Erhebungen. Ob die Vegetationsentwicklung künftig im selben Rahmen verfolgt werden kann, hängt nicht zuletzt davon ab, ob sich Studierende der ZHAW oder andere freiwillige Botaniker bereitfinden werden, sich für dieses Projekt einzusetzen. Das Projekt Hechtenloch, das erarbeitete Monitoring-Konzept und die verfügbare technische Infrastruktur bieten hierfür ideale Voraussetzungen.

Dank

Es ist uns ein Anliegen, den folgenden Personen zu danken: Herrn Prof. Dr. Peter M. Kammer (Pflanzenbestimmung), Herrn Josef Fischer (Führung durch Auen-

landschaft des Reusstals und Einblick in Renaturierungsprojekte der Stiftung Reusstal), Herrn Thomas und Herrn Willy Jordi (Geobau Ingenieure AG Münsingen, Plangrundlagen), Herrn Christoph J. Zoll (Lektorat). Ein herzlicher Dank gilt ganz besonders Annerose Meier für ihre grossartige Unterstützung.

Korrespondenzautor

Prof. Dr. Bertil O. Krüsi, E-Mail: bertil.kruesi@zhaw.ch, Tel. +41 (0)58 934 55 95

Literatur

AGI (2010): Digitaler Übersichtsplan 1:5000 (UP5). Amt für Geoinformation des Kantons Bern (AGI). http://www.bve.be.ch/bve/de/index/vermessung/vermessung/digitaler_uebersichtsplanup5.html (15.04.2010).

AWA (2010): Hydrographisches Jahrbuch 2010 des Kantons Bern. Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern, Amt für Wasser und Abfall AWA, Bern.

BAFU (2009): Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Ergebnisse des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM) im Überblick. Stand: Mai 2009. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

BAFU (2011): Das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung BLN, Beschreibungen der BLN-Objekte Nr. 1301-1321, 13 Zentrales Mittelland. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

Beck, P., Rutsch, R.F. (1958): Erläuterungen zum Atlasblatt 21 (Münsingen, Konolfingen, Gerzensee und Heimberg). Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25 000, Schweizerische Geologische Kommission, Kümmerly & Frey AG, Geographischer Verlag, Bern.

Berendse, F., Oomes, M.J.M., Altena, H.J., Elberse, W.T. (1992): Experiments on the restoration of species-rich meadows in The Netherlands. Biological Conservation 62: 59–65.

Delarze, R., Gonseth, Y. (2008): Lebensräume der Schweiz. Ökologie, Gefährdung und Kennarten. 2. vollständig überarbeitete Auflage. Hep Verlag, Bern.

Egloff, T. (1983): Der Phosphor als primär limitierender Nährstoff in Streuwiesen (Molinion). Düngungsexperiment im unteren Reusstal. Berichte des Geobotanischen Institutes ETH, Stiftung Rübel, Zürich 50: 119–148.

Ellenberg, H., Leuschner, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 6. Auflage. Ulmer Verlag, Stuttgart.

Ewald, K.C., Klaus, G. (2010): Die ausgewechselte Landschaft. Vom Umgang der Schweiz mit ihrer wichtigsten natürlichen Ressource. 2. Auflage, Haupt Verlag, Bern.

Fischer, J. (2011): Besichtigung der Natur- und Kulturlandschaft Reusstal. Geschäftsführer Stiftung Reusstal, Rottenschwil (mündliche Mitteilung).

Google Earth (2011): Orthofoto (18.01.2011).

Grime, J.P. (2001): Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties. 2. Edition, Wiley, Chichester.

Hausammann, A. (2008): Fauna und Flora in Auen. Faktenblatt Auen 13. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

Hölzel, N., Otte, A. (2003): Restoration of a species-rich flood meadow by topsoil removal and diaspore transfer with plant material. Applied Vegetation Science 6: 131–140.

Jansen, A.J., Fresco, L., Grootjans, A., Jalink, M. (2004): Effects of restoration measures on plant communities of wet heathland ecosystems. Applied Vegetation Science, 7: 243–252.

Jordi, T. (2010): Plan- und Datengrundlagen Hechtenloch (Flachwasser- und Uferzonen, Gewässer und Terrainpunkte), Aufnahme vom 05.03.2010. Geobau Ingenieure AG, Münsingen.

Klimkowska, A., Van Diggelen, R., Bakker, J.P., Grootjans, A.P. (2007): Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. Biological Conservation 140: 318–328.

Klimkowska, A., Kotowski, W., Van Diggelen, R., Grootjans, A.P., Dzierza, P., Brzezinska, K. (2010): Vegetation Re-development After Fen Meadow Restoration by Topsoil Removal and Hay Transfer. Restoration Ecology, 18 (6): 924–933.

Klötzli, F. (1969): Die Grundwasserbeziehungen der Streu- und Moorwiesen im nördlichen Schweizer Mittelland. Beiträge zur Geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz. Verlag Hans Huber, Bern.

Klötzli, F. (1991): Möglichkeiten und erste Ergebnisse mitteleuropäischer Renaturierungen. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Freising-Weihenstephan 1990), 20: 229–242.

Klötzli, F., Dietl, W., Marti, K., Schubiger-Bossard, C., Walther, G.R. (2010): Vegetation Europas. Das Offenland im vegetationskundlich-ökologischen Überblick. Hep Verlag, Bern.

Landolt, E., Bäumler, B., Erhardt, A., Hegg, O., Klötzli, F., Lämmler, W., Nobis, M., Rudmann-Maurer, K., Schweingruber, F., Theurillat, J.P., Urmi, E., Vust, M., Wohlgemuth, T. (2010): Flora Indicativa, Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen, 2. Auflage. Haupt Verlag, Bern.

Meier, C. (2011): Monitoring-Konzept zur Erfassung der Vegetationsentwicklung im Hechtenloch, Hunzigenau, Gemeinde Rubigen, Kanton Bern. Semesterarbeit, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Departement Life Sciences und Facility Management, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen IUNR, Wädenswil (unveröffentlicht).

Meteoschweiz (2011): Klima. http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima.html (19.10.2010).

Mühlenberg, M., Slowik, J. (1997): Kulturlandschaft als Lebensraum. UTB für Wissenschaft. Quelle & Meyer Verlag, Wiesbaden.

Nentwig, W. (2010): Invasive Arten. UTB Profile. Haupt Verlag, Bern.

Quinger, B., Schwab, U., Ringler, A., Bräu, M., Stohwasser, R., Weber, J. (1995): Lebensraumtyp Streuwiesen. Landschaftspflegekonzept Bayern, II.9. Alpeninstitut Bremen GmbH, Projektleiter A. Ringler, Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ANL, München.

Rosset, M.O. (1990): Beziehung zwischen Vegetation, Bodenwasser, Mikroklima und Energiehaushalt von Feuchtwiesen unter besonderer Berücksichtigung der Evapotranspiration. Dissertationes Botanicae, 159, J. Cramer, Berlin/Stuttgart.

Scheffer, F., Schachtschabel, P. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde, 16. Aufl. Spektrum Verlag, Heidelberg.

Schmidt, W. (1993): Sukzession und Sukzessionslenkung auf Brachäckern – Neue Ergebnisse aus einem Dauerflächenversuch. Scripta Geobotanica 20: 65–104.

Stiftung Aaretal (2003): Kartierung der waldfreien Bereiche der Aarelandschaft Thun-Bern 2000–2002. Stiftung Aaretal, Bern.

Stiftung Aaretal (2011): Internetseite der Stiftung Aaretal. http://www.stiftung-aaretal.ch (13.11.2011).

Van der Valk, A.G. (2009): Restoration of Wetland Environments: Lessons and Successes. In The Wetlands Handbook (eds E. Maltby and T. Barker), Wiley-Blackwell, Oxford, UK: 729–754.

Vécrin, M.P., Van Diggelen, R., Grévilliot, F., Muller, S. (2002): Restoration of species-rich flood-plain meadows from abandoned arable fields in NE France. Applied Vegetation Science 5: 263–270.

Verhagen, R., Klooker, J., Bakker, J.P., Van Diggelen, R. (2001): Restoration success of low-production plant communities on former agricultural soils after top-soil removal. Applied Vegetation Science 4, 75–82.

Vischer, D.L. (2003): Die Geschichte des Hochwasserschutzes in der Schweiz. Von den Anfängen bis ins 19. Jahrhundert. Berichte des BWG, Serie Wasser, 5, Bundesamt für Wasser und Geologie BWG, Bern.

WEA (1981): Geologische Profile, Hydrogeologische Karte Aaretal, zwischen Thun und Bern (inkl. Gürbetal), Beilage 2, 1:25 000 Blatt Nord. Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern. Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern WEA, Bern.

Anhang

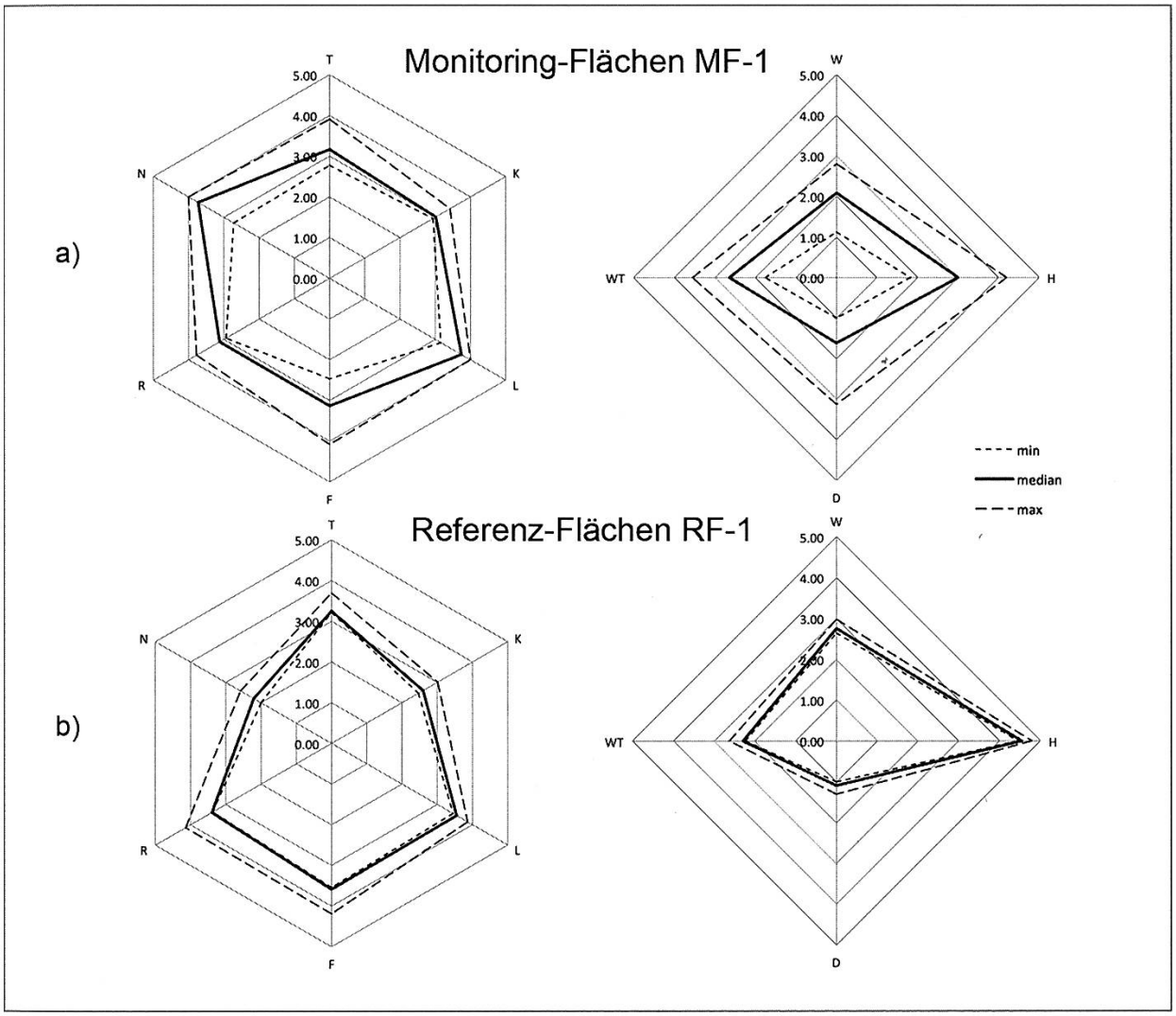

Abbildung A.1: Gewichtete Zeigerwerte (min = Minimum, median = Median, max =Maximum) a) Renaturierungsfläche (MF-1, Perimeter A, Erhebung Herbst, n = 50) und b) Riedli (RF-1, Perimeter B, n = 3); T = Temperaturzahl, K = Kontinentalitätszahl, L = Lichtzahl, F = Feuchtezahl, R = Reaktionszahl, N = Nährstoffzahl, W = Wechselfeuchtezahl, H = Humuszahl, D = Durchlüftungszahl, WT = Wurzeltiefe

*Acer pseudoplatanus**	*Epilobium parviflorum**	*Poa sp.**
Achillea millefolium	*Epilobium tetragonum*	*Poa trivialis**
*Agrostis canina**	*Equisetum palustre**	*Polygonum lapathifolium*
*Agrostis gigantea**	*Erigeron annuus** (Nw)	*Polygonum minus*
*Agrostis stolonifera**	*Erucastrum gallicum**	*Polygonum sp.**
*Ajuga reptans**	*Fallopia convolvulus*	*Populus alba*
Alchemilla vulgaris	*Festuca arundinacea*	*Potentilla anserina**
*Alnus incana**	*Festuca pratensis**	*Potentilla reptans**
*Alopecurus pratensis**	*Filipendula ulmaria**	*Prunella vulgaris**
*Anagallis arvensis**	*Galinsoga ciliata** (N)	*Pulicaria dysenterica*
Angelica sylvestris	*Galinsoga parviflora* (N)	*Pulmonaria mollis**

▶

*Anthoxanthum odoratum**
Anthriscus sylvestris
*Arenaria serpyllifolia**
Arrhenatherum elatius
Barbarea vulgaris
*Bellis perennis**
Betula pendula
Bromus benekenii
Buddleja davidii (Ns)
Calamagrostis epigejos
Calystegia sepium
Campanula rapunculoides
Campanula rapunculus
*Capsella bursa-pastoris**
*Cardamine hirsuta**
Carex acutiformis
*Carex caryophyllea**
*Carex flacca**
*Carex hirta**
*Carex panicea**
*Carex sp.**
Centaurium pulchellum (VU)
*Cerastium fontanum vulgare**
*Cerastium glomeratum**
Chaenorrhinum minus
Chara sp.
Chenopodium album
Chenopodium polyspermum
*Chenopodium strictum** (EN)
*Cirsium arvense**
Cirsium palustre
Cirsium vulgare
*Conyza canadensis** (N)
Crepis capillaris
Crepis vesicaria ssp. taraxacifolia (CR)
Cynosurus cristatus
Cyperus fuscus (VU)
Dactylis glomerata
Dipsacus fullonum
*Echinochloa crus-galli** (N)
Eleocharis mamillata (VU)
Elymus repens
Epilobium hirsutum
Galium mollugo
*Glechoma hederacea**
Heracleum sphondylium
Hieracium aurantiacum
*Holcus lanatus**
*Hypericum perforatum**
*Hypericum tetrapterum**
Hypochaeris radicata
Inula helvetica (VU)
Juncus alpinoarticulatus
*Juncus articulatus**
*Juncus conglomeratus**
Juncus effusus
*Juncus inflexus**
Juncus subnodulosus
Knautia dipsacifolia
Lathyrus pratensis
Linaria purpurea (EN, N)
Linaria vulgaris
*Lolium multiflorum** (N)
Lolium perenne
Lotus corniculatus
*Lythrum salicaria**
Malva moschata
Matricaria chamomilla
*Matricaria discoidea** (N)
Melilotus albus
Melilotus officinalis
*Mentha arvensis**
Myosotis arvensis
Oenothera glazioviana (N)
Orobanche hederae
*Panicum capillare** (N)
Papaver dubium
Phalaris arundinacea
*Phleum pratense**
*Phragmites australis**
Picea abies
Picris hieracioides
*Plantago lanceolata**
*Plantago major**
*Poa annua**
*Poa pratensis**
*Ranunculus acris**
*Ranunculus repens**
*Rorippa palustris**
Rorippa sylvestris
*Rubus caesius**
Rumex crispus
Rumex sanguineus
Sagina procumbens
*Salix sp.**
*Sanguisorba officinalis**
Schoenoplectus tabernaemontani (VU)
Scutellaria galericulata
Secale cereale
Sedum hispanicum
Selinum carvifolia (VU)
Senecio jacobaea
*Senecio vulgaris**
*Setaria pumila**
Sinapis arvensis
Solidago canadensis (Ns)
Solidago gigantea (Ns)
*Sonchus asper**
*Sonchus oleraceus**
Symphytum officinale
Tanacetum parthenium
*Taraxacum officinale**
Tragopogon dubius
*Trifolium dubium**
Trifolium hybridum
*Trifolium pratense**
*Trifolium repens**
Triticum aestivum
*Tussilago farfara**
Typha latifolia
Urtica dioica
*Verbascum densiflorum**
*Verbascum thapsus**
Verbena bonariensis (N)
Verbena officinalis
*Veronica arvensis**
*Veronica filiformis** (N)
Veronica persica (N)
*Vicia cracca**
Viola arvensis

Tabelle A.1: Artenliste Renaturierungsfläche mit Gefährdungsstatus (CR = vom Aussterben bedroht, EN = stark gefährdet, VU = verletzlich) und Neophytenstatus (N = Neophyten, Ns = aggressive invasive Neophyten Schwarze Liste, Nw = potenziell aggressive Neophyten Watch-Liste) (Landolt et al., 2010), * Vorkommen auf Monitoring-Flächen MF-1 (Total Erhebung Frühsommer und Herbst)

Bidens cernua	*Leersia oryzoides*	*Polygala amarella*
*Colchicum autumnale**	*Linum catharticum**	*Primula farinosa**
*Epipactis palustris**	*Lotus maritimus**	*Sanguisorba officinalis**
*Gentiana germanica**	*Lysimachia vulgaris**	*Schoenus nigricans**
*Inula helvetica**	*Molinia caerulea**	*Selinum carvifolia**
Iris sibirica	*Parnassia palustris**	*Succisa pratensis**

Tabelle A.2: Zielarten (Meier, 2011), die im Riedli vorkommen (*) und/oder mittels Saatgut auf die Renaturierungsfläche übertragen wurden (unterstrichen)

	mittel	min	q1	median	q3	max
Temperaturzahl T	3.23	2.77	3.06	3.17	3.37	3.91
Kontinentalitätszahl K	3.06	2.94	3.00	3.01	3.11	3.42
Lichtzahl Mittelwert L	3.72	3.16	3.61	3.74	3.89	4.00
Feuchtezahl F	3.18	2.47	2.99	3.13	3.32	4.08
Wechselfeuchtezahl W	2.05	1.12	1.77	2.09	2.31	2.80
Reaktionszahl R	3.18	2.94	3.02	3.12	3.27	3.77
Nährstoffzahl N	3.65	2.72	3.56	3.73	3.88	4.00
Humuszahl H	2.90	1.82	2.81	3.00	3.00	4.20
Durchlüftungszahl D	1.65	1.00	1.31	1.62	1.92	3.13
Wurzeltiefe WT	2.66	1.76	2.39	2.64	2.95	3.55
Anzahl Arten	8.60	0.00	6.00	8.00	10.75	24.00
Gesamtdeckung (%)	33.88	0.00	17.00	32.00	48.75	87.00

Tabelle A.3: Zeigerwerte (gewichtete Mittelwerte) der Monitoring-Flächen MF-1 Perimeter A (Renaturierung), Erhebung Herbst, n = 50; mittel = Mittelwert, min = Minimum, q1 = erstes Quantil, median = Median, q3 = drittes Quantil, max = Maximum

	mittel	min	q1	median	q3	max
Temperaturzahl T	3.40	3.22	3.25	3.25	3.49	3.69
Kontinentalitätszahl K	2.74	2.47	2.60	2.60	2.87	3.01
Lichtzahl Mittelwert L	3.66	3.45	3.55	3.55	3.76	3.86
Feuchtezahl F	3.79	3.54	3.59	3.59	3.91	4.19
Wechselfeuchtezahl W	2.83	2.64	2.76	2.76	2.93	2.98
Reaktionszahl R	3.64	3.37	3.40	3.40	3.78	4.14
Nährstoffzahl N	2.33	2.00	2.21	2.21	2.50	2.58
Humuszahl H	4.63	4.45	4.54	4.54	4.71	4.79
Durchlüftungszahl D	1.16	1.00	1.09	1.09	1.24	1.30
Wurzeltiefe WT	2.40	2.23	2.29	2.29	2.49	2.63
Anzahl Arten	13.67	6.00	11.50	11.50	17.50	18.00
Gesamtdeckung (%)	71.33	58.00	63.50	63.50	78.00	87.00
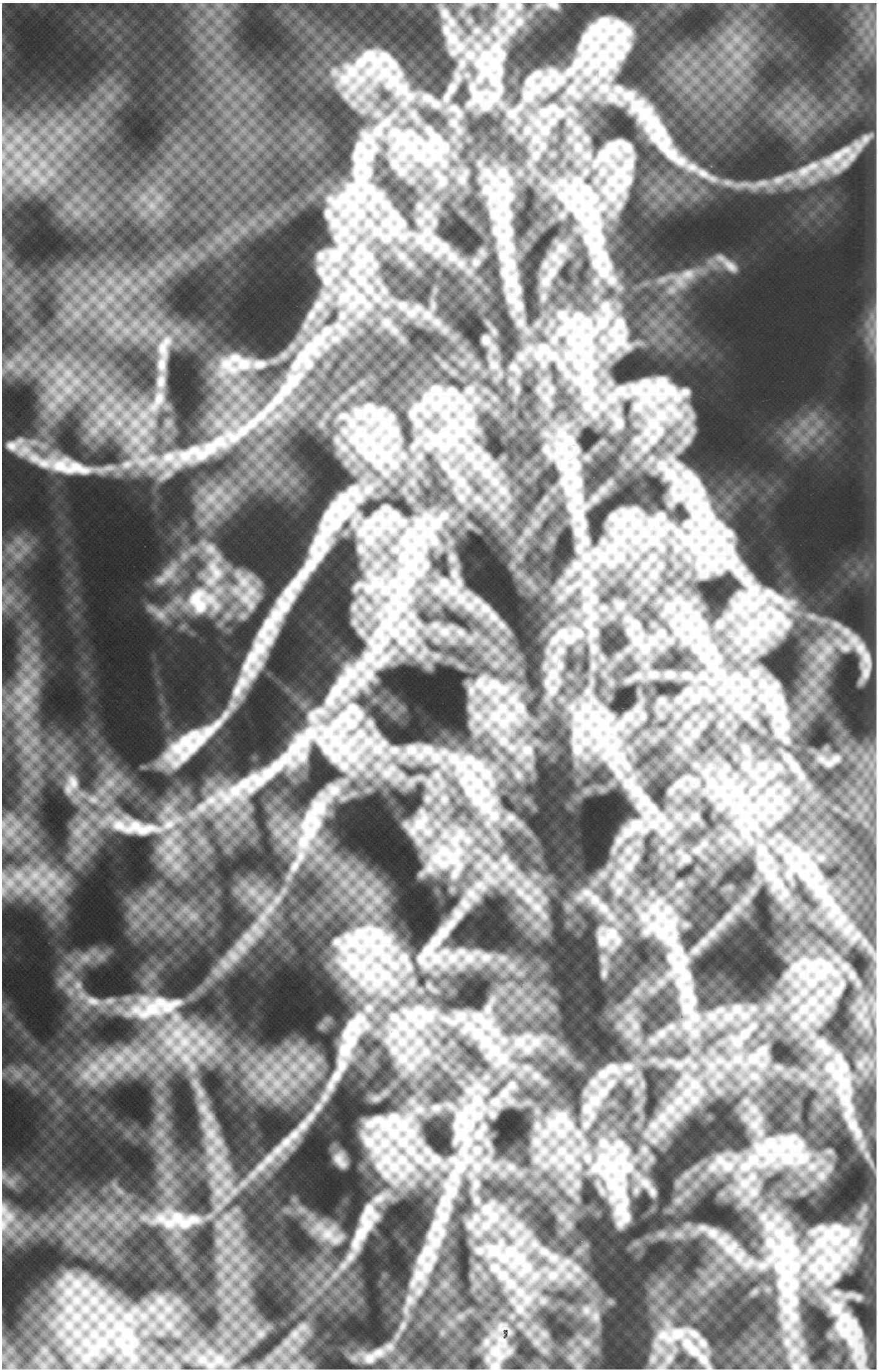
Tabelle A.4: Zeigerwerte (gewichtete Mittelwerte) der Referenz-Flächen RF-1 Perimeter A (Renaturierung), Erhebung Sommer, n = 3; mittel = Mittelwert, min = Minimum, q1 = erstes Quantil, median = Median, q3 = drittes Quantil, max = Maximum