

Quo vadis, Flora? Der Klimawandel verändert die Lebensräume, und die Pflanzenwelt wird darauf reagieren. Aber wie? Mithilfe von Computermodellen versuchen WSL-Forschende, das herauszufinden.



Werden unsere Kindesinder im Schweizer Winter unter immergrünen Steineichen oder Olivenbäumen spazieren gehen? Das klingt bizarr. Doch die Durchschnittstemperaturen steigen, Sommer werden heisser, Winter feuchter, Trockenperioden länger und Starkniederschläge häufiger. Und mit dem Klimawandel ändern sich die Lebensräume. Das eröffnet manchen Pflanzen Ausbreitungsmöglichkeiten und bringt andere in Bedrängnis.

WSL-Forschende arbeiten daran, diese Prozesse zu verstehen und die künftige Reaktion der Pflanzen abzuschätzen. Mit Computerprogrammen modellieren sie, wo etwa Alpenpflanzen in Zukunft wachsen könnten oder wie gut Bäume genetisch an die erwarteten Klimabedingungen angepasst sein werden. Solche Zukunftsprojektionen ermöglichen, den Wald auf das künftige Klima vorzubereiten oder gefährdete Pflanzen zu schützen. Das entspricht den Sustainable Development Goals (SDG) der UNO, die neben dem Schutz der Landökosysteme und der Biodiversität vorsehen, dass «umgehend Massnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen» zu ergreifen sind.

Was also wächst in Zukunft wo? Um diese Frage zu beantworten, braucht es verlässliche Klimamodelle. «Wenn man für eine Region weiss, welche Klimabedingungen in hundert Jahren erwartet werden, sucht man Orte, wo dieses Klima jetzt schon herrscht», beschreibt WSL-Forscher Niklaus Zimmermann eine einfache, vergleichende Methode. «Dorthin kann man dann gehen und die Pflanzengemeinschaften analysieren, die an diesen Standorten wachsen.»

Umgesetzt wurde dies vor einigen Jahren im Programm «Wald und Klimawandel» des Bundesamtes für Umwelt und der WSL. Die Forschenden um den im Juli 2022 verstorbenen WSL-Waldforscher Peter Brang identifizierten darin Regionen auf dem europäischen Festland, deren Klima heute etwa jenem von Genf, Basel oder Chiasso in hundert Jahren entspricht. Bei einer Erwärmung von 6 Grad – dem extremsten der untersuchten Klimaszenarien – lagen analoge Regionen für Genf in der Maremma und Mittelitalien, für Basel in Südfrankreich und der östlichen Po-Ebene und für Chiasso entlang der Adriaküste und in der Toskana. Dort sind Wälder oft immergrün.

Langsame Wanderer

Das heisst aber nicht, dass im Mittelland der Zukunft ein mediterraner Wald wachsen wird. Dem stehen nicht nur Hindernisse wie die Alpen im Weg. Bäume «wandern» auch sehr langsam: Einen Kilometer im Jahr schaffen ohne menschliches Zutun nur die allerschnellsten Arten, etwa Pappeln oder Birken, die rasch wachsen und deren Samen der Wind verbreitet. «Das Modell gibt aber beispielsweise Forstleuten Hinweise darauf, welche Baumarten sie für den Wald der Zukunft ausprobieren könnten», sagt Zimmermann.

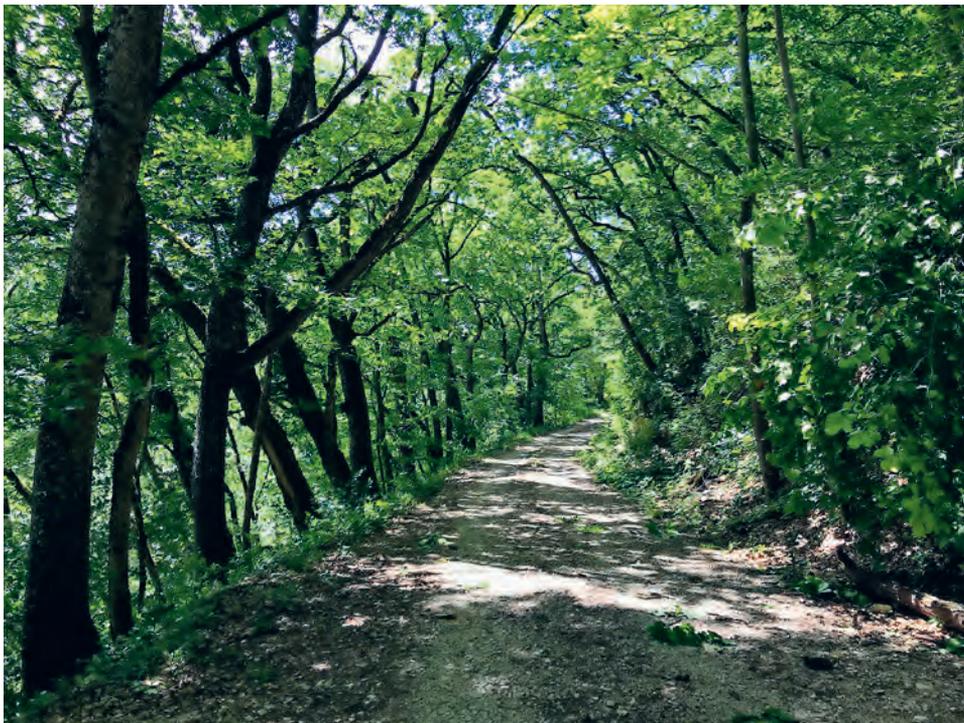
Er untersucht die Frage, wo Arten in Zukunft Lebensräume finden, mit sogenannten Habitatmodellen. «Einfach gesagt untersucht man dabei, unter welchen Klimabedingungen eine Art heute gedeiht», erklärt der Forscher. «Und dann berechnet man, wo dieselben Bedingungen in Zukunft herrschen werden.» Dynamische Modelle, die deutlich komplexer sind, zeigen zudem auf, entlang welcher Wege sich Verbreitungsgebiete verschieben könnten und identifizieren mögliche Hindernisse.

Allerdings: Wenn ein einfaches, auf statistischen Methoden beruhendes Modell zeigt, dass die Buche in hundert Jahren im Mittelland kein geeignetes Klima mehr vorfindet, heisst das nicht, dass sie dann überall dort verschwunden sein wird. Denn wenn es nicht zu dramatischen Extremereignissen kommt – etwa mehreren langen Dürreperioden hintereinander –, können Pflanzen teils Jahrhunderte in Lebensräumen überdauern, die eigentlich nicht mehr für sie geeignet sind. «Das nennt man Aussterbeschuld», sagt Zimmermann.

In einer Studie der WSL und der Universität Wien zeigte sich, dass sechzig Prozent von über hundert untersuchten Alpenpflanzen mit einer solchen Aussterbeschuld leben. Diese Arten wuchsen am unteren Rand ihrer tatsächlichen Areale in Habitaten, wo sie laut der angewandten Modelle nicht mehr vorkommen sollten. «Solche Modellierungen sagen also keine Tatsachen voraus. Sie zeigen lediglich das Potenzial an», erklärt Zimmermann.

Genetisch für die Zukunft gerüstet?

Möglicherweise überschätzen diese Modellansätze die Aussterbeschuld unter dem Klimawandel. Sie gehen beispielsweise oft von nur einem einzigen optimalen Lebensraum für die ganze Art aus. In der Realität können aber verschiedene Populationen einer Art durchaus unterschiedlich tolerant in Bezug auf die



Die wärmeliebenden und meist trockenheitsresistenten Eichen gelten gemäss Habitatmodellen als mögliche Gewinner des Klimawandels. Populationen können sich allerdings genetisch unterscheiden und damit unterschiedlich an zukünftige Bedingungen angepasst sein.

Welche Baumart
ist klimafit?
Die Tree App
liefert Antworten
tree-app.ch

lokalen Standortbedingungen sein, etwa, was ihren minimalen Wasserbedarf angeht. Zudem ignorieren diese Modelle, dass sich Arten – bei ausreichend Zeit und genügend grosser genetischer Vielfalt – über Generationen hinweg an veränderte Bedingungen anpassen können.

Dies versuchen Forschende mit neuen Methoden aufzugreifen: Sie modellieren die ideale zukünftige Zusammensetzung von Populationen auf Basis genetischer Daten und Klimaprognosen. «Man bestimmt dafür zuerst die heutige genetische Zusammensetzung von Populationen anhand charakterisierbarer Stellen im Erbgut», erklärt der WSL-Forscher Christian Rellstab. Der Genetiker hat 2016 als einer der ersten eine solche Methode an Eichen beschrieben.

Aus den untersuchten Erbgutstellen bestimmen die Forschenden dann jene, deren Variation mit jener von Klimafaktoren in Zusammenhang steht – also Stellen, die sich beispielsweise bei Populationen unterscheiden, die an kühlen oder warmen Standorten wachsen. Dazu brauchen sie genetische Daten von Pflanzen aus geografischen Regionen oder Zeiten mit unterschiedlichem Klima – etwa von verschiedenen alten Bäumen, die jeweils unter verschiedenen Klimabedingungen gekeimt und aufgewachsen sind. Auf letzteres stützten sich Forschende in einer kürzlich publizierten WSL-Studie an Arven. Darin standen gut hundert Stellen im Erbgut der Bäume in Beziehung zur Standorttemperatur, wie das Team um Benjamin Dauphin, Christian Rellstab und Felix Gugerli herausfand. Beim Niederschlag waren es gar mehrere hundert Erbgutstellen.

Auf Basis solcher Daten berechnet das Modell dann, welche genetische Zusammensetzung zu einem zukünftigen Klima passen würde. Je weiter der genetische Ist-Zustand einer Population vom in der Klimazukunft optimalen Zustand entfernt ist, desto grösser ist deren Risiko, dereinst nicht angepasst zu sein. Solche Informationen können helfen, die Biodiversität zu schützen: «Wenn man eine Art retten will, könnte man zum Beispiel jene bereits vorhandenen Populationen bevorzugt schützen, die das kleinste Risiko aufweisen, schlecht angepasst zu sein, und damit die grössten Überlebenschancen haben», sagt Rellstab.

Auch der Fortwirtschaft dienen die Resultate: So hatte in der 2016 publizierten Eichen-Studie Rellstabs die Stieleiche das grösste Risiko, schlecht angepasst zu sein, wenn es trockener wird, und das geringste, wenn es wärmer wird. Das spiegelt wider, dass die Art bei uns bereits heute an warmen und feuchten Standorten wächst. Das Ausmass des Risikos variierte aber von Population zu Population. Forstleute können mit diesen Informationen etwa für die Saatgutgewinnung Populationen auswählen, die in einem zukünftigen Klima besonders robust scheinen.

Wertvolle Informationen

Wie die Habitat- decken auch die genetischen Modelle nicht alle relevanten Faktoren ab. Sie beschränken sich beispielsweise auf die heutige genetische Variation. Doch Populationen können – etwa durch den Genaustausch mit anderen oder sogar Kreuzungen mit nahe verwandten Arten – neue, möglicherweise günstige Genvarianten hinzugewinnen.

Die Kombination dieser Modellansätze liefert wertvolle Daten, die helfen, auf den Klimawandel zu reagieren und die Ökosystemdienstleistungen von Wäldern (siehe Grafik Seite 5) oder die Biodiversität zu schützen – wie es die



Der Bach-Steinbrech (*Saxifraga aizoides*) gehört zu den Alpenpflanzen, die vor der Klimaerwärmung in die Höhe ausweichen müssen.

SDG verlangen. Auf Experimente im Labor und Versuchsgarten oder Testpflanzungen können die Forschenden trotzdem nicht verzichten. Solche Versuche sind zwar oft aufwendig und teuer, aber sie liefern wichtige Vergleichsdaten und «Reality Checks» für die Computermodelle. *(kus)*