



AOÛT 2023 / ÉDITION 3/23

AUGUST 2023 / AUSGABE 3/23

NATURE

NATUR

IN

PAYSAGE

LANDSCHAFT

SIDE

K B N L
CDPNP
CDPNP
CIPNC



Konferenz der Beauftragten für Natur- und Landschaftsschutz
Conférence des délégués à la protection de la nature et du paysage
Conferenza dei delegati della protezione della natura e del paesaggio
Conferenza dals incumbensats per la protecziun da la natira e da la cuntrada

ERFAHRUNGEN MIT SICH AUSBREITENDEN ARTEN IN SCHWEIZER BERGREGIONEN

RAPHAEL VON BÜREN, SASCHA GREGORI, DAVNAH URBACH, SONJA WIPF, JAKE ALEXANDER

Rasche Umweltveränderungen und zunehmende Globalisierung haben in den vergangenen Jahrzehnten zu Veränderungen in der Verbreitung von Tier- und Pflanzenarten geführt. Einige dieser Veränderungen sind in Gebirgsregionen besonders ausgeprägt. So nehmen gebietsfremde Arten vielerorts in höheren Lagen zu. Weil in Gebirgen Klimagradiënten über kurze Distanzen rasch ändern, können Arten, die besonders sensibel auf Klimaveränderungen reagieren, ihr Verbreitungsgebiet schnell nach oben ausdehnen. Diese Veränderungen sind eindeutig in langfristigen Datensätzen dokumentiert. Doch was sind die täglichen Erfahrungen und Wahrnehmungen verschiedener Interessengruppen mit sich ausbreitenden Arten in

Schweizer Bergregionen? Und was sind aktuelle und zukünftige Herausforderungen und Chancen im Zusammenhang mit sich ausbreitenden Arten in sich rasch verändernden Berg-Ökosystemen?

Verschiedene Forschungsarbeiten haben gezeigt, dass sich Arten als Folge des globalen Klimawandels tendenziell in höhere Lagen ausbreiten und einige Arten in Berggebieten auch häufiger werden. Auch in Schweizer Gebirgsregionen wurde dies in den letzten Jahren beobachtet (z.B. Steinbauer et al. 2018, Rumpf et al. 2019, Büntgen et al. 2017). Gleichzeitig nehmen jedoch die Verbreitung und Häufigkeit von anderen Arten ab. Dies führt zu neuen ökologischen Gemeinschaften und bedeutet, dass es unter den Arten «Gewinner» und «Verlierer» gibt. Wir konzentrieren uns hier auf die «Gewinner», also Arten, die kürzlich neu in einer Region oder Hö-

henlage beobachtet oder in der Höhe häufiger geworden sind, sowohl einheimische als auch gebietsfremde.

Für die überwiegende Mehrheit dieser sich in Berggebieten ausbreitenden Arten sind noch keine negativen Auswirkungen auf Ökosysteme bekannt. Jedoch gelten einige sowohl einheimische (z.B. Borkenkäfer) als auch gebietsfremde Arten (z.B. Vielblättrige Lupine) als problematisch. Im Gegensatz zu tiefer gelegenen Gebieten, wurden Bergregionen bisher von gebietsfremden Arten als weniger stark betroffen angesehen (Alexander et al. 2016). Jedoch hat eine kürzlich erschienene Studie gezeigt, dass sich auch diese Arten vermehrt in höheren Lagen ausbreiten (Iseli et al. 2023). Die bereits stattfindenden Veränderungen in Verbindung mit den für die kommenden Jahrzehnte erwarteten Klima- und Landnutzungsänderungen lassen erahnen, dass die

PROPAGATION DES ESPÈCES: EXPÉRIENCES DANS LES RÉGIONS DE MONTAGNE SUISSES

RAPHAEL VON BÜREN, SASCHA GREGORI, DAVNAH URBACH, SONJA WIPF, JAKE ALEXANDER

De rapides changements environnementaux et une mondialisation croissante ont conduit, ces dernières décennies, à une évolution de la répartition des espèces animales et végétales. Certains changements sont particulièrement marqués dans les régions de montagne. Ainsi, des espèces exotiques sont de plus en plus présentes en altitude. Étant donné qu'en montagne les gradients climatiques varient rapidement sur de courtes distances, les espèces qui sont particulièrement sensibles aux changements climatiques peuvent rapidement étendre leur aire de répartition vers le haut. Des données recensées sur le long terme documentent clairement cette évolution. Quelles sont néanmoins les expériences et perceptions quotidiennes des différents groupes d'intérêts par rapport à la propagation des

espèces dans les régions de montagne suisses? Et quels sont, aujourd'hui et demain, les défis et opportunités en lien avec la propagation des espèces dans des écosystèmes de montagne qui changent rapidement?

Différents travaux de recherche ont montré qu'en raison des changements climatiques les espèces ont tendance à se propager vers des stations plus élevées et que certaines espèces sont plus présentes aussi dans les régions de montagne. Ces dernières années, cette évolution a également été observée dans les régions de montagne suisses (par ex. Steinbauer et al. 2018, Rumpf et al. 2019, Büntgen et al. 2017). Parallèlement, la distribution et la fréquence d'autres espèces déclinent, ce qui conduit à la création de nouvelles biocénoses et signifie qu'il y a, parmi les espèces, des «gagnants» et des «perdants». Nous nous concentrerons ici sur les «gagnants», à savoir les espèces, qu'elles soient indi-

gènes ou non, qui sont récemment apparues dans une région ou en montagne ou qui sont devenues plus fréquentes en altitude.

Aucun effet négatif sur les écosystèmes n'est encore connu pour la grande majorité des espèces en expansion dans les régions de montagne. Toutefois, certaines espèces, autant indigènes (par ex. le scoolyte) qu'exotiques (par ex. le lupin à folioles nombreuses), sont considérées comme problématiques. Contrairement aux stations de basse altitude, les régions de montagne semblaient jusqu'ici moins touchées par la propagation d'espèces exotiques (Alexander et al. 2016). Une étude parue récemment a cependant montré que ces espèces aussi sont de plus en plus présentes en altitude (Iseli et al. 2023). L'évolution en cours en lien avec le réchauffement climatique et la réaffectation des sols attendus ces prochaines décennies laisse présager que la composition des espèces dans les régions de

Artenzusammensetzung in Gebirgsregionen und damit auch unsere Berg-Ökosystemen in Zukunft anders aussehen könnten.

Die Veränderungen von Verbreitungsgebieten sind zwar durch die Analyse von langfristigen Daten erkennbar, aber wie sichtbar sind sie heute schon für Beobachter:innen vor Ort? Welche Auswirkungen haben sich ausbreitende Arten in Bergregionen, und wie sollten wir darauf reagieren? Auf diese Fragen haben 250 Personen an einer schweizweiten Umfrage (ETH-Bewilligungsnummer: EK 2022-N-234) und 17 Teilnehmer:innen an einem regionalen Workshop in Graubünden geantwortet. Die im Workshop anwesenden Personen stammten aus verschiedenen Interessengruppen (Naturschutz, kantonale und kommunale Behörden, Forschung, Bildung, Ökobüros, betrieblicher Unterhalt) und, im Falle der Umfrage, aus allen vier Sprachregionen der Schweiz.

Vor allem Neophyten auf dem Radar

92 % der befragten Umfrageteilnehmer:innen haben bereits Arten beobach-

tet, die sich ausbreiten, sowohl als Zunahme des Vorkommens, als auch als Ausbreitung in höheren Lagen. Die meisten von ihnen wiesen auf gebietsfremde Pflanzenarten (Neophyten) und ihre negativen Auswirkungen auf einheimische Arten und Ökosysteme hin (43 % der Befragten haben sich als Fachperson, die sich speziell mit invasiven Arten arbeitet, identifiziert). Das Einjährige Berufskraut wurde mit Abstand am häufigsten erwähnt (41-mal), gefolgt von Amerikanischen Goldruten-Arten (22), Südafrikanischem Greiskraut (21) und Vielblättriger Lupine (15; Abb. 1A). Die häufigsten Nennungen von einheimischen, sich ausbreitenden Arten fielen auf Rotmilan (6) und Biber (5), welche mit positiven Auswirkungen auf Ökosysteme und Artenvielfalt assoziiert wurden, sowie Grünerle (4) und Wolf (4), welche überwiegend mit negativen Auswirkungen wie Kosten für die Landwirtschaft in Verbindung gebracht wurden (Abb. 2). Generell wurde seltener über positive Auswirkungen berichtet, obwohl ausbreitenden Arten auch eine Zunahme der Artenvielfalt (Descombes et al. 2020) oder des ästhetischen Wertes einer Land-

schaft bewirken können (Abb. 2). Als Hauptursache für die Ausbreitung einheimischer Arten wurde die Klimaerwärmung angegeben. Für gebietsfremde Arten waren die am meisten genannten Ursachen die Klimaerwärmung, gezielte Einführung und die erhöhte Verkehrerschliessung. Obwohl in 72% der Fälle eine gebietsfremde Art erwähnt wurde, war die Anzahl der genannten Arten im Gesamten bezogen auf deren Herkunft ähnlich (67 einheimische Arten vs. 64 gebietsfremde Arten). Dies kam dadurch zustande, dass einige wenige gebietsfremde Arten sehr häufig erwähnt wurden, während etliche einheimische Arten in der Umfrage nur einmal genannt wurden.

Pragmatismus bei Managementzielen

81 % aller Umfrage-Teilnehmer:innen äusserten den Wunsch, dass aktiv gegen sich ausbreitende Arten, die negative Auswirkungen haben, vorgegangen wird und nur 2 % wünschten sich keine Massnahmen (17 % ohne Antwort). Als Managementziel wurde primär die Verringerung der negativen Auswirkungen

montagne, et par conséquent nos écosystèmes de montagne, pourraient changer à l'avenir.

Si on peut observer l'évolution des aires de répartition grâce à l'analyse de données collectées sur le long terme, à quel point est-elle déjà visible aujourd'hui pour les observateurs sur place? Quels effets a la propagation des espèces dans les régions de montagne et comment devrions-nous y réagir? Cette question a été posée à 250 personnes dans le cadre d'une enquête nationale (no d'autorisation EPF: EK 2022-N-234) et 17 personnes ont tenté d'y répondre lors d'un workshop régional aux Grisons. Ces dernières représentaient différents groupes d'intérêts (protection de la nature, autorités cantonales et communales, recherche, formation, bureaux d'écologie, entretien courant) et, dans le cas de l'enquête, les participants provenaient des quatre régions linguistiques suisses.

Dans le viseur: surtout les néophytes

92 % des participants à l'enquête ont déjà observé une propagation d'espèces, soit qu'elles sont de plus en plus présentes ou

qu'elles poussent à des altitudes plus élevées. La plupart des personnes interrogées ont évoqué des espèces végétales exotiques (néophytes) et leurs effets néfastes sur les espèces et les écosystèmes indigènes (43 % des répondants se sont identifiés en tant que spécialistes travaillant spécifiquement avec des espèces envahissantes). L'espèce qui a été mentionnée de loin le plus fréquemment (41 fois) est la vergerette annuelle, suivie des solidages nord-américains (22), du séneçon sud-africain (21) et du lupin à folioles nombreuses (15; fig. 1A). Quant aux espèces indigènes en expansion, les personnes interrogées ont cité le plus souvent le milan royal (6) et le castor (5), dont la présence est considérée comme étant positive pour les écosystèmes et la biodiversité, ainsi que l'aulne vert (4) et le loup (4), qui sont surtout associés à des effets négatifs, tels que des coûts pour l'agriculture (fig. 2). De manière générale, les participants à l'enquête se sont moins épanchés sur les effets positifs de la propagation des espèces, bien que celle-ci puisse augmenter la biodiversité (Descombes et al. 2020) ou la valeur esthétique d'un paysage (fig. 2). Comme raison

principale expliquant la propagation d'espèces indigènes, les répondants ont cité le réchauffement climatique; pour les espèces exotiques, ils ont évoqué le plus souvent le réchauffement climatique, l'introduction ciblée et la meilleure accessibilité par la route. Bien que les personnes interrogées aient mentionné une espèce exotique dans 72 % des cas, le nombre d'espèces citées était similaire quant à leur origine (67 espèces indigènes contre 64 espèces exotiques). Cela s'explique par le fait qu'une poignée d'espèces exotiques a été citée très souvent, alors que de nombreuses espèces indigènes n'ont été nommées qu'une seule fois dans l'enquête.

Des objectifs de gestion pragmatiques

81 % des participants à l'enquête souhaitent des actions contre la propagation des espèces aux effets néfastes et seuls 2 % ne veulent aucune mesure (17 % sans réponse). Les objectifs de gestion cités sont en premier lieu la réduction des effets négatifs (36 %) ou l'élimination des espèces problématiques dans certaines régions seulement (26 %) et, moins souvent, leur éradication complète (18 %).

Abb. 1: Einige invasive Neophyten, wie die Vielblättrige Lupine, werden wegen ihres ästhetischen Wertes geschätzt, bilden aber auch oberhalb der Baumgrenze grosse Populationen, wie hier auf dem Julierpass (A; Foto Georg Flückiger). Auch einige einheimische Arten wie die Grünerle, der Adlerfarn (B; Foto Françoise Alsaker) oder der Buchdrucker (C; Foto Beat Wermelinger) können sich negativ auf die einheimische Artenvielfalt und die Ökosysteme auswirken. Die meisten sich ausbreitenden einheimischen Arten sind unproblematisch, wie beispielsweise die Immergrüne Bärentraube (D; Foto Christophe Bornand) oder der Zwergwacholder, die mit der Erwärmung des Klimas Schritt halten und auf den Berggipfeln der Schweiz häufiger werden.



Fig. 1: Certaines néophytes envahissantes, comme le lupin à nombreuses feuilles, sont appréciées pour leur valeur esthétique, mais forment aussi de grandes populations au-dessus de la limite des arbres, comme ici au col du Julier (A; photo Georg Flückiger). Certaines espèces indigènes comme l'aulne vert, la fougère aigle (B; photo Françoise Alsaker) ou le typographe (C; photo Beat Wermelinger) peuvent avoir un impact négatif sur la biodiversité indigène et les écosystèmes, tandis que d'autres espèces comme la berce pervenche (D; photo Christophe Bornand) ou le genévrier nain suivent le réchauffement du climat et deviennent plus fréquentes sur les sommets de la Suisse.

(36 %) oder der Entfernung nur in bestimmten Gebieten (26 %), und weniger oft die generelle Ausrottung (18 %) von solchen problematischen Arten genannt. Selbst in Gebieten mit hohem Schutzstatus oder hohem Erhaltungswert wurde nur die Verringerung der negativen Auswirkungen (23 %) und Beseitigung invasiver (34 %) oder generell problematischer Arten (23 %) als vorrangig angesehen, während nur eine Minderheit alle sich ausbreitenden gebietsfremden Arten (einheimische und nicht-einheimische) (12 %), oder sogar alle sich ausbreitenden Arten (1,6 %) aus solchen Schutzgebieten

entfernen würden. 0,8 % erachteten «keine Massnahmen» in Schutzgebieten als nötig. Diese eher pragmatischen Managementvorstellungen spiegelten sich auch im Workshop wider. Es wurde eine stärkere Gewichtung der Auswirkungen einer sich ausbreitenden Art gefordert, unabhängig von ihrer Herkunft. Im Gegensatz dazu erfolgte das Management bisher vorwiegend aufgrund der Tatsache, ob eine Art einheimisch oder gebietsfremd ist.

Wunsch nach mehr Forschung und Kommunikation

Laut den Workshop-Teilnehmer:innen mangelt es generell an Informationen über die Auswirkungen von sich ausbreitenden Arten auf einheimische Ökosysteme bzw. die Schäden an Schutzgütern ganz generell. Sie forderten in dieser Hinsicht mehr Forschung, in enger Zusammenarbeit mit praxisorientierten Anwendergruppen. In diesem Zusammenhang wurde im Workshop die grosse Bedeutung eines langfristigen Monitorings betont, und zwar eines, das nicht nur Veränderungen des Verbreitungsgebiets von

Abb. 2: Zu jeder in der Umfrage erwähnten, sich ausbreitenden Art wurden von der befragten Person mögliche negative oder positive Auswirkungen angegeben. Gebietsfremde Arten wurden überwiegend mit negativen Auswirkungen assoziiert.

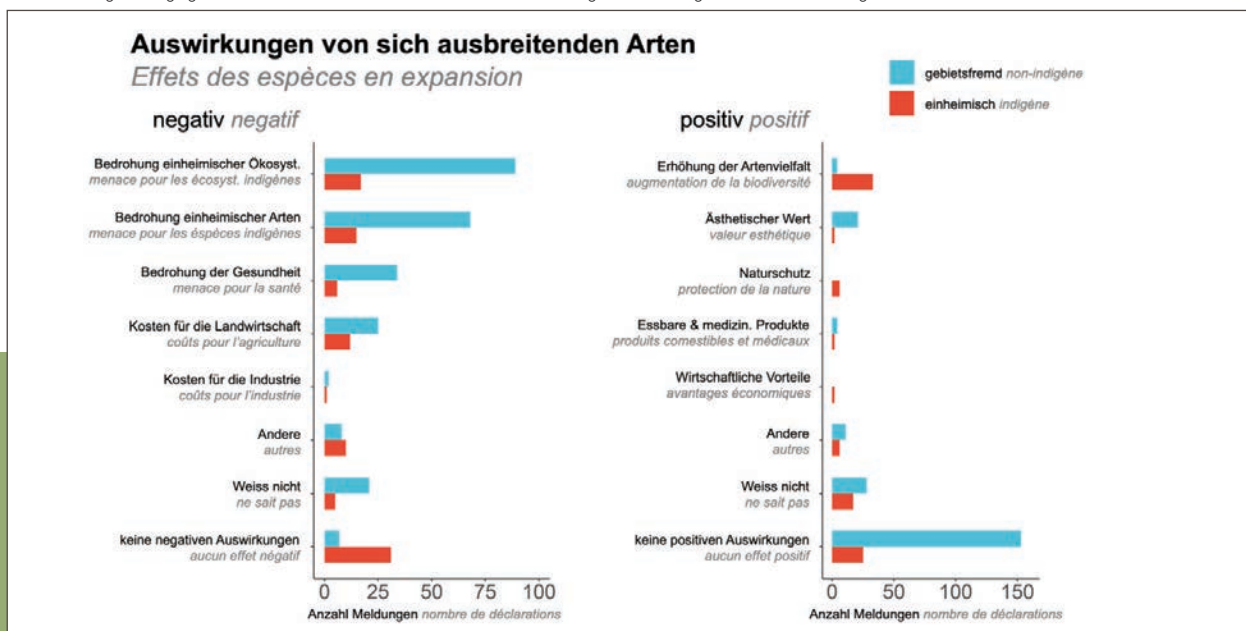


Fig. 2: Pour chaque espèce en expansion mentionnée dans l'enquête, la personne interrogée a indiqué les effets négatifs ou positifs possibles. Les espèces exotiques ont été principalement associées à des impacts négatifs.

Même dans les régions dont le statut de protection ou la valeur de conservation sont élevés, seules la réduction des effets négatifs (23 %) et l'élimination des espèces envahissantes (34 %) ou généralement problématiques (23 %) sont considérées comme prioritaires, alors qu'une minorité des répondants seulement serait pour éliminer, dans les régions protégées, toutes les espèces allogènes (provenant de Suisse ou d'ailleurs) qui s'y propagent (12 %), voire toutes les espèces en expansion (1,6 %). Pour 0,8 % des personnes interrogées, «aucune mesure» n'est nécessaire dans les régions protégées. Cette vision plutôt pragmatique de la gestion était partagée par les participants au workshop. Il y a une demande pour une plus grande pondération des

effets de la propagation d'une espèce, quelle que soit son origine. Or, ce qui était surtout pris en compte jusqu'à présent, c'est le fait qu'une espèce soit indigène ou exotique.

Plus de recherche et de communication souhaitées

Selon les participants au workshop, il manque dans l'ensemble des informations sur les effets de la propagation des espèces sur les écosystèmes indigènes et, de manière plus générale, sur les dommages aux biens protégés. C'est pourquoi ils ont demandé plus de recherche menée en collaboration étroite avec des groupes d'utilisateurs orientés vers la pratique. Dans ce contexte, ils ont également souligné l'importance d'un

monitoring sur le long terme qui ne se concentre pas que sur les changements des aires de répartition des espèces, mais qui montre aussi les effets sur les écosystèmes et les autres biens protégés.

Notre enquête a montré que l'expansion des aires de répartition due au changement climatique passe relativement inaperçue, et ce même chez les spécialistes qui sont quotidiennement en prise avec ces questions. Cela n'est pas surprenant vu le grand décalage et l'importante variabilité avec lesquels les espèces et les écosystèmes réagissent au changement climatique (Rumpf et al. 2018, Alexander et al. 2018). Comme relevé par les participants au workshop, cela souligne la nécessité d'informer à tous les niveaux,

Arten einschliesst, sondern auch die Auswirkungen auf Ökosysteme und andere Schutzgüter aufzeigt.

Unsere Umfrage hat gezeigt, dass die durch den Klimawandel bedingten Ausdehnungen von Verbreitungsgebieten selbst bei Fachleuten, die sich täglich mit diesen Fragen befassen, relativ unmerklich bleiben. Dies ist angesichts der grossen Verzögerung und Variabilität, mit welcher Arten und Ökosysteme auf den Klimawandel reagieren (Rumpf et al. 2018, Alexander et al. 2018), nicht überraschend. Wie von den Workshop-Teilnehmer:innen erörtert, unterstreicht dies die Notwendigkeit, auf allen Ebenen - von der Schule bis zur Regierung - über diejenigen Veränderungen zu informieren, die bereits stattfinden und noch stattfinden werden. Generell kann die Thematik von sich ausbreitenden Arten zu einer Sensibilisierung für Umweltthemen führen, speziell als Ausgangspunkt für Diskussionen über biologische Vielfalt und die Ursachen ihres Rückgangs.

Den Wandel annehmen

Eine wichtige Erkenntnis aus der Umfrage und dem Workshop ist, dass nicht alle Folgen von sich ausbreitenden Arten als negativ empfunden werden. Ökosysteme sind dynamisch und Veränderungen sind unvermeidlich. In der Tat sind Veränderungen in der Verbreitung eine unerlässliche Art und Weise, mit der einheimische Arten schon immer auf Umweltveränderungen reagiert und sich angepasst haben, beispielsweise nach der letzten Eiszeit. Wie bereits in der Klimastrategie von Graubünden (ANU, 2015) hervorgehoben, können wir uns nicht gegen jeglichen Wandel wehren, sondern sollten die Anpassungsfähigkeit von Arten und Ökosystemen unterstützen und gleichzeitig wachsam und (pro)aktiv bleiben, um unerwünschte Veränderungen entgegenzuwirken. Dazu bedarf es eines kontinuierlichen und nachhaltigen Langzeitmonitorings und eines regelmässigen Austauschs zwischen den verschiedenen Interessengruppen, auch von denjenigen, die nicht am Workshop vertreten waren (z.B. Landwirtschaft, Gartenbau, Tourismus). Der Dialog soll so auf andere Regionen der Schweiz ausgeweitet werden.

Kontakt

Raphael von Büren
Schweizerischer Nationalpark
E-Mail: raphael.vonbueren@nationalpark.ch

Sascha Gregori
Amt für Natur und Umwelt (ANU) Graubünden
E-Mail: Sascha.Gregori@anu.gr.ch

Davnah Urbach
Global Mountain Biodiversity Assessment (GMBA)
E-Mail: davnah.urbach@unibe.ch

Sonja Wipf
Schweizerischer Nationalpark
E-Mail: sonja.wipf@nationalpark.ch

Jake Alexander
ETH Zürich
E-Mail: jake.alexander@usys.ethz.ch

Literatur

Alexander, J.M., Lembrechts, J.J., Cavieres, L.A., Daehler, C., Haider, S., Kueffer, C., Liu, G., McDougall, K., Milbau, A., Pauchard, A., Rew, L.J. and Seipel, T. (2016). Plant invasions into mountains and alpine ecosystems: current status and future challenges. *Alpine Botany* 126: 89–103.

de l'école au gouvernement, sur les changements qui ont déjà lieu et ceux à venir. De manière générale, la thématique de la propagation des espèces peut donner lieu à une sensibilisation aux thèmes environnementaux et, en particulier, servir de point de départ à des discussions sur la biodiversité et les causes de sa diminution.

Accepter le changement

Élément important qui ressort de l'enquête et du workshop, les conséquences de la propagation des espèces ne sont pas toutes perçues comme négatives. Les écosystèmes sont dynamiques, et les changements inévitables. En effet, modifier leur répartition a toujours été une manière pour les espèces indigènes de réagir aux changements environnementaux et de s'y adapter, comme après la dernière glaciation. La stratégie pour le climat élaborée par le canton des Grisons (Office de la nature et de l'environnement, 2015) le relève: nous ne pouvons pas résister à chaque évolution, mais nous devons soutenir la capacité d'adaptation des espèces et des écosystèmes tout en restant vigilants et (pro)actifs pour contrer

les changements indésirables. Pour ce faire, il faut un monitoring sur le long terme qui soit continu et durable ainsi qu'un échange régulier entre les différents groupes d'intérêts, y compris avec ceux qui n'étaient pas représentés lors du workshop (par ex. l'agriculture, l'horticulture, le tourisme). Le dialogue doit aussi être étendu à d'autres régions de la Suisse.

Renseignements

Raphael von Büren
Parc national suisse
courriel: raphael.vonbueren@nationalpark.ch

Sascha Gregori
Office de la nature et de l'environnement (GR)
courriel: sascha.gregori@anu.gr.ch

Davnah Urbach
Global Mountain Biodiversity Assessment (GMBA)
courriel: davnah.urbach@unibe.ch

Sonja Wipf
Parc national suisse
courriel: sonja.wipf@nationalpark.ch

Jake Alexander
EPF Zurich
courriel: jake.alexander@usys.ethz.ch

Bibliographie

Alexander, J.M., Lembrechts, J.J., Cavieres, L.A., Daehler, C., Haider, S., Kueffer, C., Liu, G., McDougall, K., Milbau, A., Pauchard, A., Rew, L.J. et Seipel, T. (2016). Plant invasions into mountains and alpine ecosystems: current status and future challenges. *Alpine Botany* 126: 89–103.

Alexander, J.M., Chalmandrier, L., Lenoir, J., Burgess, T.I., Essl, F., Haider, S., Kueffer, C., McDougall, K., Milbau, A., Nuñez, M.A., Pauchard, A., Rabitsch, W., Rew, L.J., Sanders, N.J. et Pellissier, L. (2018). Lags in the response of mountain plant communities to climate change. *Global Change Biology* 24:563–579.

ANU (Office de la nature et de l'environnement du canton des Grisons). 2015. Klimawandel Graubünden. Analyse der Risiken und Chancen. Arbeitspapier 3 einer kantonalen Klimastrategie. Coire, 142 pages.

Büntgen, U., Greuter, L., Bollmann, K., Jenny, H., Liebhold, A., Galván, J.D., Stenseth, N.C., Andrew, C. et Mysterud, A. (2017). Elevational range shifts in four mountain ungulate species from the Swiss Alps. *Ecosphere* 8: e01761.

- Alexander, J.M., Chalmandrier, L., Lenoir, J., Burgess, T.I., Essl, F., Haider, S., Kueffer, C., McDougall, K., Milbau, A., Nuñez, M.A., Pauchard, A., Rabitsch, W., Rew, L.J., Sanders, N.J. and Pellissier, L. (2018). Lags in the response of mountain plant communities to climate change. *Global Change Biology* 24:563–579.
- ANU (Amt für Natur und Umwelt Graubünden). 2015. Klimawandel Graubünden. Analyse der Risiken und Chancen. Arbeitspapier 3 einer kantonalen Klimastrategie. Chur, 142 S.
- Büntgen, U., Greuter, L., Bollmann, K., Jenny, H., Liebhold, A., Galván, J.D., Stenseth, N.C., Andrew, C. and Mysterud, A. (2017). Elevational range shifts in four mountain ungulate species from the Swiss Alps. *Ecosphere* 8: e01761.
- Descombes, P., Pitteloud, C., Glauser, G., Defosse, E., Kergunteuil, A., Allard, P.-M., Rasmann, S. and Pellissier, L. (2020). Novel trophic interactions under climate change promote alpine plant coexistence. *Science* 370: 1469.
- Iseli, E., Chisholm, C., Lenoir, J., Haider, S., Seipel, T., Barros, A., Hargreaves, A.L., Kardol, P., Lembrechts, J.J., McDougall, K., Rashid, I., Rumpf, S.B., Arevalo, J.R., Cavieres, L., Daehler, C., Dar, P.A., Endress, B., Jakobs, G., Jimenez, A., Kuffer, C., Mihoc, M., Milbau, A., Morgan, J.W., Naylor, B.J., Pauchard, A., Ratier Backes, A., Reshi, Z.A., Rew, L.J., Righetti, D., Shannon, J.M., Valencia, G., Walsh, N., Wright, G.T. and Alexander, J.M. (2023). Rapid upwards spread of non-native plants in mountains across continents. *Nat. Ecol. Evol.*, 7, 405–413.
- Rumpf, S.B., Hülber, K., Klöner, G., Moser, D., Schütz, M., Wessely, J., Willner, W., Zimmermann, N.E. and Dullinger, S. (2018). Range dynamics of mountain plants decrease with elevation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 115: 1848–1853.
- Steinbauer, M.J., Grytnes, J.-A., Jurasinski, G., Kulonen, A., Lenoir, J., Pauli, H., Rixen, C., Winkler, M., Bardy-Durchhalter, M., Barni, E., Bjorkman, A.D., Breiner, F.T., Burg, S., Czortek, P., Dawes, M.A., Delimat, A., Dullinger, S., Erschbamer, B., Felde, V.A., Fernández-Arberas, O., Fossheim, K.F., Gómez-García, D., Georges, D., Grindrud, E.T., Haider, S., Haugum, S.V., Henriksen, H., Herreros, M.J., Jaroszewicz, B., Jaroszynska, F., Kanka, R., Kapfer, J., Klanderud, K., Kühn, I., Lamprecht, A., Matteodo, M., di Cella, U.M., Normand, S., Odland, A., Olsen, S.L., Palacio, S., Petey, M., Piscová, V., Sedlakova, B., Steinbauer, K., Stöckli, V., Svenning, J.-C., Teppa, G., Theurillat, J.-P., Vittoz, P., Woodin, S.J., Zimmermann, N.E. and Wipf, S. (2018). Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature* 556: 231–234.

- Descombes, P., Pitteloud, C., Glauser, G., Defosse, E., Kergunteuil, A., Allard, P.-M., Rasmann, S. et Pellissier, L. (2020). Novel trophic interactions under climate change promote alpine plant coexistence. *Science* 370: 1469.
- Iseli, E., Chisholm, C., Lenoir, J., Haider, S., Seipel, T., Barros, A., Hargreaves, A.L., Kardol, P., Lembrechts, J.J., McDougall, K., Rashid, I., Rumpf, S.B., Arevalo, J.R., Cavieres, L., Daehler, C., Dar, P.A., Endress, B., Jakobs, G., Jimenez, A., Kuffer, C., Mihoc, M., Milbau, A., Morgan, J.W., Naylor, B.J., Pauchard, A., Ratier Backes, A., Reshi, Z.A., Rew, L.J., Righetti, D., Shannon, J.M., Valencia, G., Walsh, N., Wright, G.T. et Alexander, J.M. (2023). Rapid upwards spread of non-native plants in mountains across continents. *Nat. Ecol. Evol.*, 7, 405–413.
- Rumpf, S.B., Hülber, K., Klöner, G., Moser, D., Schütz, M., Wessely, J., Willner, W., Zimmermann, N.E. et Dullinger, S. (2018). Range dynamics of mountain plants decrease with elevation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 115: 1848–1853.
- Steinbauer, M.J., Grytnes, J.-A., Jurasinski, G., Kulonen, A., Lenoir, J., Pauli, H., Rixen, C., Winkler, M., Bardy-Durchhalter, M., Barni, E., Bjorkman, A.D., Breiner, F.T., Burg, S., Czortek, P., Dawes, M.A., Delimat, A., Dullinger, S., Erschbamer, B., Felde, V.A., Fernández-Arberas, O., Fossheim, K.F., Gómez-García, D., Georges, D., Grindrud, E.T., Haider, S., Haugum, S.V., Henriksen, H., Herreros, M.J., Jaroszewicz, B., Jaroszynska, F., Kanka, R., Kapfer, J., Klanderud, K., Kühn, I., Lamprecht, A., Matteodo, M., di Cella, U.M., Normand, S., Odland, A., Olsen, S.L., Palacio, S., Petey, M., Piscová, V., Sedlakova, B., Steinbauer, K., Stöckli, V., Svenning, J.-C., Teppa, G., Theurillat, J.-P., Vittoz, P., Woodin, S.J., Zimmermann, N.E. et Wipf, S. (2018). Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature* 556: 231–234.