

Nina B. Dähler, Ariel Bergamini, Michael Jutzi und Rolf Holderegger

Wie effektiv sind Schutzgebiete? Eine empirische Studie aus der Schweiz

How effective are protected areas? An empirical study in Switzerland

Wie effektiv sind Schutzgebiete bei der Erhaltung von Artvorkommen? Um diese Frage anzugehen, verwendeten wir einen Datensatz, für den Tausende historischer Fundorte von Pflanzenarten in der Schweiz wiederbesucht und auf das aktuelle Vorkommen dieser Arten überprüft wurden. Unsere Ergebnisse zeigen: Je mehr geschützte Flächen in einer Landschaft vorhanden sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass Pflanzenarten an ihren historischen Fundorten in Mooren sowie Trockenwiesen und -weiden überleben. Schutzgebiete erfüllen damit ihren Zweck. Allerdings überleben selbst bei einem sehr hohen Anteil an geschützter Fläche in einer Landschaft (>80%) nicht alle Arten, und viele typische Arten der Moore, Trockenwiesen und -weiden kommen auch außerhalb von Schutzgebieten vor und haben dort überlebt. Zudem sind Vorkommen von Pflanzenarten in höheren Lagen für ihr Überleben weniger auf Schutzgebiete angewiesen als Arten im Flachland.

How effective are protected areas in guaranteeing species survival? To address this question, we used a dataset for which thousands of historical sites of plant species in Switzerland were revisited and checked for the present occurrence of these species. Our findings show that the more protected areas there are in a landscape, the greater is the likelihood that plant species survive at their historical sites in bogs and dry meadows and pastures. Protected areas thus serve their purpose. However, even with a very high percentage of protected area in a landscape (>80%), not all species survive, and many typical species of bogs, dry meadows and pastures have survived outside of protected areas. In addition, occurrences of plant species at higher elevations are less dependent on protected areas for their survival than species in lowland areas.

Wie effektiv sind Schutzgebiete?

Eine empirische Studie aus der Schweiz

How effective are protected areas?
An empirical study in Switzerland

Nina B. Dähler, Ariel Bergamini, Michael Jutzi und Rolf Holderegger

Zusammenfassung

Wie effektiv sind Schutzgebiete bei der Erhaltung von Artvorkommen? Um diese Frage anzugehen, verwendeten wir einen Datensatz, für den Tausende historischer Fundorte von Pflanzenarten in der Schweiz wiederbesucht und auf das aktuelle Vorkommen dieser Arten überprüft wurden. Unsere Ergebnisse zeigen: Je mehr geschützte Flächen in einer Landschaft vorhanden sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass Pflanzenarten an ihren historischen Fundorten in Mooren sowie Trockenwiesen und -weiden überleben. Schutzgebiete erfüllen damit ihren Zweck. Allerdings überleben selbst bei einem sehr hohen Anteil an geschützter Fläche in einer Landschaft (> 80 %) nicht alle Arten, und viele typische Arten der Moore, Trockenwiesen und -weiden kommen auch außerhalb von Schutzgebieten vor und haben dort überlebt. Zudem sind Vorkommen von Pflanzenarten in höheren Lagen für ihr Überleben weniger auf Schutzgebiete angewiesen als Arten im Flachland.

Aussterbeschuld – Moore – Rote Liste – Schutzgebiete – Trockenwiesen und -weiden – Überleben von Arten – Wiederholungsaufnahme

Abstract

How effective are protected areas in guaranteeing species survival? To address this question, we used a dataset for which thousands of historical sites of plant species in Switzerland were revisited and checked for the present occurrence of these species. Our findings show that the more protected areas there are in a landscape, the greater is the likelihood that plant species survive at their historical sites in bogs and dry meadows and pastures. Protected areas thus serve their purpose. However, even with a very high percentage of protected area in a landscape (> 80 %), not all species survive, and many typical species of bogs, dry meadows and pastures have survived outside of protected areas. In addition, occurrences of plant species at higher elevations are less dependent on protected areas for their survival than species in lowland areas.

Extinction debt – Bogs – Red List – Nature reserves – Dry meadows and pastures – Species survival – Revisitation

Manuskripteinreichung: 31.10.2021, Annahme: 7.2.2022

DOI: 10.19217/NuL2022-05-01

1 Einleitung

Schutzgebiete sind der wichtigste Eckpfeiler des Naturschutzes. Das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity – CBD) verlangt denn auch von den unterzeichnenden Staaten, dass sie mindestens 17 % ihrer Staatsfläche als Schutzgebiete ausweisen (CBD 2011). Schutzgebiete werden dort errichtet, wo seltene, gefährdete oder charakteristische Lebensräume mit ihren typischen Artengemeinschaften vorkommen und/oder wo seltene und gefährdete Arten zu finden sind. Das Werkzeug der Schutzgebiete als Flächen, wo Naturschutz gegenüber anderen allfälligen Nutzungen längerfristig Vorrang besitzt, wurde in den letzten Jahrzehnten um verschiedenste Typen vertraglich für bestimmte Zeiträume gesicherter Flächen ergänzt. In der Schweiz handelt es sich etwa um die Biotope von nationaler Bedeutung (Bergamini et al. 2019), die oft bewirtschaftet werden müssen (z. B. Trockenwiesen oder Flachmoore). Andere Beispiele sind Totholzinseln im Wald, ökologische Ausgleichsflächen im Landwirtschaftsgebiet, Ackerschonstreifen und viele mehr. Schutzgebiete bilden auch die Kerngebiete der Vernetzung: Innerhalb eines Lebensraumnetzes oder einer ökologischen Infrastruktur sind Schutzgebiete die Knoten, die mittels Vernetzungsmaßnahmen miteinander verbunden werden (BAFU 2017). Das primäre Ziel von Schutzgebieten ist die Erhaltung der Biodiversität, insbesondere der vorkommenden Lebensräume und Arten über die Zeit.

Wie gut oder effektiv sind nun Schutzgebiete? Dazu ist erstaunlich wenig gesicherte Information vorhanden (Gaston et al. 2008). In vielen Studien wurde untersucht, ob die Vorkommen seltener oder gefährdeter Arten mit der Fläche von Schutzgebieten räumlich überlappen (u. a. Schmiedel et al. 2013; Gray et al. 2016). Solche Studien gibt es auf allen räumlichen Skalen von regional bis weltweit. Sie zeigen, wie groß oder speziell die Biodiversität in Schutzgebieten ist, können aber oftmals nichts darüber aussagen, ob die Biodiversität in Schutzgebieten längerfristig erhalten wird, da der zeitliche Aspekt nicht immer berücksichtigt wird (Heywood 2017). In Deutschland liefern die regelmäßigen Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Berichte Informationen zum Zustand der Biodiversität (BfN 2019; BMU, BfN 2020).

Um die Wirkung von Schutzgebieten bei der Erhaltung von Vorkommen von Arten oder Lebensräumen festzustellen, müssen wiederholte Aufnahmen von Fundorten von Arten oder Lebensräumen zu verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt werden. Es gibt viele entsprechende Studien zu einzelnen Schutzgebieten (z. B. Küchler et al. 2018; Frei et al. 2021). Im Sinne einer Erfolgskontrolle wird dabei erfasst, ob die Biodiversität in einem Schutzgebiet über die Zeit erhalten bleibt, z. B. ob Arten, die zum Zeitpunkt t_0 im Schutzgebiet vorgekommen sind, auch zum Zeitpunkt t_1 dort noch vorkommen oder ob ihre Populationsgröße sich in diesem Zeitraum verändert hat. Diese lokalen Studien haben den Charakter von Fallstudien. Selbst wenn eine Studie zeigt, dass ein Schutzgebiet das Vorkommen einer Art tatsächlich sichern konnte, ist damit – streng genommen – noch nicht geklärt, ob dies auch tatsächlich



Abb. 1: Beispiele für geschützte Moore, Trockenwiesen und -weiden in der Schweiz: a) ausgedehnte Moorlandschaft in den Voralpen, b) kleine Restfläche eines abgetorften Hochmoors im Schweizer Mittelland, c) kleine Reste von Halbtrockenrasen im Schweizer Jura, d) Steppenrasen in einem inneralpinen Trockental. (Fotos: a) Angéline Bedolla, b), c) Rolf Holderegger, d) Steffen Boch)

Fig. 1: Examples of protected bogs and dry meadows and pastures in Switzerland: a) extensive fens and mires in the Prealps, b) small remnant of a formerly exploited raised bog in the Swiss Plateau, c) small remnants of dry grasslands in the Swiss Jura mountains, d) steppe grasslands in an inner-alpine dry valley.

auf das Schutzgebiet zurückzuführen ist (Coetzee et al. 2014). Hat die Art möglicherweise auch im ungeschützten Umland überlebt? Auch dort können für die Art geeignete Lebensraumflächen liegen, die aber keinen Schutzstatus aufweisen. Hier stellt sich somit die Frage des Vergleichs: Mit welcher Referenz sollen die Resultate aus Schutzgebieten verglichen werden (Coetzee, Gaston 2021)?

Eine Möglichkeit, die Effektivität von Schutzgebieten über die Zeit zu untersuchen, ist es, früher bekannte historische Fundorte von Arten erneut zu besuchen und deren Überleben vor Ort zu überprüfen. Liegen diese Fundorte in und außerhalb von Schutzgebieten (Kontrast-Ansatz) oder in Gebieten mit einem unterschiedlich großen Anteil an Schutzgebieten (Regressions-Ansatz), so lässt sich bestimmen, ob Schutzgebiete Arten über die Zeit besser bewahren als nicht geschütztes Umland (Coetzee et al. 2014). Wir haben den zweiten Ansatz – also einen Vergleich von Gebieten mit unterschiedlichem Anteil an Schutzgebieten – verwendet, um die Effektivität von Schutzgebieten für die Erhaltung von Gefäßpflan-

zen in der Schweiz zu überprüfen. Dabei konnten wir auf einen umfangreichen Datensatz zurückgreifen, für den mehrere Tausend historische Fundorte von Gefäßpflanzen in der ganzen Schweiz wieder besucht wurden (Kempel et al. 2020). Wir konzentrierten uns dabei auf Moore sowie Trockenwiesen und -weiden – zwei Lebensraumtypen von sehr großer Bedeutung für den Naturschutz in der Schweiz (Lachat et al. 2010; Delarze et al. 2016; Abb. 1). Unsere Studie wurde bereits als wissenschaftlicher Fachartikel publiziert (Dähler et al. 2019). In diesem Beitrag konzentrieren wir uns auf jene Resultate und Schlussfolgerungen, die für den Naturschutz in Zentraleuropa besonders interessant sind.

2 Methoden

Für die Revision der Roten Liste der Schweiz (Bornand et al. 2016) wurden historische Fundorte von Gefäßpflanzen, v.a. gefährdete

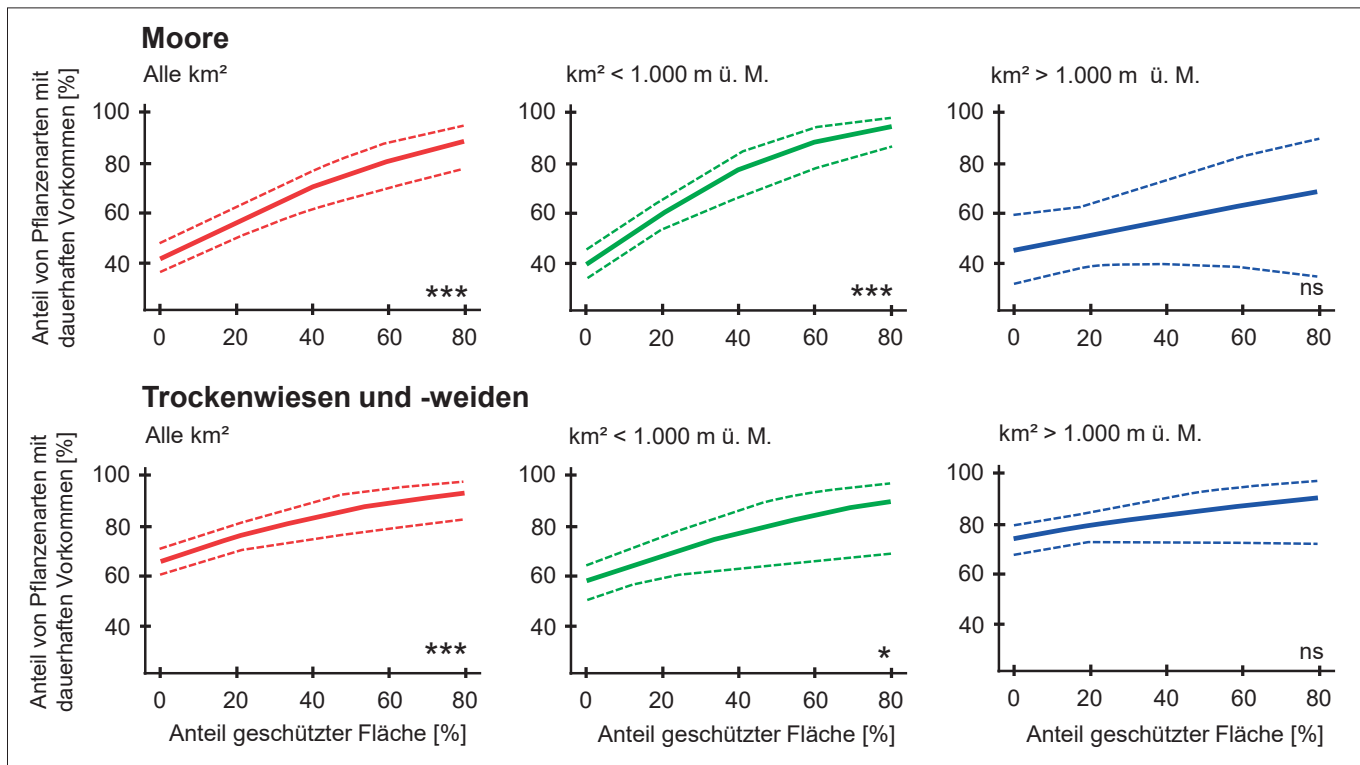


Abb. 2: Zusammenhang (generalisierte lineare gemischte Modelle – GLMM; ***, $p \leq 0,001$; *, $p \leq 0,05$; ns: nicht signifikant) zwischen dem Anteil von Pflanzenarten mit dauerhaften Vorkommen pro Quadratkilometer in Prozent und dem Anteil geschützter Fläche pro Quadratkilometer in Prozent für Moore bzw. Trockenwiesen und -weiden; rot: alle untersuchten Quadratkilometer; grün: Quadratkilometer unterhalb 1.000 m ü. M.; blau: Quadratkilometer oberhalb 1.000 m ü. M. Die gestrichelten Linien geben 95 %-Konfidenzintervalle an (verändert nach Dähler et al. 2019).

Fig. 2: Relationship (generalized linear mixed models – GLMM; ***, $p \leq 0.001$; *, $p \leq 0.05$; ns: not significant) between the percentage of plant species with persisting occurrences per square kilometre and the percentage of protected area per square kilometre for bogs or dry meadows and pastures respectively; red: all square kilometres surveyed; green: square kilometres below 1,000 m above sea level; blue: square kilometres above 1,000 m above sea level. The dashed lines indicate 95 % confidence intervals (modified after Dähler et al. 2019).

und seltene Arten, wieder besucht. Dabei wurde nur das heutige Vorkommen oder Fehlen an den historischen Fundorten von Arten bestimmt, weitere Merkmale wie Populationsgröße, Fitness oder Verjüngung wurden nicht oder nicht systematisch erfasst. Aus diesen Fundortkontrollen haben wir jene extrahiert, die charakteristische Arten der Moore sowie Trockenwiesen und -weiden (gemäß Delarze et al. 2015) betrafen und wo die historischen Fundmeldungen vor dem Jahr 2002 lagen (die meisten historischen Fundmeldungen stammten aus den 1980er-Jahren). Diese historischen und aktuellen Fundorte wurden dann auf einem Quadratkilometer aggregiert. Unsere Daten zeigten also, ob eine Gefäßpflanzenart in einem bestimmten Quadratkilometer früher vorkam und ob die Art dort auch nach 2002 noch vorkam oder ob sie dort verschwunden ist (265 Arten, 1.555 km²).

Für jeden der oben genannten Quadratkilometer haben wir in ARCGIS die Fläche der geschützten nationalen und regionalen Moore (von Schilfröhrichtchen und Flachmooren zu Hochmooren und Moorwald) und der geschützten nationalen und regionalen Trockenwiesen und -weiden (von artenreichen Glatthaferwiesen und Voll- bzw. Halbtrockenrasen zu inneralpinen Steppenrasen und subalpinen Gebirgstrockenrasen) bestimmt (Daten des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt – BAFU).

Wir verwendeten generalisierte lineare gemischte Modelle (GLMM) mit Binominalverteilung und logistic link Funktion in R® (R Core Team 2017; Packet lme4®; Bates et al. 2015), um zu testen, ob das Überleben von Gefäßpflanzenarten (zufälliger Faktor) pro Quadratkilometer vom prozentualen Anteil geschützter Flächen pro Quadratkilometer abhing. Die Auswertungen wurden für Arten der Moore (88 Arten, 602 km²) sowie Trockenwiesen und -weiden (177 Arten, 1.021 km²) durchgeführt sowie zusätzlich für Quadrat-

kilometer unter- und oberhalb von 1.000 m ü. M. Die Höhenlage bestimmt in der Schweiz mit ihrem ausgeprägten Relief maßgeblich die Vorkommen von Pflanzenarten. Schließlich wurden die Wiederfundraten von Arten der Moore sowie Trockenwiesen und -weiden miteinander verglichen. Hierfür wurden die oben genannten gemischten Modelle verwendet, aber die beiden Lebensraumtypen wurden als zusätzliche Variable in das Modell aufgenommen und Unterschiede anschließend mit einem Post-hoc-Test bestimmt (Packet multcomp®; Hothorn et al. 2008). Eine detaillierte Beschreibung der Methoden findet sich in Dähler et al. (2019).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die mittlere Wiederfundrate von Vorkommen von Pflanzenarten unabhängig vom Anteil geschützter Flächen in einem Quadratkilometer betrug 51 % für Arten der Moore und 63 % für Arten der Trockenwiesen und -weiden. Diese Werte für die Arten der Moore sowie Trockenwiesen und -weiden unterschieden sich signifikant voneinander (GLMM, $p \leq 0,001$). Die Zahlen zeigen, dass sehr viele Arten an historischen Fundorten verschwunden sind und dass mehr Arten der Trockenwiesen und -weiden überlebten als Arten der Moore. Viele Studien, die Veränderungen von Vorkommen von Pflanzenarten über die Zeit in der Schweiz untersucht haben, zeigen ähnlich hohe Verlustraten (Stehlik et al. 2007; Holderegger et al. 2019; Kempel et al. 2020). Sie fanden in der Regel auch heraus, dass der Verlust an Vorkommen von Pflanzenarten der Moore sowie der Trockenwiesen und -weiden im Vergleich zu anderen Lebensräumen besonders groß ist. Tatsächlich sind in den letzten 100 Jahren mehr als 90 % der Moore sowie Trockenwiesen und -weiden in der



Abb. 3: a) Weg- und Straßenränder bieten oft kleinräumige Lebensräume für Pflanzenarten der Trockenwiesen und -weiden. b) In Gebieten oberhalb 1.000 m ü. M. ermöglicht die reiche Topographie der Landschaft, dass viele gefährdete Pflanzenarten auch außerhalb von Schutzgebieten geeignete Lebensbedingungen finden. (Fotos: Rolf Holderegger)

Fig. 3: a) The verges of paths and roads often provide small-scale habitat patches for plant species of dry meadows and pastures. b) In areas above 1,000 m above sea level, the rich topography of the landscape offers suitable environmental conditions to many endangered plant species outside of protected areas.

Schweiz verloren gegangen (Lachat 2010). Dieser starke Flächenrückgang wurde von Lachat et al. (2010) bestimmt, indem heutige Vorkommen gemäß Bundesinventar (Bergamini et al. 2019) bei Trockenwiesen und -weiden mit deren modellierten historischen Vorkommen und bei Mooren mit deren Vorkommen gemäß Signatur auf alten Landeskarten jeweils miteinander verglichen wurden. Kleine Flächen von Mooren oder Trockenwiesen und -weiden wurden auf diese Weise nicht erfasst. Gimmi et al. (2011) haben aufgezeigt, dass der massive Verlust an Moorflächen in der Schweiz auch zu einem Auseinanderbrechen von Moorlandschaften oder -komplexen und zu deren Fragmentierung geführt hat. Dasselbe lässt sich auch für Trockenwiesen und -weiden zeigen (Lachat et al. 2010), auch wenn diese in den höheren Lagen der Schweiz und in den zentralalpinen Trockentälern heute noch zahlreicher vorkommen (Bergamini et al. 2019).

Unsere Ergebnisse zeigen: Je mehr Fläche pro Quadratkilometer geschützt ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Pflanzenart bis heute dort überlebt hat. Für über die ganze Schweiz verteilte Moore zeigt Abb. 2, S. 227, diesen statistisch signifikanten Zusammenhang (GLMM, $p \leq 0,001$). Schutzgebiete erfüllen damit ihren Zweck, aber Abb. 2, S. 227, zeigt auch, dass selbst bei einem sehr hohen Anteil an geschützten Flächen pro Quadratkilometer nicht alle Vorkommen von Pflanzenarten bestehen bleiben, sondern nur etwas über 80 % der Vorkommen. Das gleiche Bild findet sich für Trockenwiesen und -weiden (Abb. 2, S. 227). Auch hier liegt ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Überleben von Arten und dem Anteil geschützter Fläche in einem Quadratkilometer vor (GLMM, $p \leq 0,001$). Im Unterschied zu Mooren bleiben aber in Trockenwiesen und -weiden über 90 % der historischen Vorkommen von Pflanzen bestehen, wenn sehr viel geschützte Fläche pro Quadratkilometer vorhanden ist. Unsere Untersuchung stützt andere Studien aus der ganzen Welt, die zu ähnlichen Resultaten bei der Wirksamkeit von Schutzgebieten kommen (z. B. Geldmann et al. 2013).

Wieso aber gehen Vorkommen von Arten selbst in Schutzgebieten oder bei einem hohen Anteil an Schutzgebieten in einer Landschaft verloren? Ein offensichtlicher Punkt ist unsachgemäße oder fehlende Schutzgebietspflege. Bergamini et al. (2019) zeigen denn auch, dass dies einer der Hauptgründe ist, weshalb sich der Zu-

stand vieler Schutzgebiete weiterhin verschlechtert. Insbesondere in Mooren sowie Trockenwiesen und -weiden ist die Verbuschung wegen mangelnder Bewirtschaftung oder Pflege ein Hauptgrund für schlechende Veränderungen. Bei Mooren kommen als weitere Faktoren die austrocknende Wirkung vielerorts immer noch vorhandener Entwässerungssysteme und die Klimaerwärmung hinzu (Sperle, Bruelheide 2020). Außerdem wirkt sich die atmosphärische Stickstoffbelastung sowohl bei Mooren als auch bei Trockenwiesen und -weiden negativ aus (Mohr et al. 2015; Bergamini et al. 2019; Kosonen et al. 2019).

Ein weniger offensichtlicher Grund für den Verlust von Arten in Schutzgebieten ist die sog. Aussterbeschuld (Helm et al. 2006; Kuussaari et al. 2009). Eine Aussterbeschuld liegt vor, wenn ein Lebensraum im Vergleich zu seiner Fläche und Qualität eine zu große Artenvielfalt aufweist. Eine gefährdete Art kann bei der Einrichtung eines Schutzgebiets in diesem noch vorgekommen sein, in Folge kleiner Populationsgröße, ausbleibender Fortpflanzung oder fehlender Vernetzung verschwindet die Art aber mit der Zeit aus dem Schutzgebiet. Dies kann auch unter naturschutzkonformer Bewirtschaftung passieren, zieht sich aber gerade bei ausdauernden Pflanzenarten über einen langen Zeitraum hin. Das Schutzgebiet verliert also langsam, aber kontinuierlich Arten. Für spezialisierte Pflanzenarten der Moore in der Nordschweiz konnten Jamin et al. (2020) eine solche Aussterbeschuld nachweisen.

Bei beiden Lebensraumtypen – Mooren sowie Trockenwiesen und -weiden – fällt auf, dass zwischen rund 40 % (Moore) und 60 % (Trockenwiesen und -weiden) der historischen Vorkommen von Pflanzenarten bis heute Bestand haben (Abb. 2, S. 227), selbst wenn keine Schutzgebiete in einem Quadratkilometer vorhanden sind. Auch außerhalb von Schutzgebieten finden sich also viele nicht unter Schutz stehende Lebensräume, die für typische Arten dieser beiden Lebensraumtypen geeignet sind. Dies gilt besonders für Trockenwiesen und -weiden, bei denen selbst kleine Flächen entlang von Straßen, Eisenbahnlinien, Waldrändern, in lichten Wäldern oder an Felsen etc. passende Bedingungen bieten (Delarze et al. 2015; Abb. 3).

Wird die Höhenlage berücksichtigt, zeigt sich schließlich, dass die oben beschriebenen Verhältnisse vor allem auf das schweizerische Mittelland, also Gebiete im hügeligen Flachland, zutreffen

(Abb. 2, S. 227). Während für Quadratkilometer unterhalb von 1.000 m ü. M. im Wesentlichen dieselben Muster wie für die ganze Schweiz gefunden wurden (GLMM Moore, $p \leq 0,001$; GLMM Trockenwiesen und -weiden, $p = 0,012$), sind die Zusammenhänge zwischen dem Überleben von Arten und dem Anteil geschützter Fläche pro Quadratkilometer in Höhenlagen über 1.000 m ü. M. nicht mehr statistisch signifikant (GLMM für Moore sowie für Trockenwiesen und -weiden, jeweils $p > 0,1$). Besonders auffällig ist dieser Effekt für die Trockenwiesen und -weiden (Abb. 2, S. 227). Pflanzenarten sind somit für ihr Überleben in höheren Lagen weniger auf Schutzgebiete angewiesen als im Flachland. Tatsächlich war die Landnutzung in höheren Lagen in Berggebieten der Schweiz bis in die jüngste Vergangenheit hinein weniger intensiv als im Flachland. Pflanzenarten fanden und finden in Berggebieten auch außerhalb von Schutzgebieten viele passende Lebensräume (Abb. 3). So zeigen Meier et al. (2021) auch eine im Vergleich noch immer höhere Artenvielfalt im höher gelegenen Landwirtschaftsgebiet der Schweiz als im Flachland. Allerdings findet im Berggebiet aktuell eine starke Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung statt (Graf et al. 2014; Boch et al. 2020).

4 Schlussfolgerungen

1. Je mehr geschützte Flächen in einer Landschaft vorhanden sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass Pflanzenarten an ihren historischen Fundorten in Mooren sowie Trockenwiesen und -weiden überleben.
2. Allerdings überleben selbst bei einem sehr hohen Anteil an geschützter Fläche ($> 80\%$) nicht alle Arten, z. B. wegen fehlender oder unsachgemäßer Pflege und Bewirtschaftung oder aufgrund einer Aussterbeschuld, die langsam „bezahlt“ wird.
3. Viele typische Arten der Moore und insbesondere der Trockenwiesen und -weiden kommen außerhalb von Schutzgebieten vor und haben dort bis heute überlebt. Schutzgebiete erfüllen ihre Funktion für die Erhaltung von Arten also im Wechselspiel mit dem Umland.
4. In höheren Lagen sind die Vorkommen von Pflanzenarten für ihren Fortbestand weniger auf Schutzgebiete angewiesen. Die Landnutzung war dort bislang weniger intensiv, was sich aber derzeit schnell ändert.

5 Literatur

- BAFU/Bundesamt für Umwelt (Hrsg.) (2017): Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz. BAFU, Bern: 50 S.
- Bates D., Mächler M. et al. (2015): Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software* 67(1): 1 – 48. DOI: 10.18637/jss.v067.i01
- Bergamini A., Ginzler C. et al. (2019): Zustand und Entwicklung der Biotope von nationaler Bedeutung: Resultate 2011 – 2017 der Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz. WSL Berichte 85: 104 S.
- BfN/Bundesamt für Naturschutz (2019): FFH Bericht 2019. <https://www.bfn.de/ffh-bericht-2019> (aufgerufen am 14.1.2022).
- BMU, BfN/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2020): Die Lage der Natur in Deutschland. Ergebnisse von EU-Vogelschutz- und FFH-Bericht. BMU, BfN, Berlin, Bonn: 38 S. + Anhänge.
- Boch S., Bedolla A. et al. (2020): Grünlandqualität verschlechtert sich besonders in hohen Lagen – Ein Früherkennungssystem kann helfen. *ANLiegen Natur* 42(2): 111 – 114.
- Bornand C., Eggenberg S. et al. (2016): Rote Liste Gefäßpflanzen. BAFU, Bern: 178 S.
- CBD/Convention on Biological Diversity (2011): Strategic plan for biodiversity 2011 – 2020 and the Aichi biodiversity targets. Secretariat of the CBD. Montreal: 4 S.
- Coetsee B.W., Gaston K.J. (2021): An appeal for more rigorous use of counterfactual thinking in biological conservation. *Conservation Science and Practice* 3(6): e409. DOI: 10.1111/csp2.409
- Coetsee B.W., Gaston K.J., Chown S.L. (2014): Local scale comparisons of biodiversity as a test for global protected area ecological performance: A meta-analysis. *PLOS ONE* 9: e105824. DOI: 10.1371/journal.pone.0105824
- Dähler N.B., Holderegger R. et al. (2019): Effectiveness of Swiss protected areas in maintaining populations of rare vascular plants. *Journal for Nature Conservation* 52: 125749. DOI: 10.1016/j.jnc.2019.125749
- Delarze R., Eggenberg S. et al. (2016): Rote Liste Lebensräume. Gefährdete Lebensräume der Schweiz 2016. Info Fauna – CSCE, BEB SA, Info Flora. Bern: 33 S.
- Delarze R., Gonset I. et al. (2015): Lebensräume der Schweiz. ott verlag. Bern: 456 S.
- Frei S., Holderegger R. et al. (2021): Thirty years later: How successful was the restoration of a raised bog in the Swiss Plateau? *Mires and Peat* 27(20): 1 – 27. DOI: 10.19189/Map.2021.SNPG.StA.2193
- Gaston K.J., Jackson S.F. et al. (2008): The ecological performance of protected areas. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39: 93 – 113. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173529
- Geldmann J., Barnes M. et al. (2013): Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biological Conservation* 161: 230 – 238. DOI: 10.1016/j.biocon.2013.02.018
- Gimmi U., Lachat T. et al. (2011): Reconstructing the collapse of wetland networks in the Swiss lowlands 1850 – 2000. *Landscape Ecology* 26(8): 1.071 – 1.083. DOI: 10.1007/s10980-011-9633-z
- Graf R., Müller M. et al. (2014): 20 % loss of unimproved farmland in 22 years in the Engadin, Swiss Alps. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 185: 48 – 58. DOI: 10.1016/j.agee.2013.12.009
- Gray C.L., Hill S.L. et al. (2016): Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature Communications* 7: 12306. DOI: 10.1038/ncomms12306
- Helm A., Hanski I., Pärtel M. (2006): Slow response of plant species richness to habitat loss and fragmentation. *Ecology Letters* 9(1): 72 – 77. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2005.00841.x
- Heywood V.H. (2017): Plant conservation in the Anthropocene – Challenges and future prospects. *Plant Diversity* 39(6): 314 – 330. DOI: 10.1016/j.pld.2017.10.004
- Holderegger R., Bergamini A. et al. (2019): Seltene Pflanzen im Kanton Schaffhausen. Herkunft – Lebensräume – Gefährdung – Schutz. *Neujahrsblatt Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen* 71: 106 S.
- Hothorn T., Bretz F., Westfall P. (2008): Simultaneous inference in general parametric models. *Biometrical Journal* 50(3): 346 – 363. DOI: 10.1002/bimj.200810425
- Jamin A., Peintinger M. et al. (2020): Evidence for a possible extinction debt in Swiss wetland specialist plants. *Ecology and Evolution* 10(3): 1.264 – 1.277. DOI: 10.1002/ece3.5980
- Kempel A., Bornand C.N. et al. (2020): Nationwide revisitation reveals thousands of local extinctions across the ranges of 713 threatened and rare plant species. *Conservation Letters* 13(6): e12749. DOI: 10.1111/conl.12749
- Kosonen Z., Schnyder E. et al. (2019): Current atmospheric nitrogen deposition still exceeds critical loads for sensitive, semi-natural ecosystems in Switzerland. *Atmospheric Environment* 211: 214 – 225. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2019.05.005
- Küchler M., Küchler H. et al. (2018): Moore der Schweiz: Zustand, Entwicklung, Regeneration. Haupt Verlag, Bern: 258 S.
- Kuussaari M., Bommarco R. et al. (2009): Extinction debt: A challenge for biodiversity conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 24(10): 564 – 571. DOI: 10.1016/j.tree.2009.04.011
- Lachat T., Pauli D. et al. (2010): Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Haupt Verlag, Bern: 435 S.
- Meier E., Lüscher G. et al. (2021): Zustand der Biodiversität in der Schweizer Agrarlandschaft. *Agroscope Science* 111: 88 S. DOI: 10.34776/as111g

- Mohr K., Suda J. et al. (2015): Atmosphärische Stickstoffeinträge in Hochmoore Nordwestdeutschlands und Möglichkeiten ihrer Reduzierung: Eine Fallstudie aus einer landwirtschaftlich intensiv genutzten Region. Thünen Report 23: 95 S.
- R Core Team (2017): R: A language and environment for statistical computing. Version 1.1.383. R Foundation for Statistical Computing. Wien. <https://www.R-project.org/> (aufgerufen am 1.9.2018).
- Schmiedel I., Schmidt M. et al. (2013): Die Effektivität von Schutzgebieten für die Erhaltung seltener und gefährdeter Gefäßpflanzenarten. Eine Untersuchung im niedersächsischen Tiefland. Naturschutz und Landschaftsplanung 45(2): 45–52.
- Sperle T., Bruelheide H. (2020): Climate change aggravates bog species extinctions in the Black Forest (Germany). Diversity and Distributions 27(2): 282–295. DOI: 10.1111/ddi.13184
- Stehlik I., Caspersen J.P. et al. (2007): Floral free fall in the Swiss lowlands: Environmental determinants of local plant extinction in a peri-urban landscape. Journal of Ecology 95(4): 734–744. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2007.01246.x

Dank

Wir danken Herrn Dr. Mathias Otto für seine Anregung zu diesem Beitrag und der anonymen Gutachterin/dem anonymen Gutachter für Kommentare zum Manuskript.

Prof. Dr. Rolf Holderegger
Korrespondierender Autor
 Eidgenössische Forschungsanstalt WSL
 Zürcherstrasse 111
 8903 Birmensdorf
 SCHWEIZ
 E-Mail: rolf.holderegger@wsl.ch



Jahrgang 1965; Studium und Dissertation in Biologie an der Universität Zürich und Postdoc an der Universität St. Andrews in Schottland; Mitglied der Direktion und Leiter der Forschungseinheit Biodiversität und Naturschutzbiologie an der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL; assoziierter Professor an der ETH Zürich; Forschungsschwerpunkte: Biodiversität, Naturschutzbiologie, Naturschutzgenetik und Umsetzung in die Praxis.

Nina B. Dähler
 Amt für Landschaft und Natur
 Fachstelle Naturschutz
 Walcheplatz 1
 8090 Zürich
 SCHWEIZ
 E-Mail: nina.daehler@bd.zh.ch

Dr. Ariel Bergamini
 Eidgenössische Forschungsanstalt WSL
 Zürcherstrasse 111
 8903 Birmensdorf
 SCHWEIZ
 E-Mail: ariel.bergamini@wsl.ch

Michael Jutzi
 Info Flora
 Botanischer Garten Bern
 Altenbergrain 21
 3031 Bern
 SCHWEIZ
 E-Mail: michael.jutzi@infoflora.ch

Anzeige

www.dnl-online.de



Die
 Literatur-
 datenbank
 des
 Bundesamtes
 für
 Naturschutz



Bundesamt für
 Naturschutz