

## 30 JAHRE HOCHMOOR-RENATURIERUNG IM HAGENMOOS

SIMONE FREI, ROLF HOLDEREGGER,  
ARIEL BERGAMINI

**30 Jahre Monitoring zeigen, dass die Renaturierung des Hochmoors Hagenmoos im Kanton Zürich insgesamt erfolgreich ist. Die Licht- und Feuchteverhältnisse haben sich verbessert und vielerorts haben sich grosse Torfmoosdecken gebildet. Die Renaturierungsziele sind aber noch nicht erreicht.**

Hochmoore sind saure, nährstoffarme und ständig vernässte Ökosysteme. Aufgrund ihrer Standortbedingungen beherbergen Hochmoore viele Lebensraumspezialisten und sind daher für die Biodiversität von grosser Bedeutung. Die Fläche der Schweizer Flach- und Hochmoore ist seit 1850 um rund 90 % zurückgegangen (Stuber & Bürgi 2018). Seit der Rothenthurm-Initiative 1987 konnte der Flächenrückgang grösstenteils gestoppt werden. Im Langzeitprojekt «Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz» zeigten Bergamini et al. (2019) jedoch, dass die

Schweizer Hochmoore in den letzten Jahrzehnten nährstoffreicher, trockener und schattiger geworden sind. Viele Hochmoore weisen noch immer intakte Drainagen auf. Um diesen negativen Entwicklungen entgegenzuwirken sind Renaturierungsmassnahmen erforderlich. Der Erfolg von solchen Massnahmen ist jedoch nicht garantiert und die langfristige Entwicklung von renaturierten Hochmooren wurde bisher kaum untersucht.

### Monitoring im Hagenmoos

Im Hagenmoos, einem Hochmoor von nationaler Bedeutung im Kanton Zürich, wurde im 18. Jahrhundert damit begonnen manuell Torf abzubauen, wodurch zwei grosse Torfstiche entstanden (Grösse ca. 70 x 100 m und 100 x 200 m; Abb. 1). Das Wasser des kleineren Torfstichs wurde für den Antrieb der nahen Klostermühle aus dem Moor abgeleitet. Im Verlauf des 20. Jahrhunderts wurde der Torfabbau aufgegeben. Die Gräben, die das Wasser aus dem Hagenmoos ableiteten, blieben aber bestehen, wodurch

das Moor weiter austrocknete und verbuschte. Im Rahmen eines Renaturierungsprojekts wurde der grössere der beiden Torfstiche 1987/88 entbuscht und 1991 die Gräben blockiert (Geissbühler 2000; Lüönd & Göttlich 1982). Die Vegetation im Hagenmoos wurde von 1989 bis 1999 auf über 100 Flächen beobachtet. Im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit (Frei 2020) wurden 72 dieser Flächen 2020 wiederholt beobachtet und mit den Erhebungen vor (1989) und zehn Jahre nach der Renaturierung (1999) verglichen. In jeder Aufnahmefläche wurde die gesamte Vegetation – Gefässpflanzen und Moose – erhoben. Beruhend auf diesen Daten wurde die Artenvielfalt, der Anteil an Hochmoorspezialisten und die mittleren Zeigerwerte berechnet und deren Veränderungen in den letzten 30 Jahren analysiert. Für die Zeigerwerte haben wir zudem Referenzwerte bestimmt anhand derer sich die Veränderungen besser einordnen lassen. Die Referenzwerte basieren auf 21 ausgewählten, typischen Vegetationsaufnahmen in Hochmooren, die im

## 30 ANS APRÈS LA RENATURATION DU HAUT-MARAIS D'HAGENMOOS

SIMONE FREI, ROLF HOLDEREGGER,  
ARIEL BERGAMINI

**Un suivi de la renaturation du haut-marais d'Hagenmoos (ZH) sur les 30 dernières années fait ressortir des résultats globalement réjouissants. Malgré l'amélioration des conditions de lumière et d'humidité et la présence étendue de sphagnes, il est encore trop tôt pour crier victoire.**

Les hauts-marais sont des écosystèmes acides, pauvres en éléments nutritifs et constamment gorgés d'eau. Grâce à ces caractéristiques, ils abritent nombre d'espèces spécialisées et sont d'une grande importance pour la biodiversité. Or, depuis 1850, la surface des bas-marais et des hauts-marais en Suisse a diminué de près de 90 % (Stuber & Bürgi 2018), un recul qui a pu être largement enrayé avec l'adoption de l'initiative de Rothenthurm en 1987. Dans le cadre du projet de recherche de longue durée «Suivi des effets de la protection des bio-

topes en Suisse», Bergamini et al. (2019) ont cependant constaté que les hauts-marais s'étaient enrichis en nutriments, asséchés et assombrés au cours des dernières décennies. De plus, les drains de nombreux hauts-marais sont restés intacts. Des mesures de renaturation sont dès lors nécessaires pour contrer ce développement néfaste, même si rien n'en garantit le succès, et ce d'autant plus que l'évolution à long terme des hauts-marais revitalisés n'a guère été étudiée à ce jour.

### Monitoring du marais d'Hagenmoos

Dans le marais d'Hagenmoos, un haut-marais d'importance nationale du canton de Zurich, deux grandes fosses de tourbage (env. 70 x 100 m et 100 x 200 m; fig. 1) ont été creusées à partir du XVIII<sup>e</sup> siècle pour extraire manuellement la tourbe. L'eau de la petite fosse a été déviée pour alimenter un moulin situé à proximité. Bien que l'extraction de la tourbe ait cessé au cours du XX<sup>e</sup> siècle, les canaux de drainage qui redirigeaient l'eau du marais sont restés intacts, entre-

tenant dès lors l'assèchement et l'embroussaillage de la zone. Dans le cadre d'un projet de renaturation, la plus grande des deux fosses a été débroussaillée entre 1987 et 1988 et les canaux de drainage ont été bouchés en 1991 (Geissbühler 2000; Lüönd & Göttlich 1982). La végétation a ensuite été recensée sur plus de 100 parcelles du marais entre 1989 et 1999. Le travail exposé dans le présent article (Frei 2020), réalisé en 2020, porte sur l'étude de 72 de ces parcelles, pour lesquelles l'ensemble de la végétation (plantes vasculaires et mousses) a été relevé à nouveau. Les résultats ont dans un second temps été comparés aux observations de 1989 et à celles réalisées en 1999, soit 10 ans après l'introduction des mesures de renaturation. Ces données ont permis de calculer le niveau de biodiversité, la proportion d'espèces spécialisées ainsi que des indices moyens, et d'analyser l'évolution de ceux-ci ces 30 dernières années. Pour les indices, des valeurs de référence ont été déterminées sur la base d'une sélection de 21 relevés

Rahmen der «Wirkungskontrolle Biotop-schutz Schweiz» aufgenommen wurden (Bergamini et al. 2019).

### Hochmoor wurde lichtreicher und feuchter

Sowohl innerhalb als auch ausserhalb der beiden Torfstiche haben wir eine Zunahme der mittleren Licht- und Feuchtezahl beobachtet (Abb. 2). Beide Zeigerwerte haben besonders in den ersten zehn Jahren nach der Renaturierung zugenommen und zeigten seit 1999 nur noch geringe Veränderungen. Die mittleren Licht- und Feuchtezahlen innerhalb der Torfstiche waren 2020 nahe an den Referenzwerten. Ausserhalb der Torfstiche waren die Werte jedoch signifikant tiefer, was trotz ihrer Zunahme auf zu

schattige und trockene Bedingungen hinweist. Die beiden Torfstiche dürften eine austrocknende Wirkung auf die höher gelegenen, nicht abgetorften Bereiche ausüben. Um auch in den höher gelegenen Bereichen eine ausreichende Vernässung zu erzielen, sollte der Wasserspiegel noch weiter angehoben werden (auf ca. 40-50 cm unter Flur; Geissbühler 2000). Dies muss jedoch langsam erfolgen, damit die bestehende Vegetation innerhalb der Torfstiche nicht überschwemmt und zerstört wird. Es ist bei einer Erhöhung des Wasserspiegels auch auf den für den Kanton Zürich speziellen Bergföhrenbestand (*Pinus mugo* subsp. *uncinata*) zu achten, der ausserhalb des grossen Torfstichs nicht weit von der Torfstichkante entfernt wächst. Auch sollte ausserhalb

der Torfstiche die Entwicklung der übrigen Gehölze weiterhin beobachtet und eine weitere Verbuschung oder Verwaldung verhindert werden.

### Abnahme der Artenvielfalt

Seit der Renaturierung hat die Gesamtartenzahl im Hagenmoos abgenommen (1989: 126 Arten; 1999: 121 Arten; 2020: 101 Arten). Die Abnahme der Gesamtartenzahl ist durch eine Abnahme an Arten, die nicht typisch für Hochmoore sind, zu erklären. Der Anteil der Hochmoorspezialisten an der Gesamtartenzahl hat deshalb insgesamt leicht zugenommen. Die durchschnittliche Anzahl der Gefässpflanzen und Moose pro Aufnahme-fläche hat sich ebenfalls verändert. Innerhalb der Torfstiche hat die

Abb. 1 links: Grosser Torfstich mit Schilf und hoher Deckung verschiedener Torfmoose im Jahr 2020. Aufgrund des hohen Wasserspiegels kommen innerhalb des Torfstichs kaum Gebüsche und Bäume auf. Rechts: Höher gelegenes, nicht abgetorfte Gebiet ausserhalb der Torfstiche mit Föhren, Birken und Pfeifengras (Fotos: Simone Frei).



Fig. 1 à gauche: Grande fosse de tourbage avec roseaux et haut couvert de sphaignes en 2020. Le niveau d'eau élevé prévient le développement d'arbustes et d'arbres dans la fosse. À droite: Site non exploité situé plus haut et à l'extérieur des fosses colonisé par les pins, les bouleaux et la molinie (photos: Simone Frei).

de la végétation typique des hauts-marais issus du «Suivi des effets de la protection des biotopes en Suisse» (Bergamini et al. 2019) afin de mieux catégoriser les changements.

### Des haut-marais plus lumineux et plus humides

Nous avons constaté une augmentation de l'indice moyen d'humidité et de luminosité tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des fosses (fig. 2). Les deux indices ont d'abord connu une hausse dans les dix premières années qui ont suivi la renaturation, puis n'ont que peu évolué à partir de 1999. À l'intérieur des fosses, ces moyennes étaient proches des valeurs de référence en 2020. À l'extérieur, par contre, elles étaient nettement trop basses, ce qui, malgré la hausse géné-

rale, indique l'existence de conditions trop ombrées et sèches. Il est possible que les fosses aient provoqué un assèchement de ces zones non exploitées situées plus haut. Afin de permettre une remise en eau suffisante de ces terres, il convient de continuer à élever le niveau d'eau (à env. 40-50 cm sous le niveau du sol; Geissbühler 2000). Cette augmentation doit toutefois être lente afin de ne pas inonder et noyer la végétation à l'intérieur des fosses. Il faut aussi prêter attention au peuplement de pins à crochets (*Pinus mugo* subsp. *uncinata*) qui se trouve non loin du mur d'exploitation de la plus grande des deux fosses, en raison de sa valeur pour le canton de Zurich. Enfin, il faudrait surveiller l'évolution des autres ligneux et empêcher un embroussaillage ou un boisement des parcelles.

### Appauvrissement de la biodiversité

Depuis la renaturation d'Hagenmoos, le nombre d'espèces peuplant le marais a baissé (1989: 126 espèces; 1999: 121 espèces; 2020: 101 espèces). Cette situation s'explique par la diminution du nombre d'espèces qui ne sont pas typiques des hauts-marais. Aussi la proportion d'espèces spécialisées a-t-elle augmenté légèrement dans l'ensemble. Le nombre moyen de plantes vasculaires et de mousses par parcelle recensée a également évolué: à l'intérieur des fosses de tourbage, le nombre de plantes vasculaires et de mousses a connu une chute marquée; en dehors, le nombre de mousse a augmenté jusqu'en 1999, avant de connaître un nouveau déclin. Pour les plantes vasculaires, ce nombre est resté inchangé.

Anzahl an Gefässpflanzen und Moosen signifikant abgenommen. Ausserhalb der Torfstiche hat die Anzahl der Moose bis 1999 zugenommen, nahm danach aber wieder ab. Die Anzahl Gefässpflanzen hat sich ausserhalb der Torfstiche nicht verändert.

### Es gibt auch negative Entwicklungen

Auffällig ist, dass 2020 innerhalb der Torfstiche eine hohe Deckung von Schilf (*Phragmites australis*) beobachtet wurde (10.6 % mittlere Deckung). In vielen Aufnahmeflächen war das Schilf einige Meter hoch und sehr dicht. In anderen Flächen wiederum haben wir eine dichte Torfmoos-Decke mit vereinzelt Schilfhalmern beobachtet (Abb. 3). Das Vorkommen von Schilf deutet auf nährstoffreiche und leicht basische bis leicht saure Bedingungen hin. Tatsächlich nahm die mittlere Nährstoffzahl innerhalb der Torfstiche während der letzten 30 Jahre zu, während ausserhalb der Torfstiche keine Veränderung beobachtet wurde. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass durch die Wiedervernässung der obersten, leicht zersetzten Torfschicht Nährstoffe mobilisiert und dadurch pflanzenverfüg-

bar wurden. Dieser Effekt sollte allerdings nach einiger Zeit wieder abklingen, was im Hagenmoos bis anhin nicht beobachtet wurde. Die Reaktionszahl zeigte eine Zunahme ausserhalb der Torfstiche. Die Humuszahl nahm innerhalb der Torfstiche ab (Abb. 2). All diese Entwicklungen widersprechen den Renaturierungszielen und sind negativ zu werten, da Hauptziele von Hochmoor-Renaturierungen die Aktivierung der Torfbildungsprozesse und eine Förderung von sauren, nährstoffarmen Verhältnissen sind.

### Schlussfolgerungen

Insgesamt können die Renaturierungsmassnahmen im Hagenmoos als erfolgreich beurteilt werden. In den beiden Torfstichen bedecken Torfmoose grosse Flächen, was auf eine erfolgreiche Vernässung hinweist. Dennoch sind auch 30 Jahre nach der Renaturierung noch nicht alle Ziele erreicht. Die meisten Entwicklungen waren in den ersten zehn Jahren nach der Renaturierung am stärksten und schwächten sich danach ab. 2020 erreichten die Licht- und Feuchteverhältnisse innerhalb der Torfstiche die angestrebten Referenzwerte. Es gab aber auch negative Trends, wie beispielsweise bei

Abb. 2: Veränderungen der mittleren Feuchtezahl, Lichtzahl und Humuszahl (berechnet aus der Vegetationszusammensetzung) im Hagenmoos in den Torfstichen (jeweils links; blaue Punkte) und ausserhalb (jeweils rechts; grüne Punkte). Schwarze Linien: Veränderungen der Zeigerwerte zusammen mit den 95 %-Vertrauensintervallen (graue Bereiche); rot gestrichelte Linien: Referenz die als Zielvorstellung dient zusammen mit deren Streuung (rote Bereiche,  $\pm 1$  SD).

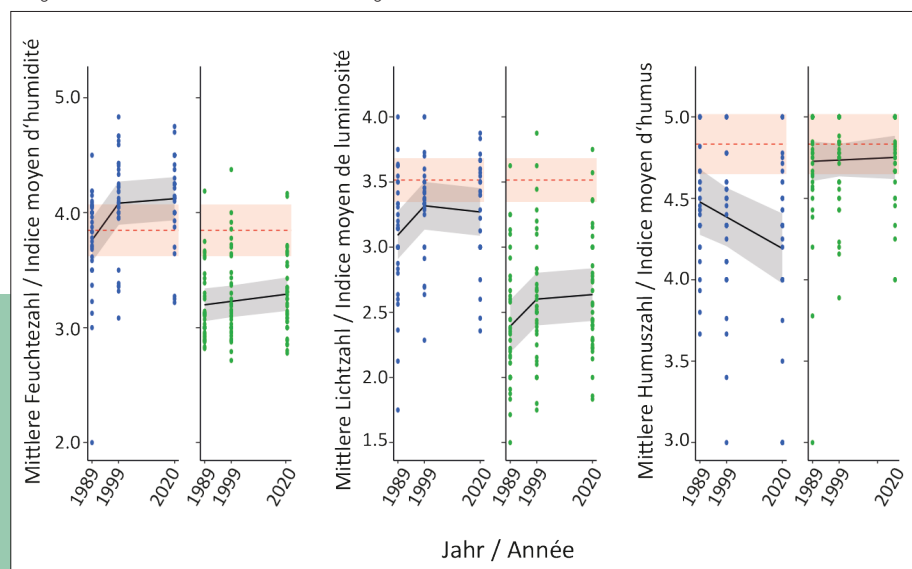


Fig. 2: Évolution de l'indice moyen d'humidité, de luminosité et d'humus [calculé à partir de la composition de la végétation] dans le marais d'Hagenmoos, à l'intérieur des fosses (graphiques de gauche; points bleus) et à l'extérieur (graphiques de droite; points verts). Lignes noires: évolution des indices avec intervalle de confiance de 95 % (zones grises); Traitillés rouges: valeurs de référence, fixées comme objectifs, et leur dispersion (zones rouges, écart-type:  $\pm 1$ ).

### Plusieurs ombres au tableau

Un élément particulièrement frappant a été l'observation en 2020 d'un important couvert de roseaux (*Phragmites australis*) à l'intérieur des fosses de tourbage (couvert moyen, 10,6 %). Sur nombre de parcelles étudiées, les peuplements, hauts de quelques mètres, étaient très denses. Sur d'autres, par contre, seuls quelques individus parsemaient un couvert de sphaignes dense (fig. 3). La présence du roseau témoigne d'un environnement riche en éléments nutritifs et de conditions légèrement basiques à légèrement acides. De fait, l'indice moyen des éléments nutritifs à l'intérieur des fosses a augmenté ces 30 dernières années, alors qu'il est resté inchangé à l'extérieur de celles-ci. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la remise en eau de la fosse ait transporté des éléments nutritifs dans la couche de tourbe supérieure légèrement décomposée, permettant ainsi aux plantes de les atteindre. Cet effet devrait toutefois s'estomper après un certain temps, mais ce n'est pas encore le cas dans le marais d'Hagenmoos. En outre, l'indice de réaction a connu une hausse à l'extérieur des fosses. De son côté, l'in-

dice d'humus dans les fosses a baissé (fig. 2). Tous ces changements sont en contradiction avec les objectifs de la renaturation des hauts-marais, à savoir l'activation du processus de formation de la tourbe et la promotion de conditions acides et pauvres en éléments nutritifs. Aussi doivent-ils être considérés comme négatifs.

### Conclusions

Dans l'ensemble, les mesures de renaturation dans le marais d'Hagenmoos ont livré des résultats positifs. Ainsi, dans les deux fosses de tourbage, les sphaignes occupent désormais de vastes surfaces, ce qui indique que la remise en eau a

porté ses fruits. Cependant, 30 ans après la mise en œuvre des mesures, certains objectifs ne sont pas encore atteints. Les changements ont pour la plupart été plus marqués durant les dix années qui ont suivi l'introduction des mesures et ont ensuite perdu en intensité. Si, à l'intérieur des fosses, les conditions de lumière et d'humidité ont fini par atteindre en 2020 les valeurs de référence visées, on y constate aussi certains développements néfastes, notamment quant aux éléments nutritifs et à l'humus. En outre, les terres à l'intérieur et à l'extérieur des fosses ont suivi des évolutions différentes après le lancement de la renaturation. En 2020, les conditions de lumière et d'humidité

den Nährstoff- und Humusverhältnissen innerhalb der Torfstiche. Nach den Renaturierungsmassnahmen zeigten die Gebiete inner- und ausserhalb der Torfstiche unterschiedliche Entwicklungen. So waren 2020 die Licht- und Feuchteverhältnisse tiefer ausserhalb als innerhalb der Torfstiche. Um ausserhalb der Torfstiche den Hochmoorcharakter zu erhalten, empfehlen wir den Wasserspiegel innerhalb der Torfstiche langsam weiter anzuheben, ohne dabei die Torfmoos-schicht zu überfluten und ohne den kleinen, aber wertvollen Bergföhrenbestand ausserhalb des grossen Torfstichs zu schädigen. Um ein detailliertes Konzept für zukünftige Renaturierungsmassnahmen zu entwickeln, wäre ein langfristiges hydrologisches Monitoring hilfreich. Darüber hinaus sollten auch andere Taxa, die

ebenfalls im Fokus des Naturschutzes stehen, in das Monitoring integriert werden (z.B. Libellen, Amphibien, Reptilien).

#### Kontakt

Simone Frei

WSL Eidgenössische Forschungsanstalt  
Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf  
E-Mail: simone.frei26@gmail.com

Ariel Bergamini

WSL Eidgenössische Forschungsanstalt  
Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf  
E-Mail: ariel.bergamini@wsl.ch

Rolf Holderegger

WSL Eidgenössische Forschungsanstalt  
Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf  
E-Mail: rolf.holderegger@wsl.ch

#### Literatur

- Bergamini, A., Ginzler, C., Schmidt, B. R., Bedolla, A., Boch, S., Ecker, K., Graf, U., H., K., Küchler, M., Dosch, O., Holderegger, R. (2019). Zustand und Entwicklung der Biotope von nationaler Bedeutung: Resultate 2011–2017 der Wirkungskontrolle Biotop-schutz Schweiz. WSL Berichte, 85, 1–104.
- Geissbühler, S. (2000). Wiedervernässung und Entbuschung als Massnahmen zur Regeneration eines abgetorften Hochmoors im Schweizer Mittelland. Vierteljahresschrift Naturforschende Gesellschaft Zürich, 145, 87–109.
- Frei, S. (2020). 30 years after: How successful was the restoration of a raised bog in the Swiss Plateau? Masterarbeit D-USYS ETH, Zürich.
- Lüönd, A., Göttlich, K. (1982). Schutzgebietskonzept Hagenholz. WSL, Birmensdorf.
- Stuber, M., Bürgi, M. (2018). Vom "eroberten Land" zum Renaturierungsprojekt. Geschichte der Feuchtgebiete in der Schweiz seit 1700. Haupt, Bern.

Abb. 3: Links: Dichter Bestand aus Schilf im Jahr 2020. Rechts: Aufnahme mit einer dichten Torfmoos-Decke und wenigen Schilfhalmern (Fotos: Simone Frei).



Fig. 3 à gauche: Peuplement dense de roseaux en 2020. À droite: Parcelle recensée avec un épais couvert de sphaignes parsemé de roseaux (photos: Simone Frei).

étaient par exemple plus basses à l'extérieur des fosses qu'à l'intérieur. Par ailleurs, afin de maintenir le caractère marécageux à l'extérieur des fosses, nous recommandons d'augmenter lentement le niveau d'eau dans les fosses en prenant garde d'une part à ne pas inonder la couche de sphaigne et d'autre part à ne pas détériorer la certes petite – mais précieuse – population de pins à crochets située aux abords de la grande fosse. Enfin, un suivi hydrologique à long terme serait utile dans l'élaboration d'une stratégie détaillée pour de futures mesures de renaturation. Ce suivi devrait du reste prendre en compte d'autres espèces qui font l'objet d'une attention particulière en conservation de la nature (par ex., libellules, amphibiens et reptiles).

#### Renseignements

Simone Frei

Institut fédéral de recherches WSL  
Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf  
courriel: simone.frei26@gmail.com

Ariel Bergamini

Institut fédéral de recherches WSL  
Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf  
courriel: ariel.bergamini@wsl.ch

Rolf Holderegger

Institut fédéral de recherches WSL  
Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf  
courriel: rolf.holderegger@wsl.ch

#### Bibliographie

- Bergamini, A., Ginzler, C., Schmidt, B. R., Bedolla, A., Boch, S., Ecker, K., Graf, U., H., K., Küchler, M., Dosch, O., Holderegger, R. (2019). Zustand

- und Entwicklung der Biotope von nationaler Bedeutung: Resultate 2011–2017 der Wirkungskontrolle Biotop-schutz Schweiz. Rapport du WSL 85, p. 1–104.
- Geissbühler, S. (2000). Wiedervernässung und Entbuschung als Massnahmen zur Regeneration eines abgetorften Hochmoors im Schweizer Mittelland. Vierteljahresschrift Naturforschende Gesellschaft Zürich, 145, p. 87–109.
- Frei, S. (2020). 30 years after: How successful was the restoration of a raised bog in the Swiss Plateau? Mémoire de master EPF Zurich, D-USYS.
- Lüönd, A., Göttlich, K. (1982). Schutzgebietskonzept Hagenholz. WSL, Birmensdorf.
- Stuber, M., Bürgi, M. (2018). Vom "eroberten Land" zum Renaturierungsprojekt. Geschichte der Feuchtgebiete in der Schweiz seit 1700. Haupt, Berne.