

Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 121 (1994)

Artikel: Vegetations- und Standortveränderungen auf von Hochwasser überschlickten Streuwiesen = Changes in vegetation and site conditions in wet meadows after a flood

Autor: Leuthold, Barbara

Kapitel: 5: Diskussion

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308985>

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: 31.01.2026

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

5. DISKUSSION

5.1. STANDORTSVERÄNDERUNGEN

5.1.1. Grundwasser

Ein Vergleich der **Dauerlinien** des Reussdeltas mit denjenigen von KLÖTZLI (1969) zeigt, dass etliche Vegetationseinheiten, nämlich das *Caricetum elatae*, das *Caricetum davallianae* und das *Stachyo-Molinietum*, im Reussdelta feuchter sind als die von KLÖTZLI beschriebenen. Die Dauerlinie des *Ranunculo-Caricetum hostianae* des Reussdeltas zeigt hingegen etwas trockenere Verhältnisse an. Die durchschnittlichen Amplituden der genannten Gesellschaften sind im Reussdelta durchweg kleiner. Teilweise sind diese Unterschiede mit der kürzeren Messperiode im Reussdelta erklärbar. Die Hauptursache ist aber wohl die unterschiedliche Bodenart der untersuchten Gebiete. Während die von KLÖTZLI behandelten Pflanzengesellschaften auf lehmigem Untergrund stocken (KLÖTZLI 1969, LEÓN 1968, NAEF 1980), finden sich im Reussdelta eher sandige Böden. Regionale klimatische Unterschiede und periodische Klimaschwankungen werden zusätzlich mit im Spiel sein. Eine weitere Ursache für die eher geringen Amplituden könnte die Regulierung des Seespiegels sein.

Die ANL, Arbeitsgemeinschaft Naturschutz und Landschaftspflege (1983), hatte bei ihren Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Landschaftsentwicklungsplan eine Ausbreitung der Grosseggenriede festgestellt. Diese Entwicklung bestätigten SINDELAR (1987) und WILHELM (1987). Die Ursache dafür ist, neben einer allgemeinen Eutrophierung des Gebietes (KLÖTZLI, mündl.), ein genereller Grundwasseranstieg in den letzten Jahren. Dieser ist vermutlich in einer Deltaabsenkung begründet (KELLETAT 1984, WILHELM 1987). Durch die Überschlickung ist der relative Grundwasserspiegel wieder etwas abgesunken, wodurch die Ausbreitung der Grosseggenriede zumindest auf der Seedorfer Seite einstweilen gestoppt sein sollte. Die Vegetationskartierung von STAUBLI (1988) und eigene Beobachtungen bestätigen diese Vermutung.

Die Dauerlinien der Schlickflächen zeigen neben einem tieferen Grundwasserstand auch eine grössere Amplitude. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass das hochwüchsige Schilf in Trockenperioden mehr transpiriert als die vergleichsweise niedrigen Pflanzen weniger gestörter Standorte.

Ein Vergleich der **Grundwasseranalysen** von 1989 und 1990 mit denjenigen von 1987 (SINDELAR 1987, WILHELM 1987) zeigt einen durchschnittlichen Anstieg der Calcium-, Kalium- und Mangan-Konzentrationen und der Leitfähigkeit. Besonders gross ist dieser Anstieg beim Calcium: Um bis das Vierfache stieg die Konzentration nach dem Unwetter an. Alle übrigen Werte (Ortho- und Gesamt-Phosphat-, Nitrat-, Ammonium-, Magnesium- und Natriumkonzentration sowie pH-Wert) blieben nach der Überschlickung etwa im selben Bereich wie vorher.

Mindestens teilweise sind die festgestellten Veränderungen des Grundwasserchemismus wohl auf die Überschlickung zurückzuführen. Der Calcium- und Kalium-Anstieg rührt mit grosser Wahrscheinlichkeit von den Alluvionen her. Bei Bodenuntersuchungen unmittelbar nach der Überschwemmung hatte sich zwar herausgestellt, dass der Schlick lediglich 3 - 5 % Kalk enthielt (ein grosser Teil des Einzugsgebietes der Reuss besteht aus kalkarmen kristallinen Gesteinen). Das abgelagerte Material ist jedoch sehr feinkörnig und die Verwitterung somit relativ stark.

Das Grundwasser ist aber, abgesehen vom Schlick, von zahlreichen weiteren Faktoren beeinflusst: Düngung im angrenzenden Landwirtschaftsgebiet, Zeitpunkt der Probenahme, Witterungsverhältnisse, Zehrung durch die Pflanzen usw.

Die extrem hohen Eisenkonzentrationen, die im Sommer 1989 und 1990 gefunden wurden, können nicht mit der Überschlickung in Zusammenhang gebracht werden. Sie sind vermutlich durch eine der Probenahme vorangegangene längere anaerobe Phase bedingt, bei der Eisen reduziert wurde und in Lösung ging (STICHER, mündl.).

In dem veränderten Grundwasserchemismus sind bisherige und weitere Veränderungen der Flora kaum begründet. Bereits SJÖRS (1950) hält den pH-Wert und die Elektrolytkonzentration des Bodenwassers nicht für die ausschlaggebenden Faktoren. Nach HÖLZER (1977) ist neben dem Grundwasserverlauf hauptsächlich Magnesium, nach WARNKE-GRÜTTNER (1991) Magnesium, Calcium und der pH-Wert entscheidend für die Ausbildung verschiedener Flachmoorgesellschaften im oligotrophen Bereich. Auch WILHELM (1987) stellte fest, dass Magnesium am ehesten die Fähigkeit besitzt, Einheiten zu trennen. Die eutrophen Hochstaudenriede liessen sich bei seinen Untersuchungen zusätzlich durch hohe Phosphatwerte von den übrigen Gesellschaften abtrennen. Magnesium- und Phosphat-Gehalt sowie pH-Wert haben sich im Reussdelta aber nicht entscheidend geändert.

5.1.2. Boden

Ein entscheidender Faktor für die Pflanzen ist sicher das geringe **Wasseraufnahmevermögen** des Schlicks. Bei der zweiten Probenahme im März 1992 konnte aufgrund der feuchtkalten Witterung angenommen werden, dass auch die oberen Bodenschichten annähernd wassergesättigt waren. Der Schlick enthielt zu diesem Zeitpunkt 10-40 % weniger Wasser als der angestammte Oberboden. Starke Auswirkungen dürfte dies im Sommer während längeren Trockenperioden haben, wenn der sandige Schlick oberflächlich austrocknet. Besonders die wenig tief wurzelnden Keimlinge sind dann einem grossen Wasserstress ausgesetzt. (Nach GROOTJANS 1985 kann bei trockenen Verhältnissen in Molinieten Wasser limitierend wirken.)

Die vergleichsweise hohen **pH-Werte** der Schlickschicht sowie die bereits erwähnten Kalkbestimmungen zeigten, dass die Überschwemmung einen gewissen Carbonateintrag bewirkt hatte. Eine üblicherweise eintretende Carbonatverlagerung oder -auswaschung konnte mit den Resultaten nicht bewiesen werden. Die Änderungen der pH-Werte von 1990 bis 1992 waren zu gering und lagen im Bereich der natürlichen Schwankungen.

Die teilweise erstaunlich tiefen pH-Werte der Gleyhorizonte im März 1992 entsprachen mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht den natürlichen Verhältnissen im Boden, sondern waren durch den Zeitpunkt der Probenahme bedingt. Im März 1992 stand das Grundwasser seit einiger Zeit hoch an, was zu anaeroben Verhältnissen im Gleyhorizont und damit zur Eisenreduktion und Eisensulfidbildung führte. Durch den Luftzutritt nach der Probenahme wurde Eisen wieder oxidiert. Das frei werdende Sulfidion bildete Schwefelsäure (STICHER, mündl.).

Der registrierte Carbonateintrag hat bisher keinen grossen Einfluss auf die Vegetation gezeigt. Lediglich einige bereits vor der Überschwemmung seltene Säurezeiger wie *Sieglingia decumbens* sind noch etwas seltener geworden. Dass der Carbonateintrag längerfristig weitere Folgen haben könnte, ist eher zu bezweifeln. Die Differenz zwischen Schlick und angestammtem Oberboden betrug zwar im März 1992 immerhin 0.5 bis 1 pH-Einheit (Werte zwischen 6.5 und 7.5). Dieser Unterschied wird sich jedoch weiter verkleinern, so dass in einigen Jahren im jetzigen Oberboden nicht mehr viel basische Bodenverhältnisse bestehen werden als vor der Überschwemmung.

Die Analyse des **organischen Kohlenstoffs** konnte die erwartete Humusbildung im Schlick nicht zeigen; der Zeitraum von zwei Jahren zwischen den beiden Probenahmen war auch etwas kurz dafür. In der Mehrheit der Fälle

nahm der Gehalt an organischem Kohlenstoff im Schlick sogar leicht ab. Dieses Ergebnis darf aber nicht überinterpretiert werden, da die Schwankungen bei dieser Analyse recht gross sind. Es ist zum Beispiel ziemlich entscheidend, ob eine Probe noch einige Feinwurzeln enthält oder nicht.

Die grossen Unterschiede zwischen den Werten der bAh-Horizonte sind wahrscheinlich ebenso methodisch bedingt.

Die Abnahme der **Phosphat**-Gehalte lässt sich hauptsächlich auf die Zehrung durch die Pflanzen zurückführen, da die Phosphatauswaschung in der Regel sehr gering ist (SCHEFFER und BLANKENBURG 1983, SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1984, STICHER mündl.) und im Reussdelta zudem Phosphor der limitierende Faktor sein dürfte (BOLLER-ELMER 1977, EGLOFF 1983).

Da auch **Kalium** im allgemeinen nur langsam ausgewaschen wird, sind Abnahmen der Kalium-Gehalte wahrscheinlich vor allem durch Unregelmässigkeiten bei der Probenahme und der Analyse bedingt. Zunahmen könnten ihre Ursache zusätzlich in der beginnenden Verwitterung haben.

Von einer Düngung des Gebietes durch die Überschlickung kann nicht gesprochen werden. Sowohl die eigenen als auch die unmittelbar nach der Überschwemmung durchgeführten Laboruntersuchungen belegen dies. Die frischen Alluvionen enthielten 5-30 mal weniger Gesamt-Stickstoff und nur 10-20 % mehr Phosphat als der angestammte Oberboden. 1990 und 1992 waren die höchsten Phosphat-Werte nicht mehr im Schlick, sondern durchwegs im bAh-Horizont zu finden. Auf veränderte Nährstoffbedingungen sind die Vegetationsveränderungen demnach nicht zurückzuführen. Entscheidend scheint vielmehr der niedrigere Humusgehalt der obersten Bodenschicht zu sein, der ein geringes Wasserhaltevermögen und damit ein schnelles Austrocknen zur Folge hat.

5.2. VEGETATIONSVERÄNDERUNGEN

5.2.1. Einzelne Arten

Aus den Beobachtungen an den einzelnen Pflanzenarten kann ein Schema mit den unterschiedlichen Reaktionen auf die Überschlickung erstellt werden. In Figur 30 ist dieses graphisch dargestellt.

Typ *Phragmites communis*: Seit Überschlickung anhaltende Ausbreitung, bleibende Bestandeserhöhung.

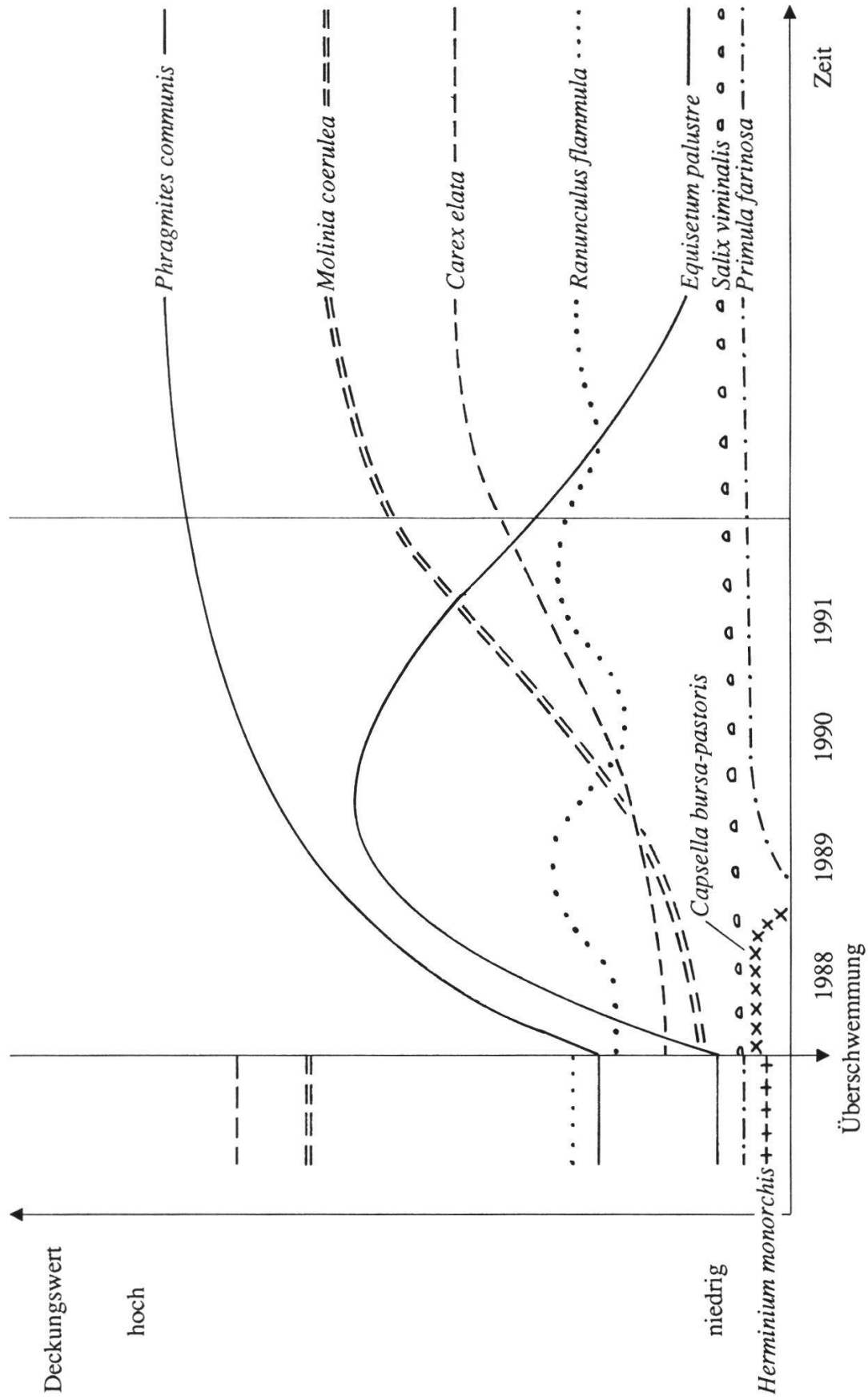


Fig. 30. Entwicklung verschiedener Pflanzenarten in Schlickflächen. - Development of several plants in plots with thick silt layers.

Die Pflanzenart muss den Schlick durchstossen können, ohne viel Kraft zu verlieren, das heisst sie braucht unterirdische Speicherorgane (Rhizome). Zusätzlich ist eine effiziente vegetative Vermehrung nötig, welche bereits früh im Jahr beginnt. Dies hat zur Folge, dass ihr keine andere Art das Licht wegnehmen kann, sie selber aber die übrigen Pflanzen beschattet. Eine Entwicklung aus Samen ist zwar möglich, aber von untergeordneter Bedeutung. Der Hauptwurzelraum liegt im etwas nährstoffreicheren, in bezug auf den Wasserhaushalt ausgeglicheneren angestammten Oberboden.

Keine weiteren Arten mit gleichem Verhalten.

Typ *Equisetum palustre*: Anfänglich fast explosionsartige Ausbreitung, aber nach einigen Jahren wieder Rückgang. Bestandserhöhung nur vorübergehend.

Die Pflanzen haben ähnliche Eigenschaften wie *Phragmites* (grosses Durchstossungsvermögen, unterirdische Speicherorgane, effiziente vegetative Vermehrung, frühere Entwicklung im Vergleich zu anderen Arten), sind aber zu konkurrenzschwach, um auf längere Zeit eine so starke Ausbreitung halten zu können. Sie werden mit der Zeit überwachsen und bekommen dann zu wenig Licht.

Weitere Beispiele: *Juncus articulatus* (in mittleren Schlickschichten).

Typ *Molinia coerulea*: Anfänglich stark beeinträchtigt, dann aber vermehrte Ausbreitung bis zu einem höheren Stand.

Da die Pflanzen nur kleine Speicherorgane oder Rosetten besitzen, können sie dickere Alluvionen nicht durchstossen. Die vorhandenen Reserven sind aufgebraucht, bevor die ersten Pflanzenteile ans Licht gelangen und die Photosynthese einsetzen könnte. Für *Molinia* bilden etwa 10-12 cm Schlick die Grenze.

Die Wiederansiedlung mittels Samen dauert länger. Dafür ist sie erfolgreich und von Dauer, weil der Standort (feucht, im Sommer austrocknend) geeignet ist.

Weitere Beispiele: *Succisa pratensis*, *Lythrum salicaria*.

Typ *Carex elata*: Relativ starke Beeinträchtigung, nur sehr langsamer Wiederanstieg, grosse Zeitdauer bis Ausgangsniveau wieder erreicht wird oder sogar bleibend tieferer Bestand.

Auch hier ist kein Durchstossen dickerer Schichten möglich, weil zu wenig Reserven vorhanden oder die Pflanzen zu niedrig sind. "Dickere Schichten"

bedeutet für *Carex elata* 13-15 cm abgelagertes Material.

Die Wiederausbreitung durch Samen geht nur zögernd voran; das Substrat ist ungünstig für eine erfolgreiche Keimung und Etablierung. Zusätzlich ist das vegetative Wachstum gering. Da die Pflanzen als Klimaxarten oder Arten von Dauergesellschaften anzusehen sind, erstaunt es nicht weiter, dass sie sich auf einem Rohboden schlecht durchsetzen können.

Weitere Beispiele: *Carex davalliana*, *Orchis incarnata*, *Orchis latifolia*.

Typ *Ranunculus flammula*: Keine klare Reaktion erkennbar. Verbreitung mehr von anderen Standortsfaktoren, Konkurrenz oder Zufall abhängig.

Die Pflanzen sind nicht allzu konkurrenzkräftig, aber ziemlich anspruchslos in bezug auf das Substrat. Wenn genügend Platz und Licht vorhanden ist, können sie sich rasch durch vegetative Vermehrung oder aus Samen ausbreiten.

Weiteres Beispiel: *Vicia cracca*.

Typ *Primula farinosa*: Empfindlich auf Störungen. Nach Überschwemmung vorübergehend verschwunden. Erst später Wiederansiedlung.

Bereits vor dem Unwetter waren die Pflanzen eher selten. Durch die Überschüttung starben sämtliche Individuen ab. Offenbar waren zum Zeitpunkt der Überschwemmung aber reife Samen vorhanden, die mit dem Durcheinanderwirbeln der Wasser- und Schlammassen teilweise an die Schlickoberfläche gelangten und später, nach einer ein- oder mehrjährigen Samenruhe, auflaufen konnten.

Weitere Beispiele: *Schoenus ferrugineus* und auf Schürfflächen: *Rhynchospora alba*, *Carex pulicaris*, *Trichophorum alpinum*, *Liparis loeselii*.

Typ *Herminium monorchis*: Seit Überschwemmung verschollen. Wiederansiedlung eher unwahrscheinlich.

Auch diese Arten waren vor dem Unwetter selten. Offenbar fanden sie im Reussdelta keine günstigen Bedingungen mehr vor. Sämtliche überdeckten Individuen starben ab. Im Samenpool des Bodens sind entweder keine reifen Samen vorhanden oder die Keimungsbedingungen sind zu schlecht. Letzteres dürfte das Hauptproblem sein, da Samen von Orchideen sehr weit verfrachtet werden können.

Weitere Beispiele: *Platanthera bifolia*, *Tofieldia calyculata*, *Orchis morio*.

Typ *Capsella bursa-pastoris*: Pflanze durch Überschwemmung neu einge-

bracht, kann sich aber nicht halten, sondern verschwindet bald wieder.

Mit dem Wind und vor allem mit dem Wasser gelangten Samen von Ruderal- und Pionierpflanzen ins Gebiet. Die offenen Sandflächen gaben einen guten oder zumindest brauchbaren Standort ab. Für eine dauerhafte Ansiedlung sind die Pflanzen aber zu konkurrenzschwach. Die ein- bis zweijährigen Arten sind auf einen lückigen Bestand angewiesen und werden, sobald die Vegetation dichter wird, von den standortstypischen Flachmoorarten verdrängt.

Barbarea vulgaris kann sich zwar nach Erfahrungen von KLÖTZLI (mündl.) in Feuchtgebieten halten, wenn sie den Standort einmal erobert hat. Im Reussdelta schaffte sie das aber nicht.

Weitere Beispiele: *Barbarea vulgaris*, *Poa annua*.

Typ *Salix viminalis*: Pflanze durch Überschwemmung neu eingebracht, kann sich voraussichtlich halten.

Da die Pflanzen bereits über mehrere Vegetationsperioden beobachtet werden konnten und auch in der letzten Feldsaison 1991 zu finden waren, kann man annehmen, dass die Standortsverhältnisse günstig sind und sich die Pflanzen im Konkurrenzkampf mit anderen behaupten können. Ihre Abwesenheit vor der Überschwemmung scheint rein zufällig.

Weitere Beispiele: *Salix daphnoides*, *Carex leporina*, *Epilobium adnatum*.

Kleinflächig betrachtet können erhebliche Abweichungen vom entworfenen Schema auftreten.

Eine grosse Zahl der Pflanzenarten lässt sich keinem der acht aufgezählten Typen wirklich zuordnen, sondern steht irgendwo dazwischen. Kaum zwei Arten reagieren genau gleich, fast jede hat ihre speziellen Eigenschaften. So könnte beispielsweise *Heleocharis palustris* als eine Mischung zwischen den Typen *Equisetum palustre* und *Molinia coerulea* angesehen werden. Nach einem starken Rückgang im ersten Jahr kam es im Jahr darauf zu einer unerwartet starken Ausbreitung, besonders in mittleren Schlickschichten. Die Gründe dafür sind mit grosser Wahrscheinlichkeit dieselben wie bei *Juncus articulatus*. Nur brauchte *Heleocharis* ein Jahr Zeit, um sich vom Überschwemmungsschock zu erholen. Ganz ähnlich wie *Heleocharis* verhielt sich auch *Eriophorum angustifolium*.

Mentha aquatica kann als weiteres Beispiel das Typs *Phragmites communis* in abgeschwächter Form gelten. Anfänglich leicht zurückgegangen, erholte sich der Bestand sehr rasch und ist seither in stetiger langsamer Ausbreitung begriffen. Ein späterer Rückgang ist zwar nicht ganz ausgeschlossen, aber

doch eher unwahrscheinlich. Die Pflanze kann sich sogar in den Schlickflächen entlang der N2, die teilweise nicht gemäht wurden, halten. Sie ist dort neben *Phragmites* die einzige Art, die mit grosser Deckung vorkommt.

5.2.2. Pflanzengesellschaften

Die Reaktion einer Pflanzengesellschaft ist als Summe der Reaktionen ihrer Einzelarten zu verstehen. Aufgrund der unterschiedlichen Empfindlichkeiten der verschiedenen Arten sind auch die Assoziationen nicht alle gleich empfindlich (Tab. 4). Die durch die Überschwemmung verursachten floristischen Veränderungen variieren aber auch innerhalb einer Gesellschaft. Fläche 1 beispielsweise erhielt nur 2 cm Schlick. Trotzdem entwickelte sich das *Ranunculo-Caricetum hostianae* Richtung *Stachyo-Molinietum*, während bei den anderen Flächen derselben Einheit erst bei mehr als 10 cm Aufschüttung grössere Veränderungen auftraten. Eine mögliche Erklärung für diesen Unterschied liegt in den Grundwasserdauerlinien. Fläche 1 ist trockener als die übrigen Flächen.

Im Gegensatz zu Fläche 1 entwickelte sich die mit 6 cm überschlickte Fläche 6 zu einer feuchteren Gesellschaft, nämlich zu einem *Ranunculo-Caricetum hostianae* im Übergang zu einem *Caricetum elatae*. So verschwand hier zum Beispiel *Carex davalliana* vollständig, während sie in der gleich stark überschlickten Fläche 10 nach zwei Jahren wieder recht häufig vorkam. An der Messtelle 6 wurden die tiefsten Grundwasserstände innerhalb des *Ranunculo-Caricetum hostianae* gemessen. Dieselben Beobachtungen ergaben sich auch bei Fläche 37.

In der feuchtesten Dauerfläche des *Caricetum elatae* (Fläche 7) hingegen führten 8 cm Schlick zu keiner Veränderung.

Offenbar ist es ausschlaggebend, ob eine Fläche nach der Überschwemmung in dem für die entsprechende Gesellschaft tolerierten Grundwasserbereich liegt. Falls dies nicht der Fall ist, kommt es in der Folge zu einer Entwicklung in eine andere Gesellschaft. Nach KLÖTZLI (1989) liegt der Grundwasser-Toleranzbereich in Lehm Böden bei ungefähr ± 30 cm. Sandige Böden haben engere Toleranzgrenzen (KLÖTZLI 1989).

Die Frage ist nur, weshalb in den Flächen 6 und 37 (*Ranunculo-Caricetum hostianae*) nicht schon vor der Überschwemmung feuchtere Flachmoorgesellschaften vorzufinden waren, wo sie doch allem Anschein nach bereits zu diesem Zeitpunkt zu nass waren und die Aufschlickung deshalb einer Veränderung eher hätte entgegenwirken sollen.

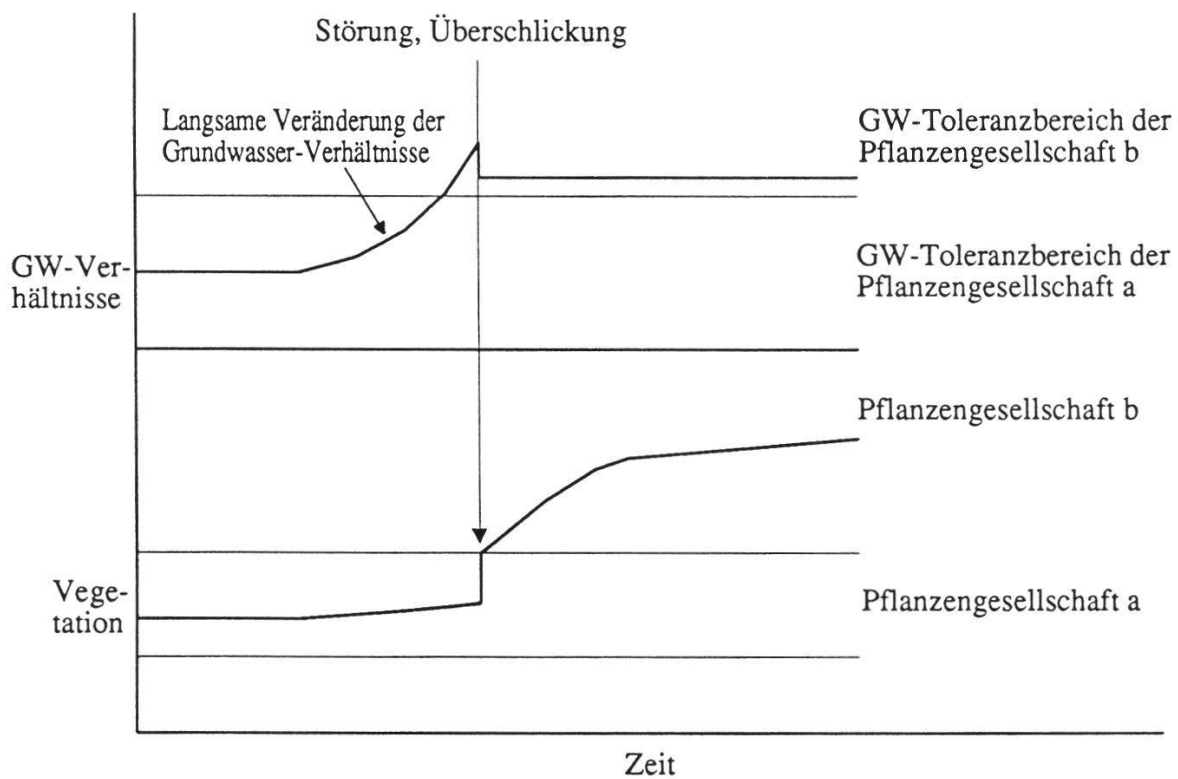


Fig. 31. Modell eines instabilen Systems: Auswirkung der Überschlickung in Flächen, welche sich vor der Störung (Unwetter) nicht im ökologischen Gleichgewicht befanden.
Model of an instable system: Effect of the flood in plots which were not in ecological im-balance even before the disturbance.

Die Erklärung dafür ist wohl, dass die Vegetation den Umweltbedingungen "hinterherhinken" kann. KOWARIK und SEIDLING (1989) geben ein schönes Beispiel dafür: Bei der Grundwasserabsenkung in einem Ulmen-Auenwald sterben die Erlen zwar ab, typische Nässezeiger wie *Iris*, *Typhoides* oder verschiedene *Carex*-Arten können sich aber, wenn auch mit verminderter Vitalität, im Bestand halten. KLÖTZLI (mündl.) machte in der Lüneburger Heide ähnliche Beobachtungen.

Mit einem "Hinterherhinken" der Vegetation können auch die im Reussdelta vorgefundenen grossen Differenzen zwischen einzelnen Dauerflächen der selben Pflanzengesellschaft erklärt werden.

Wir haben es bei den genannten Flächen demnach mit einem instabilen System zu tun, bei welchem jede Störung, im Falle des Reussdeltas die Überschwemmung, eine mehr oder weniger irreversible Auslenkung hervorrufen kann (Fig. 31).

Mit dem Grundwasserregime allein sind jedoch nicht alle Ungereimtheiten der beobachteten floristischen Veränderungen zu erklären. Schwierig zu erklären sind insbesondere die Unterschiede zwischen den Transekten 69 und 70. (In Transekte 69 ist bei 19 cm Schlick das *Caricetum davallianae* zwar stark gestört, aber noch erkennbar; in Transekte 70 muss schon bei 16 cm Schlick von einer Pioniergesellschaft gesprochen werden.)

Für diesen Umstand gibt es zwei mögliche Erklärungen:

1. Die Flächen 70b und c wurden im Gegensatz zur Transekte 69 im Herbst 1989 und 1990 nicht geschnitten. Im Frühjahr 1991 wurde dies zwar von Hand noch nachgeholt, was jedoch nur noch einen Einfluss auf die Lichtverhältnisse und nicht auf den herbstlichen Rückzug der Nährstoffe (KUHN et. al. 1982, PFADENHAUER und TWENHÖVEN 1986) haben konnte. Das Brachliegen kann aber nicht der einzige Grund sein, da bereits von der Vegetationsperiode 1988 an Unterschiede bestanden.
2. Die beiden Transekten wurden 1987 nach dem erstellten Kartierungsschlüssel zwar derselben Vegetationseinheit zugeteilt, es bestanden aber doch einige Unterschiede, welche Auswirkungen auf die Entwicklung gehabt haben könnten. In der Transekte 70 war unter anderem weniger *Carex elata* zu finden, dafür häufiger *Menyanthes trifoliata* und *Carex paradoxa*. Offenbar reagierten letztere beiden empfindlicher als *Carex elata*. Da *Menyanthes trifoliata* als typische Art von Zwischenmooren gilt (KLÖTZLI 1969, BROGGI 1990) und *Carex paradoxa* eher torfigere Böden besiedelt als *Carex elata* (MARTI, in Bearbeitung), ist es einleuchtend, dass sich die beiden Arten auf alluvialen Rohböden noch weniger wohlfühlen als *Carex elata*.

5.2.3. Vergleich mit Sekundärsukzessionen anderer Feuchtgebiete

Literatur über Sekundärsukzessionen überschlickter Streuwiesen existiert bislang keine. Die Entwicklung der Schlickflächen kann aber bis zu einem gewissen Grade mit denjenigen in Auen und feuchten Pionierstandorten verglichen werden. Parallelen können auch zu Auswirkungen von Eutrophierungen und Verpflanzungen gezogen werden. Für die Entwicklung der Schürfflächen sind Arbeiten über Torfabbauggebiete und Renaturierungsversuche in abgeschürftem Intensivkulturland von Interesse.

FISCHER (1992) untersuchte einen sekundären **Auenstandort** bei Brugg und fand auf kiesigem Rohboden eine "reiche Garnitur an Arten verschiedenster pflanzensoziologischer Herkunft". Zahlreiche Arten dieser Pioniergemeinschaft kamen oder kommen auch in den Schlickflächen des Reussdeltas vor,

so etwa *Veronica beccabunga*, *Juncus bufonius*, *Trifolium repens*, *Ranunculus repens* oder *Plantago major*. Viele weitere im Reussdelta vorgefundene Schlickbesiedler sind Besiedler von frischen oder wenig entwickelten Alluvionen in Auengebieten: *Taraxacum officinale*, *Tussilago farfara*, *Carex flava* (GESSNER und SIEGRIST 1925), *Poa annua*, *Juncus inflexus*, *Barbarea vulgaris* (MOOR 1958), um nur die wichtigsten zu nennen.

Auch in **feuchten Pionierflächen** sind teilweise dieselben Arten anzutreffen wie auf den Alluvionen des Reussdeltas. MÜLLER und CORDES (1985) fanden auf freigelegten Feuchtsandflächen, welche 25 Jahre zuvor Standorte von Zwergbinsengesellschaften waren, unter anderem *Juncus bufonius*, *Sagina procumbens*, *Juncus effusus*, *Juncus articulatus* und *Epilobium parviflorum*.

Obwohl die Überschlickung nicht als Düngung zu werten ist, gibt es etliche von der Überschlickung begünstigte Pflanzen, welche als Warnarten bei **vordringenden Nährstofffronten** gelten, so zum Beispiel *Agrostis gigantea*, *Mentha aquatica* und *Phragmites communis* (EGLOFF 1986).

Zu den Vorgängen im Reussdelta analoge Entwicklungen konnten teilweise nach **Verpflanzungsaktionen** festgestellt werden (KLÖTZLI 1987 und 1980). Infolge der Verpflanzungen konstatierte KLÖTZLI in der fünf bis acht Jahre dauernden Labilphase unter anderem eine Ausbreitung von *Juncus effusus* und *Juncus articulatus* und ein teilweises Verschwinden von niedrigwüchsigen Arten und Rosettenpflanzen.

Ähnliche floristische Entwicklungen wie auf den abgeschürften A Pro-Flächen laufen teilweise in abgetorften Mooren und in künstlich geschaffenen Pionierflächen ab. Auf **freigelegtem Niedermoortorf** des Kubinger Filzes fand PFADENHAUER (1985) vor allem *Equisetum* sp., *Phragmites communis* und *Alnus* sp. POSCHLOD (1988) beschrieb die verschiedenen Entwicklungsstadien ehemaliger Torfabbauggebiete als artenarm - wie dies auch die Schürfflächen in ihrer Anfangsphase waren - und meist von einer einzigen Art dominiert. Dominierende Arten sind gemäss seinen Untersuchungen verschiedene *Drosera*-Arten, welche sowohl eine grosse Samenproduktion als auch eine hohe Keimungsrate besitzen, *Carex rostrata* und etwas seltener *Phragmites communis* und *Juncus articulatus*. Auch in den abgeschürften Flächen des Reussdeltas gehörten *Equisetum palustre*, *Phragmites communis* und *Juncus articulatus* zu den erfolgreicherer Arten. *Drosera rotundifolia* wurde zwar nie dominierend, konnte sich aber stellenweise fast rasig ausbreiten. KAPLAN und LENSKI (1989) beschrieben die Besiedlung nährstoffarmer **feuchter Pionierflächen**, auf denen neben zahlreichen weiteren Pflanzen *Juncus articula-*

tus, *Juncus filiformis*, *Carex flava*, *Ranunculus flammula* und *Molinia coerulea* aufkommen konnten. FISCHER (1990) fand auf einer neugeschaffenen Pionierfläche im aargauischen Reusstal nebst anderem *Schoenoplectus* (= *Isolepis*) *setaceus*, die im Kanton Aargau sehr selten geworden ist, *Cyperus fuscus* und diverse *Juncus*-Arten. *Schoenoplectus setaceus* und *Cyperus flavescent* gehörten auch in den A Pro-Flächen zu den speziellen, wenn auch seltenen Funden.

Eine ähnliche Entwicklung wie in den abgeschürften A Pro-Flächen ging in Flächen des Klotener Riedes vor sich (KLÖTZLI, mündl.). Auf einer durch Verpflanzaktionen offen gelegten Streufläche wuchsen anfangs vor allem diverse *Juncus*- und *Epilobium*-Arten, *Equisetum arvense*, *Agrostis stolonifera*, *Phragmites communis* mit Legehalmen - im ersten Sommer nach der Überschwemmung bildete Schilf im Reussdelta ebenfalls Legehalme -, *Cirsium arvense* und *Barbarea vulgaris*. Acht Jahre nach der Abschürfung war an Stelle der offenen Fläche wieder ein *Molinietum* mit einigen Ruderalarten zu finden.

Trotz diesen zahlreichen Parallelen zu Sekundärsukzessionen in anderen Feuchtgebieten, bestehen doch einige **wesentliche Unterschiede** zur Entwicklung im Reussdelta. So waren, verglichen mit Schlickflächen in Auen des Schweizer Mittellandes (MOOR 1958, SIEGRIST 1913), im Reussdelta erstaunlich wenig *Polygonum*- und *Rumex*-Arten sowie Kruziferen zu finden. Ebenso erstaunte die geringe Anzahl Arten und Häufigkeit von Ruderal- und windverbreiteten Pionierarten. Der Grund dafür ist in fehlenden Samenquellen zu sehen. Im intensiv bewirtschafteten Reusstal fehlen Pionier- und Ruderalpflanzen auf weiten Strecken. Zudem liegt ein grosser Teil des Einzugsgebietes der Reuss in der subalpinen und der alpinen Stufe, welche nicht zum natürlichen Verbreitungsgebiet etlicher potentieller Schlickbesiedler gehören (WELTEN und SUTTER 1982). Aus diesen höheren Lagen des Einzugsgebietes wurden erstaunlicherweise nur sehr wenige Pflanzen angeschwemmt. Der einzelne *Juncus filiformis*, der sich nur während einer Vegetationsperiode halten konnte, und die in den älteren Schlickflächen relativ häufige *Alchemilla coriacea* waren die einzigen vorgefundenen Gebirgspflanzen.

Im weiteren hätte eine grössere *Salix*-Ansiedlung erwartet werden können. *Alnus incana* ist heute im Reussdelta wesentlich häufiger als alle Weidenarten zusammen. Da Weidensamen bereits früh im Jahr reif sind, war der Zeitpunkt der Überschwemmung (Ende August) eher ungünstig für *Salix*-Arten. Ausserdem ertragen *Salix*-Keimlinge eine Austrocknung des Bodens

schlecht (HELLER 1969, KLÖTZLI, mündl.). Der erste Sommer 1988 war aber ein trockener, sodass allenfalls vorhandene Keimlinge nur eine geringe Überlebenschance hatten.

5.3. WEITERE ENTWICKLUNG

Ein grosses Problem im Reussdelta, wie auch in zahlreichen anderen Flachmooren, ist heute das Schilf, der "kräftigste Eroberer von Nasswiesen", wie ELLENBERG (1978) es charakterisierte. Hat es einmal überhandgenommen, ist es kaum mehr wegzubringen. Selbst bei einem starken Nährstoffrückgang bleibt ein Pseudoröhricht oft lange weiterbestehen (KLÖTZLI und GRÜNIG 1976). Die **stark überschlickten Flächen** (mehr Schlick als tolerierter Grenzwert der entsprechenden Gesellschaft) werden deshalb wohl eine pseudoröhricht-ähnliche Vegetation bleiben. Die oftmals festgestellte geringe Rückentwicklungstendenz - Zunahme von Flachmoorarten, Abnahme von Störungszeigern - wird sich zwar eventuell noch etwas fortsetzen, aber der vor dem Unwetter beobachtete Zustand wird mit grosser Wahrscheinlichkeit in absehbarer Zeit nicht mehr erreicht. Allein aufgrund des veränderten Grundwasserregimes wäre dies kaum möglich, und der jährliche Herbstschnitt kann an der starken Stellung des Schilfes nichts ändern. Die lichtbedürftigen typischen Riedarten werden den Vorsprung, welchen sich das Schilf unmittelbar nach dem Unwetter herausholte, kaum je mehr wettmachen können. Die Artenzahl wird vermutlich langsam abnehmen. Bei einigen Arten war bereits bis 1991 ein sukzessiver Rückgang zu verzeichnen (z.B. bei *Sagina procumbens* oder *Sonchus asper*), andere waren Einzelfunde, von denen keine Etablierung und Ausbreitung erwartet werden kann, wie z.B. *Rudbeckia hirta*, eine verwilderte Gartenpflanze, oder *Carex canescens*, die ihre Hauptverbreitung auf sauren Böden hat (LANDOLT 1977).

Man muss deshalb davon ausgehen, dass sich die frühere sehr spezielle Gesellschaft des *Primulo-Schoenetum* mit *Rhynchospora alba*, welche unter einer 13-18 cm dicken Schlickschicht begraben wurde, nicht mehr einstellen kann. Bei einer Begehung im Sommer 1992 zeigten sich zwar unerwarteter Weise einige kümmerliche *Schoenus*-Horste, doch die ursprüngliche Arten garnitur wird sich trotzdem kaum mehr einstellen. Die Grundwassercharakteristik ist wahrscheinlich zu nachhaltig verändert (Fig. 19 und 20, S. 46). Für *Rhynchospora alba* dürfte zusätzlich der Kalkgehalt der Alluvionen ungünstig sein (LANDOLT 1977).

In den **weniger stark überschlickten Flächen** werden Störungszeiger wie *Agrostis gigantea* und *Juncus articulatus* langsam wieder abnehmen, wie zum Teil ja bereits geschehen. Gewisse Artverschiebungen, insbesondere innerhalb der typischen Flachmoorarten, werden aber vermutlich bestehenbleiben. In denjenigen Flächen, bei denen keine Änderung der Gesellschaft festgestellt wurde, wird diese auch in Zukunft nicht eintreten. Bei festgestelltem Übergang in eine trockenere oder in eine feuchtere Gesellschaft, ist offenbar eine Entwicklung in Gang gebracht worden, die durchaus noch weiter gehen könnte. Es ist beispielsweise anzunehmen, dass die Flächen 1, 2 und 75a in späteren Jahren einem *Molinietum* zugeordnet werden können oder die Fläche 6 einem *Caricetum elata* (vgl. Vegetationstabelle, in Tasche hinten).

Die abgeschürften Flächen beim Schloss A Pro werden sich ihrem ursprünglichen Zustand noch weiter nähern.

Die Chance für eine **Wiederansiedlung der verschwundenen Arten** ist als sehr gering zu beurteilen. Da sich die Keimungsbedingungen mit dem Dichterwerden der Vegetation eher verschlechtern - viele Flachmoorarten sind Lichtkeimer (MAAS 1987) -, ist nicht mehr mit einem Auflaufen allfälliger dormanter Samen zu rechnen (FISCHER 1987). Von einigen Arten werden gar keine keimfähigen Samen mehr vorhanden sein. *Tofieldia calyculata* beispielsweise baut nur ein kurzfristiges Samenpotential auf, das heisst die Samen überdauern lediglich eine Vegetationsperiode (MAAS 1987). Eine Möglichkeit zur Einwanderung besteht wohl für etliche der verschwundenen Arten nicht, da in der näheren Umgebung keine Samenquellen vorhanden sind. Für die Orchideenarten, deren Samen sehr weit verfrachtet werden können, dürften die schlechten Keimungsbedingungen die Hauptursache für die fehlende Wiederansiedlung sein.

Die obigen Prognosen gehen davon aus, dass keine weiteren entscheidenden Umweltveränderungen geschehen. Gäbe es beispielsweise eine zweite Überschlickung oder würde sich das Delta weiter absenken und damit der Grundwasserspiegel wieder ansteigen, würden weitere unter Umständen gegenläufige Entwicklungen in Gang gebracht.

5.4. KONSEQUENZEN FÜR DEN NATURSCHUTZ

Aus botanischer Sicht ist die Überschlickung eher negativ zu bewerten. Verschwunden sind einige attraktive Arten, *Orchis traunsteineri*, *Orchis morio*, *Orchis militaris* und *Platanthera bifolia*, und eine regional gefähr-

dete Art, *Listera ovata* (LANDOLT 1991). Ebenfalls verschwunden ist eine sehr spezielle Gesellschaft, das *Primulo-Schoenetum* mit *Rhynchospora alba*. Die stark gefährdete Zwiebelorchis, *Liparis loeselii*, welche früher auffallend häufig war im Reussdelta (ANL 1983, KLÖTZLI 1965), war nach dem Unwetter zwei Jahre lang verschollen. Erst ab 1990 waren wieder vereinzelte Exemplare zu finden. Allerdings war diese seltene Orchideenart bereits vor der Überschwemmung in ihrem Bestand zurückgegangen.

Die neu eingewanderten Arten sind hingegen mit einer einzigen Ausnahme (*Epilobium adnatum*, welches als regional gefährdet gilt) ungefährdet, und Pseudoröhrichte können sich auch andernorts auf Kosten anderer Flachmoorgesellschaften ausbreiten. Pionierflächen, wie sie nach der Überschwemmung im Gebiet auftraten, gibt es in unserer verbauten und durchkultivierten Landschaft nicht mehr viele, weshalb solche eigentlich naturschützerisch interessant wären. Da sie im Reussdelta aber auf Kosten wertvoller Biotope gehen und Samenquellen seltener Pionierarten weitgehend fehlen, sind sie in diesem Fall nicht speziell zu begrüßen. Zudem wurden im Zuge der Ufersicherungs- und Gestaltungsmaßnahmen grossflächig offene Kiesflächen geschaffen, so dass auch ohne Schlickanfall einiges an Pionierraum vorhanden ist.

Werden noch zoologische Aspekte berücksichtigt, muss sicher einiges relativiert werden. Landröhrichte, insbesondere wenn sie nur alle zwei bis drei Jahre geschnitten werden, sind für Rohrammer, Sumpf- und Teichrohrsänger und andere Vögel willkommene Brut- und Nahrungsplätze. Diversen Tieren dienen sie als Verstecke und Insekten zur Eiablage. Offene Riedflächen sollten daneben aber auch vorhanden sein, da es ebensoviele Tiere gibt, die an die spezifischen Verhältnisse von niedrigwüchsigen Streuwiesen angepasst sind. Insekten finden hier ein grösseres Blütenangebot, Reptilien sonnige Plätze (während der Feldarbeiten konnten verschiedentlich Ringelnattern beobachtet werden), und zahlreiche Limikolen sind auf offene Riedflächen angewiesen. Für einige dieser Tiere sind die verbliebenen offenen Streuflächen, die teilweise auch am Verschilfen und Verbuschen sind, heute möglicherweise zu klein.

Wäre das Reussdelta Teil einer grossen Deltalandschaft, wäre die durch die Überschlickung in Gang gebrachte Entwicklung als Teil einer natürlichen Dynamik, die zwar Lebensräume zerstört, gleichzeitig aber auch neue schafft, zu begrüßen. Das eng begrenzte Naturschutzgebiet, Teil einer ehemaligen Kulturlandschaft, lässt aber kein Ausweichen auf andere Standorte zu. Wird eine schwächere Art oder eine Gesellschaft zurückgedrängt, kann sie sich nicht auf irgendeinen Ersatzstandort in ihrer Nähe zurückziehen, so wie das in

natürlichen Überschwemmungsgebieten möglich wäre. Die starke Isolation des Reussdeltas verhindert ein Wiedereinwandern, sodass verschwundene Arten mit grosser Wahrscheinlichkeit endgültig ausbleiben.

Aufgrund dieser Überlegungen kann das Experiment der Schlickabschürfung beim Schloss A Pro als gelungen bezeichnet werden.

Bei weiteren starken Überschlickungen von Flachmooren ist zu empfehlen, die Schlicktiefen zu messen und bei einer Überschreitung des Grenzwertes von 5-25 cm (je nach Pflanzengesellschaft, vgl. Tab. 4, S. 30) und sofern seltene Pflanzengesellschaften betroffen sind, die Alluvionen zu entfernen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass Maschinen mit einer geringen Bodenbelastung eingesetzt werden und nicht zu tief abgeschürft wird. Bei einer starken Verletzung oder sogar Entfernung der überschütteten Vegetation würden nämlich vor allem tief wurzelnde Rhizompflanzen, meist unerwünschte Störungszeiger, gefördert.

Mit einer sorgfältig vorgenommenen Abschürfung kann die Vielfalt gefördert werden und Seltenes erhalten bleiben, was letztlich das Ziel der empfohlenen Massnahmen bildet.