

Die Europäische Lärche im Klimawandel

Wolfgang Falk, Ute Bachmann-Gigl und Christian Kölling

Schlüsselwörter: Artverbreitungsmodelle, Ökologische Nische, Anbauschwellenwerte

Zusammenfassung: Als typische Gebirgsbaumart mit einem weit in die mitteleuropäischen Mittelgebirge ausgreifenden Anbau gerät die Europäische Lärche durch Klimawandel in erhebliche Bedrängnis. Die erhöhte Anfälligkeit ergibt sich für die gesamte Art, auch Herkünfte aus wärmeren Regionen werden vom Klimawandel betroffen sein. Unsicherheiten der Prognose ergeben sich vor allem aus dem unbekanntem Ausmaß des Klimawandels. Nur bei einer sehr gering ausfallenden Temperaturerhöhung wird der Anbau der Europäischen Lärche außerhalb der Hochgebirge zukünftig erfolgreich sein.

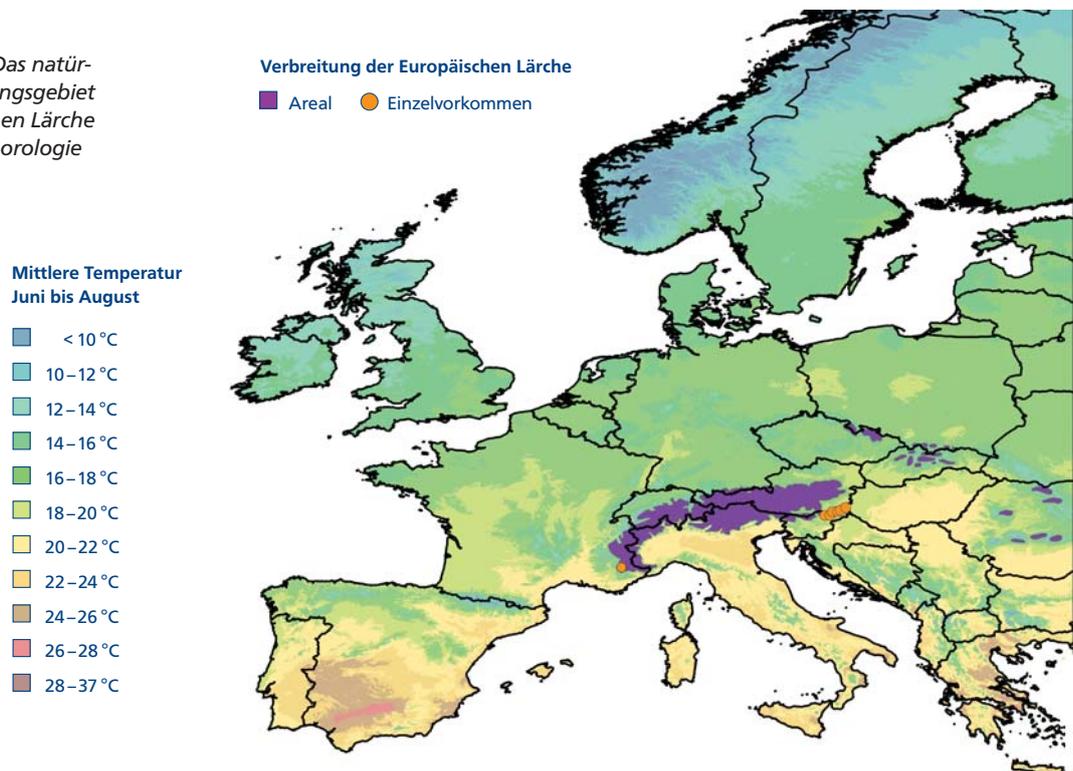
Das natürliche Verbreitungsgebiet der Europäischen Lärche (*Larix decidua* Mill.) ist relativ klein (Geburek 2003, Mayer 1992). Es ist hauptsächlich auf die Alpen und einige isolierte Vorkommen in den Gebirgsstöcken der Karpaten beschränkt (Abbildung 1). Ein weiteres Vorkommen liegt im mährisch-schlesischen Gesenke

im Grenzgebiet zwischen Tschechien und Polen („Sudetendlärche“). Das sehr kleine und fragmentierte, aber angeblich natürliche Vorkommen im polnischen Tiefland zwischen Weichsel und Oder ist in der Arealkarte in Abbildung 1 nicht abgebildet.

Der Anbau der Lärche geht weit über das natürliche Areal hinaus

Aus einer wirtschaftlichen Motivation heraus wird die Europäische Lärche seit Jahrhunderten weit außerhalb des Areals und damit, im Vergleich zu ihren natürlichen Herkünften, in wesentlich wärmeren Regionen angebaut. Die geografische Ausdehnung dieser Anbauten kann aus Abbildung 2 abgelesen werden. Vor allem im mitteleuropäischen Mittelgebirgsraum wurde der Anbau der Baumart ähnlich wie der von Fichte und Kiefer vorangetrieben, wenn auch in geringerem Umfang. Hier wurde die Lärche als wertsteigerndes Mischungselement in Buchenbeständen (Schober 1985) und als Bestandteil von Nadelbaummischbeständen, z. B. in

Abbildung 1: Das natürliche Verbreitungsgebiet der Europäischen Lärche (Quelle: AG Chorologie 2010)

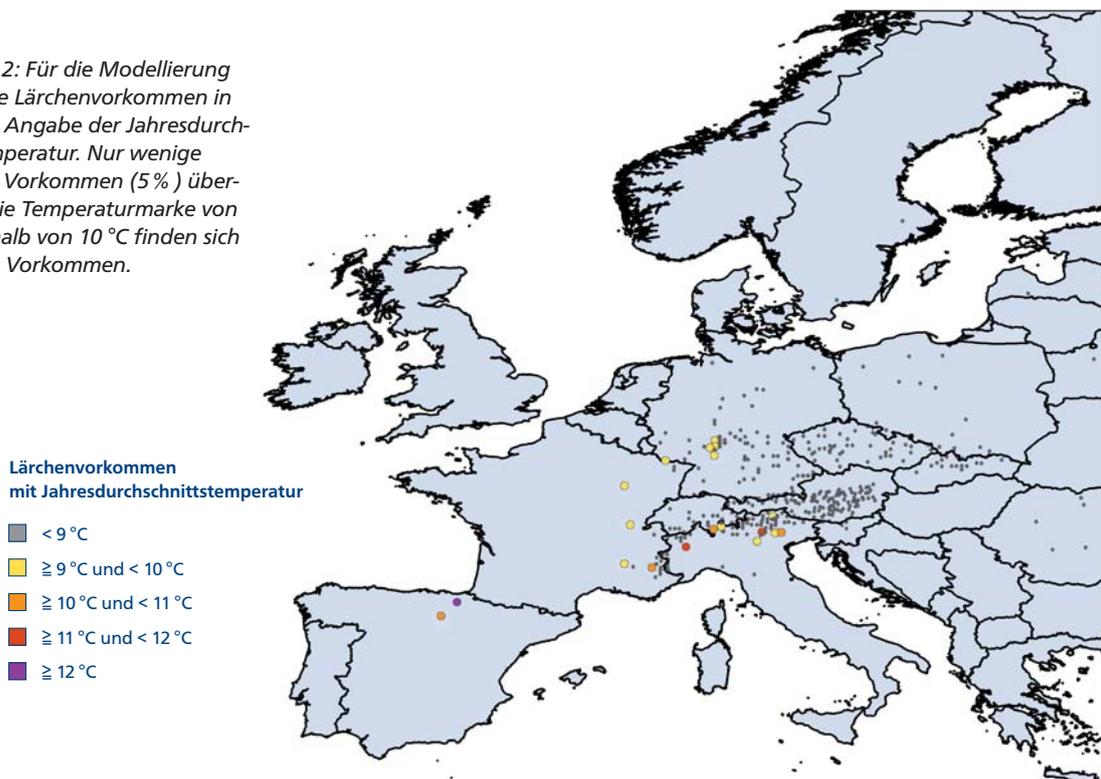


der „Odenwälder Mischsaat“ aus Fichte, Kiefer und Lärche, angebaut. Reinbestände aus Europäischer Lärche wurden extrem selten begründet. Nach der Bundeswaldinventur (BMELV 2007) besitzt die Lärche in Deutschland einen Anteil von nur 2,8% und in Bayern von 2%. Bis auf einige wenige natürliche Vorkommen in den Alpen sind die meisten Europäischen Lärchen in Deutschland künstliche Anbauten. Bei keiner anderen angebauten Wirtschaftsbaumart klaffen das Temperaturspektrum der natürlichen Vorkommen und das der Anbauten so stark auseinander wie bei der Europäischen Lärche. So ist der Anteil der natürlichen Vorkommen zwischen 3 und 4 °C Jahresdurchschnittstemperatur am größten, bei den Anbauten wird das Maximum zwischen 7 und 8 °C erreicht. Wie nur wenige andere Baumarten ist die Europäische Lärche eine typische (Hoch-)gebirgsbaumart, die an eine kurze Vegetationsperiode sowie an lange und schneereiche Winter angepasst ist. Als nadelabwerfende Art erträgt die Europäische Lärche Schnee und ist nicht, wie die nadelerhaltenden Nadelbaumarten, durch Frosttrocknis gefährdet. Die Lärche ist eine typische Pionierbaumart, die aufgelichtete Stellen mit frisch gestörtem Boden besiedelt. Auf Grund der Lichtbedürftigkeit ist die Europäische Lärche relativ konkurrenzschwach und bildet dauerhafte und geschlossene Bestände nur dort, wo die klimatischen Bedingungen Konkurrenten eliminieren.

In den Alpen wächst die Europäische Lärche am besten zwischen 1.400 und 1.500 m, die stärksten Konkurrenten sind dort Fichte und Tanne (Matras und Pâques 2008). Die Europäische Lärche hat eine weite ökologische Amplitude, sie wächst auf unterschiedlichsten Böden und hat geringe Ansprüche an Nährstoff- und Basenversorgung (Englisch et al. 2011). Die besten Wuchsleistungen sind auf tiefgründigen und gut belüfteten Böden zu erwarten, die Lärche wächst aber auch auf flachgründigen, steinigten Böden inklusive kalkreicher Substrate mit einem mittleren Grundwasserniveau (Matras und Pâques 2008). Sie meidet staunasse Böden und nährstoffarme Sande, flachgründige Hanglagen gehören nicht zu ihren bevorzugten Standorten (Karopka und Töpfer 2012). Oberdorfer (1994) nennt noch die Bevorzugung von lufttrockenen Klimlagen. Englisch (2011) bestätigt dies und spricht von einer hohen Anzahl von Strahlungstagen (> 100) bei gleichzeitigem Fehlen von längeren Perioden mit hoher Luftfeuchtigkeit. Diese Vorliebe spricht für eine gewisse Kontinentalität und damit für eine klimatisch bedingte Verbreitungsgrenze. Die Grenzen des Lärchenanbaus sind also insgesamt eher klimatisch verursacht und durch Konkurrenzschwäche als edaphisch bedingt.

Trotz der großen Diskrepanz zwischen der natürlichen Temperaturnische der Baumart und dem Temperaturspektrum der realisierten Anbauten sind Vorkommen

Abbildung 2: Für die Modellierung verwendete Lärchenvorkommen in Europa mit Angabe der Jahresdurchschnittstemperatur. Nur wenige angebaute Vorkommen (5%) überschreiten die Temperaturmarke von 9 °C, oberhalb von 10 °C finden sich kaum noch Vorkommen.



über 9 °C sehr selten. Von den in unseren Untersuchungen einbezogenen 390 aktuellen und potentiellen Vorkommen des Level I-Datensatzes und der Europäischen Vegetationskarte liegen nur 21 (5%) in Klimaregionen mit 9 °C Jahresdurchschnittstemperatur und höher (Abbildung 2). Ab 10 °C finden sich dann nur noch extrem wenige Vorkommen. Die warmen Regionen Europas werden demnach sowohl von den natürlichen Vorkommen als auch von den Lärchenanbauten systematisch gemieden. Tatsächlich treten in den warm-trockenen Teilen des Anbaugebiets vermehrt Schäden z. B. durch Lärchen-Borkenkäfer und Lärchen-Bockkäfer auf. In den wärmeren Regionen ist daneben mit Dürreschäden und bei gleichzeitiger Spätfrostneigung auch mit Pilzerkrankungen wie dem Lärchenkrebs zu rechnen. Obwohl bei der Europäischen Lärche eine sehr starke genetische Differenzierung nach Herkunftsgebieten berichtet wird (Schober 1985, Geburek 2003) ändert dies wenig an der Tatsache, dass die Nische der Art als Ganzes durch hohe Temperaturen begrenzt wird. Selbst die Provenienzen mit dem wärmsten Klima (Polenlärche, Sudetenlärche, Wienerwaldlärche, Tieflagenherkünfte der Alpen) befinden sich unterhalb der genannten Temperaturschwelle. Einige der Herkünfte aus wärmeren Regionen zeichnen sich darüber hinaus durch ausgesprochene Krümmwüchsigkeit aus (Schober 1985).

Das Klima bestimmt Verbreitung und Anbaumöglichkeiten der Europäischen Lärche

Man braucht nur wenig Fantasie, um vom Schicksal der ausgeprägten Gebirgsbaumart Europäischer Lärche im Klimawandel eine Vorstellung zu erhalten. Unter den gegenwärtigen Verhältnissen weisen nur 1 % der Waldfläche Bayerns Temperaturen über 9 °C auf. Nach dem „milden“ Emissionsszenario B1 (Regionales Klimamodell WETTREG, Spek et al. 2007) und einer Erwärmung um durchschnittlich 1,8 °C steigt dieser Anteil auf 72 % an. Aus der Untersuchung der natürlichen und angebauten Lärchenvorkommen Europas (Abbildung 2) wissen wir, dass der Temperaturbereich über 9 °C von der Lärche nur sehr wenig besiedelt wird. Diese allgemeine Erkenntnis erscheint auf den ersten Blick plausibel und intuitiv richtig. Sie muss jedoch durch eine präzisere Bestimmung der für Lärche zuträglichen Klimabedingungen ergänzt werden. Die Jahresdurchschnittstemperatur ist eine relativ grobe und einengende Zusammenfassung des Klimas. Eine bessere Beschreibung gelingt mit den für sich genommenen Sommer- und Wintertemperaturen und dem Sommer-niederschlag. Diese Größen weisen eine enge Verbindung zum Vorkommen der Lärche auf. In Artverbreitungsmodellen wird diese Korrelation modellhaft beschrieben (Franklin 2009, Falk und Mellert 2011, Mellert et al. 2011). Abbildung 3 zeigt die Arbeitsweise eines sol-

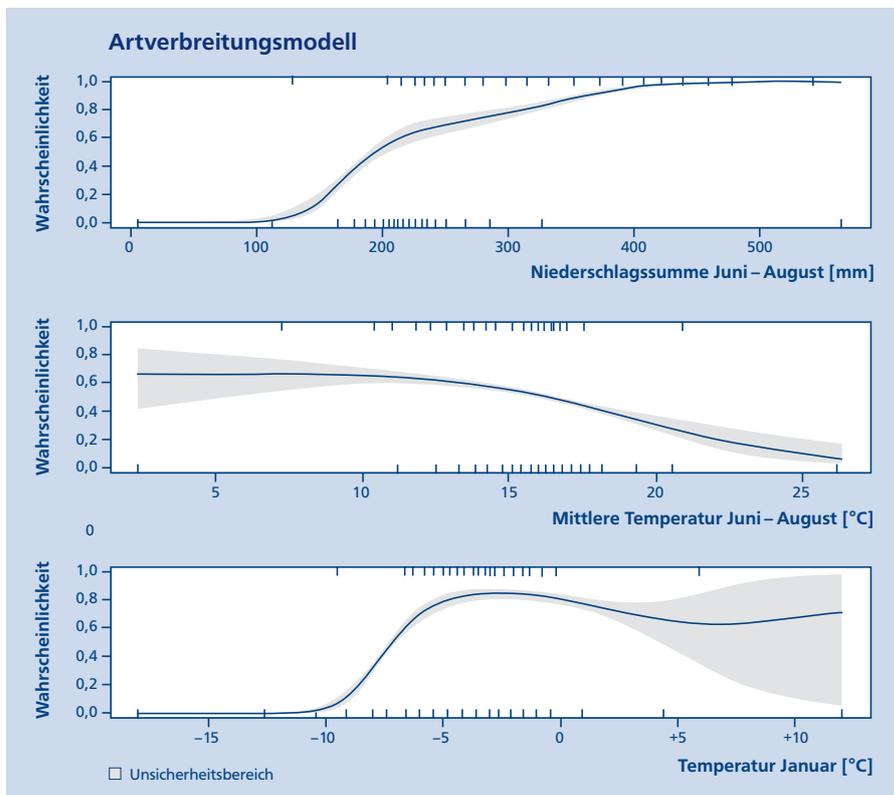


Abbildung 3: Der Einfluss der drei Klimagrößen auf die Vorkommenswahrscheinlichkeit der Europäischen Lärche (single responses des GAM¹); die kleinen Striche am oberen und unteren Rand stellen die Verteilung der Vorkommen und Nichtvorkommen dar.

¹ Generalisiertes Additives Modell

chen Modells. Längs eines klimatischen Gradienten werden Vorkommen (oberer Rand der Grafik) und Nicht-Vorkommen (unterer Rand der Grafik) aufgereiht. Mit der Ausgleichskurve im Zentrum der Grafik wird eine optimale Anpassung an das charakteristische Wechselspiel von Vorkommen und Nicht-Vorkommen in Abhängigkeit von den Klimagrößen erreicht. Die Kurve gibt in einer generalisierten Form die Antwort der Lärchenvorkommen auf definierte Umweltbedingungen wieder. Eine „magische“ Schwelle ist dabei der Punkt der Antwortkurve, bei dem die Vorkommenswahrscheinlichkeit unter den Wert von 0,5 sinkt. Ab dieser Schwelle übersteigt die Wahrscheinlichkeit, dass die Art nicht mehr vorkommt, die Wahrscheinlichkeit, dass sie vorkommt. Für den Anbau der Art bedeutet der Rückgang der Vorkommenswahrscheinlichkeit eine Zunahme des mit dem Anbau verbundenen Risikos. Unterhalb einer bestimmten Schwelle wird es dann sehr unwahrscheinlich, einen Anbau erfolgreich zu Ende zu führen. Dies schließt das Modell aus der Tatsache, dass es unter solch extremen Bedingungen nur noch sehr wenige „Belegexemplare“ für erfolgreiche Anbauten gibt.

Die Quintessenz aus den Modellkurven in Abbildung 3 lautet:

- Je höher die Sommerniederschläge desto höher ist die Vorkommenswahrscheinlichkeit.
- Je höher die Sommertemperatur desto geringer ist die Vorkommenswahrscheinlichkeit.
- Bei Januartemperaturen unter -7°C sinkt die Vorkommenswahrscheinlichkeit stark.

Diese drei einzelnen Beziehungen werden im endgültigen Modell zusammen betrachtet. Das Ergebnis ist eine dreidimensionale Rechenvorschrift, die allen Kombinationen der drei einzelnen Einflussgrößen einen Wahrscheinlichkeitswert zuweist. Die Rechenvorschrift des Modells kann man nun auf Karten mit den drei Klimagrößen Sommertemperaturen, Sommerniederschläge und Januartemperaturen, so wie sie gegenwärtig in Europa verbreitet sind, anwenden. In Abbildung 4 ist dies geschehen. Im Unterschied zu der Arealkarte in Abbildung 1 weist die Karte der modellierten Anbaueignung in Abbildung 4 über das eigentliche Areal hinaus auch denjenigen Flächen eine hohe Anbaueignung zu, die ein ähnliches Klima wie das Areal aufweisen oder deren Klima den Gebieten ähnlich ist, in denen die Lärche mit gutem Erfolg angebaut wurde. Nach Abbildung 4 kann die Lärche nicht nur erfolgreich im Alpenraum angebaut werden, auch in den Mittelgebirgen, ja

Abbildung 4: Modellierte klimatische Anbaueignung der Europäischen Lärche unter den Klimabedingungen 1971–2000. Regionalisierung des Modells in Abbildung 3

Klimatische Eignung
1971 bis 2000

- sehr gering
- gering
- mittel bis gering
- mittel
- hoch
- sehr hoch (optimal)

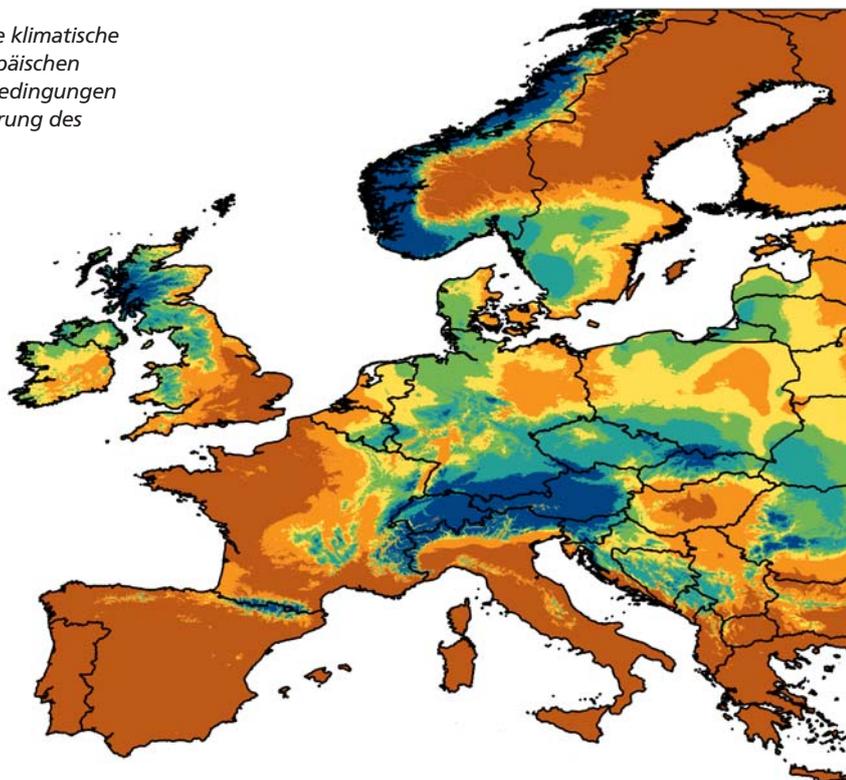
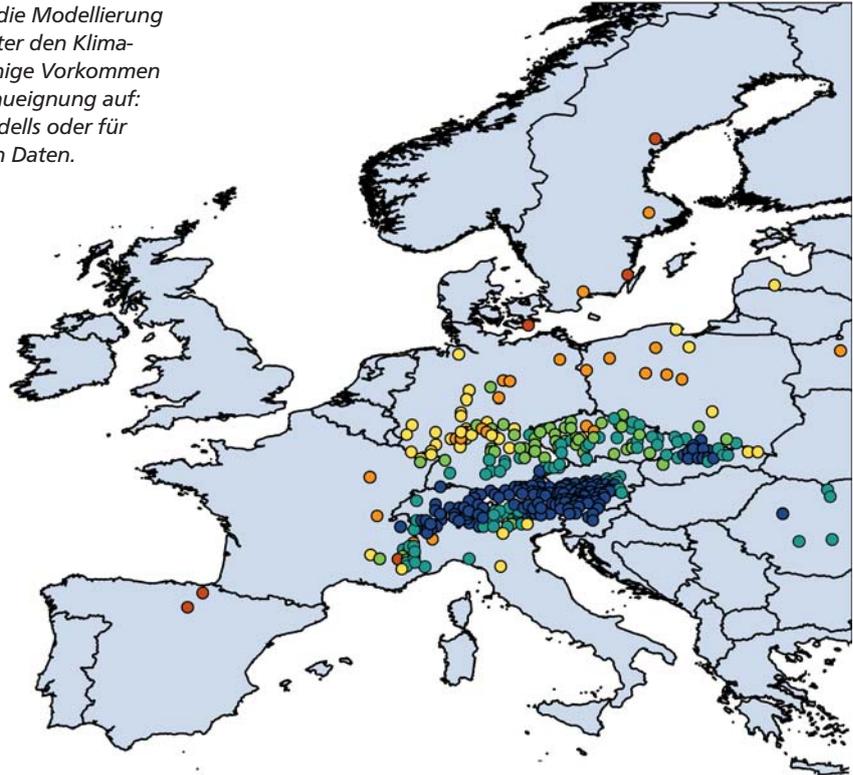


Abbildung 5: Anbaueignung der für die Modellierung verwendeten Lärchenvorkommen unter den Klimabedingungen 1971–2000; einige wenige Vorkommen weisen schon jetzt eine geringe Anbaueignung auf: ein Beispiel für die Unschärfe des Modells oder für Ungenauigkeiten in den verwendeten Daten.

Anbaueignung der Vorkommen

- sehr gering
- gering
- mittel bis gering
- mittel
- hoch
- sehr hoch (optimal)



sogar in Schottland und in Norwegen wäre ein Anbau unter der einschränkenden Voraussetzung möglich, dass dort nicht weitere, im Modell nicht enthaltene Faktoren den Anbauerfolg vereiteln. Man könnte dabei zum Beispiel an einen ungünstigen Boden oder den ständig wehenden Küstenwind oder auch an eine gleichbleibend hohe Luftfeuchtigkeit denken. Umgekehrt ist aber auch der Schluss möglich, dass in den südlichen und nordöstlichen Regionen Europas der Lärchenanbau aus klimatischen Gründen von vornherein mit hoher Sicherheit zum Scheitern verurteilt ist. Tatsächlich finden sich in diesen Regionen Europas zumindest in dem von uns verwendeten, über 7.000 Inventurpunkte umfassenden Datensatz kaum Vorkommen. Die wenigen Datenpunkte mit geringer und sehr geringer Anbaueignung in Abbildung 5 zeigen zum einen eine mögliche Unschärfe des Modells, sie können jedoch auch auf Ungenauigkeiten im Datensatz wie falsche Koordinaten oder eine falsche Artbestimmung zurückgehen. Immerhin gibt es neben der Europäischen Lärche weitere angebaute Lärchenarten, die bei ähnlicher Morphologie deutlich verschiedene ökologische Nischen besetzen. Im Großen und Ganzen ergibt das Artverbreitungsmodell der Lärche indes ein zutreffendes Bild der natürlichen Vorkommen und der klimatischen Anbaumöglichkeiten außerhalb des Areals.

Im Klimawandel gelten alte Gesetze unter neuen Bedingungen

Wenn das für Abbildung 4 verwendete Modell eine genügend große Allgemeingültigkeit oder Generalität aufweist, dann kann man es nicht nur in Europa, sondern auch in jedem beliebigen anderen Erdteil mit Erfolg anwenden. Unter der genannten Voraussetzung ist es dann auch sinnvoll und weiterführend, das Modell mit den Daten einer unbekanntem Klimazukunft zu betreiben. Sofern das Modell nicht nur zufällige, sondern durch Naturgesetze veranlasste Beziehungen und damit die ökologische, „fundamentale“ Nische der Art wiedergibt, lassen sich so die Auswirkungen des Klimawandels auf die Anbaueignung der Lärche recht zutreffend schätzen. In Abbildung 6 haben wir das im vorigen Abschnitt dargestellte und an den Klimadaten der Gegenwart entwickelte Modell für die Anbaueignung der Europäischen Lärche mit den Daten eines globalen Klimamodells gefüttert. Das Modell geht vom Emissionszenario A1B aus und führt, auf das betrachtete Gebiet Europa zu einer Erwärmung im Januar zwischen 3,7 bis 6,4 °C, im Sommer zwischen 2,8 und 4,9 °C. Damit liegt dieses Klimamodell im Mittelfeld der momentan kursierenden Annahmen. Die Regionalisierung zeigt das Schrumpfen des Anbaugebiets auf die höchsten Lagen der Alpen und einige Höheninseln der Karpaten, insbesondere da für den Winter eine starke Erwärmung

vorhergesagt wird. Erst in Schottland oder Norwegen finden sich in einer vom Klimawandel stark geprägten neuen klimatischen Umwelt wieder Regionen, in denen auch in Zukunft ein Anbau der Europäischen Lärche aus klimatischer Sicht Erfolg versprechend ist. Dieses ernüchternde Bild ist von zwei Faktoren verursacht: zum einen durch den eindeutigen Zusammenhang zwischen Klimagrößen und Anbaueignung und zum zweiten durch einen zwar angenommenen, jedoch nicht unrealistischen kräftigen Klimawandel hin zu wärmeren und trockeneren Bedingungen in ganz Europa. Da das verwendete Modell nicht nur auf die Jahresmitteltemperatur setzt, sondern auch die Temperaturunterschiede zwischen Sommer und Winter sowie die Sommerniederschläge berücksichtigt, bildet es die vorhergesagten teils dramatischen Erwärmungen und die Verschiebungen der Niederschläge der jeweiligen Jahreszeiten ab.

Die Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen zum einen das Bild für die Regionen Bayerns in einem größeren Maßstab. Zum anderen wird in Abbildung 8 das sehr milde Szenario B1 verwendet, das für Bayern von einer Erhöhung der Jahrestemperatur von nur 1,8 °C ausgeht. Auch bei der Annahme dieses sehr günstigen Verlaufs der Klimaerwärmung wird die hohe Verwundbarkeit der Hochgebirgsbaumart Lärche außerhalb der hohen Gebirge sichtbar. Die Verwendung verschiedener Szenarien ist eine der Stärken von Artverbreitungsmodellen. Sind die Regeln, nach denen die Art klimatisch begrenzt wird, einmal bekannt, lassen sie sich auf alle denkbaren Klimaprojektionen anwenden. Wichtig ist dabei nur, dass der Wertebereich des Modells nicht verlassen wird.

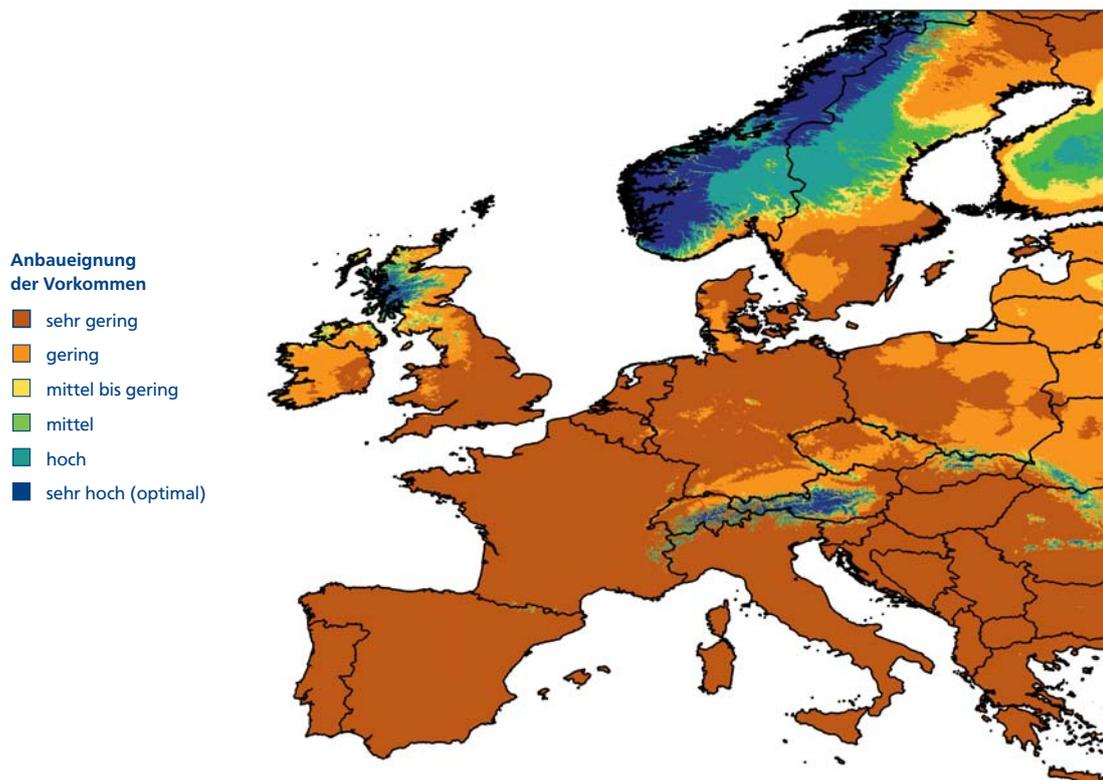


Abbildung 6: Modellierte klimatische Anbaueignung der Europäischen Lärche unter den Klimabedingungen 2071–2100 (Szenario A1B). Regionalisierung des Modells in Abbildung 3

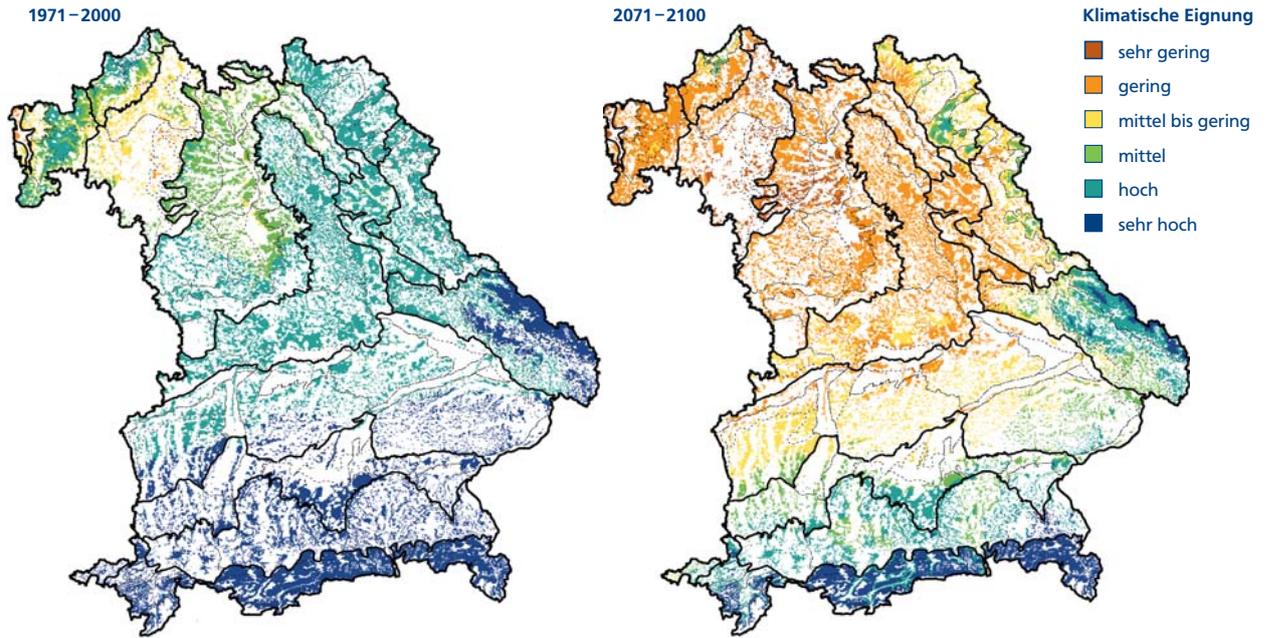


Abbildung 7: Modellerte klimatische Anbaueignung der Europäischen Lärche unter den Klimabedingungen 1971–2000. Regionalisierung des Modells in Abbildung 3 für die Wuchsgebiete Bayerns.

Abbildung 8: Modellerte klimatische Anbaueignung der Europäischen Lärche unter den Klimabedingungen 2071–2100 (Szenario B1). Regionalisierung des Modells in Abbildung 3 für die Wuchsgebiete Bayerns

Es bleiben Unsicherheiten

Würde sich die in Abbildung 6 und Abbildung 8 dargestellte Verschlechterung der Anbaueignung der Europäischen Lärche in Mitteleuropa allgemein und im Besonderen auch in Bayern als zutreffend erweisen, so sollte man sich mehr oder weniger rasch vom weiteren Anbau dieser Baumart außerhalb der Hochgebirge verabschieden. Ein solcher Schritt mit ökonomischen Auswirkungen verlangt jedoch nach Sicherheiten. Unsere Regionalisierung des Artverbreitungsmodells der Lärche in Abbildung 6 beruht auf Annahmen, die sämtlich

erfüllt sein müssen, damit die Anwendung des Modells zutreffende Ergebnisse liefert. In Tabelle 1 sind die wichtigsten dieser Annahmen aufgeführt.

Ein erster Punkt ist die unterstellte starke Abhängigkeit des Baumvorkommens und damit auch der Anbaueignung vom Klima. Viele Beobachtungen und Untersuchungen zeigen, dass auf überregionaler Ebene das Klima einen starken Einfluss auf das Vorkommen der Arten hat. Daneben gibt es noch andere Faktoren, wie Beschränkungen in der Ausbreitung, die Konkurrenzsituation oder die Bodenqualität. Das Auswandern und

Annahme	Auswirkung	Reaktionsmöglichkeit
Abhängigkeit der Vorkommen vom Klima	Kernaussage des Modells wird ungültig	Überprüfung an unabhängigen Datensätzen, Versuchsanbauten
Nischenkonstanz, Nischenkonservatismus	Kernaussage des Modells wird ungültig	Beobachtung von und Experimente mit Europäischer Lärche in extremen Klimasituationen
Ausmaß des Klimawandels	Auswirkung auf Vorkommenswahrscheinlichkeit und Anbaueignung	Verwendung von realistischen Szenarien, Begrenzung des Klimawandels durch Klimaschutz
Art des Klimawandels	Auswirkung auf Vorkommenswahrscheinlichkeit und Anbaueignung	Verwendung von verbesserten Klimamodellen

Tabelle 1: Modellannahmen, Auswirkungen bei Verletzung der Annahmen und mögliche Reaktionsmöglichkeiten zur Reduktion der Unsicherheit

Wiedereinwandern der Baumarten in den Eiszeiten und Zwischeneiszeiten zeigt hingegen sehr deutlich den arealprägenden Einfluss des Klimas. Inwieweit wir das gesamte ökologische (klimatische) Potential einer eher seltenen Art (nur 390 Vorkommen im Datensatz) mit unserer Methode erfasst haben, ist unklar. Die Lärche ist auf guten Standorten außerhalb des Gebirges als Lichtbaumart sicher nicht besonders konkurrenzstark und damit unterrepräsentiert. Insofern könnten unsere Modelle das Potential der Lärche auch etwas unterschätzen. Was bezüglich der Konkurrenzverhältnisse in einem geänderten, nicht-analogen Klima gilt, ist bisher nicht erforscht. Vielleicht hilft der Europäischen Lärche die Besonderheit, dass sie gleichzeitig an winterliche Kälte und eine gewisse Trockenheit angepasst ist.

Ein zweiter Punkt betrifft die angenommene Konstanz der ökologischen Nische der Art. Können sich die Arten nicht unter dem Einfluss eines klimatischen Reizes so verändern, dass sie gewissermaßen lernen, auch andere als die gewohnten Klimabedingungen auszuhalten? Gerade die Erfahrungen aus der eiszeitlichen Vegetationsgeschichte zeigen, dass derartige, unter Anpassungsdruck entstehende Anpassungsvorgänge eher selten sind. Unter den drei möglichen Alternativen Anpassung, Wanderung oder Aussterben wurden in der Vegetationsgeschichte häufig die beiden letztgenannten verwirklicht, zumindest dann, wenn es sich, wie im Fall des gegenwärtigen Klimawandels, um sehr schnelle Klimaveränderungen einerseits und langsam reagierende Organismen mit langen Generationszeiträumen andererseits handelt. Durch die fortgesetzte Beobachtung von Lärchen in extremen Randsituationen könnte man das gegenwärtige ökologische Potential dieser Baumart und seine mögliche Entwicklung bei einer Verschärfung der Situation noch besser abschätzen.

Die dritte Annahme betrifft das Ausmaß des Klimawandels. Keiner weiß, wie groß der Betrag der Erwärmung am Ende des Jahrhunderts tatsächlich ausfällt. Daher hilft es ungemein, verschiedene Möglichkeiten der zukünftigen Entwicklung parallel zu betrachten, wie wir das mit Abbildung 6 und Abbildung 8 verdeutlicht haben. Auch mit noch so ausgefeilten Klimaprojektionen lässt sich das Problem der Auswirkungen des Klimawandels auf das Anbaurisiko der Baumarten jedoch nicht wegrechnen. Immerhin besteht noch eine gewisse Hoffnung, dass verstärkter Klimaschutz den Klimawandel geringer als befürchtet ausfallen lässt.

Eine letzte Unsicherheit besteht in der Festlegung auf die Art des Klimawandels. Wird es wärmer und trockener, oder vielmehr wärmer und feuchter? Betreffen die Änderungen den Sommer und den Winter gleichmäßig oder gegenläufig? In diesen Fragen sind wir darauf angewiesen, dass die Klimamodelle ständig verbessert werden, denn falsche Eingangsdaten führen auch bei den allerbesten Modellen zu falschen Ergebnissen. Ein großes Problem stellen nicht-analoge Klimatypen dar. Das sind durch den Klimawandel bescherte völlig neuartige Kombinationen von Klimaparametern, die es bislang in Europa gar nicht gibt. Hier ist die Erfahrungswissenschaft am Ende angelangt und man wird sich auf allerlei ökologische Überraschungen (Williams und Jackson 2007) gefasst machen müssen.

Die Schlussfolgerungen sind eindeutig

Wie man es dreht und wendet, zu welchen Unsicherheiten und möglichen Überraschungen man Zuflucht nimmt: die Zukunft für den Anbau der Lärche in den mitteleuropäischen Mittelgebirgen sieht ausgesprochen düster aus. Auch in den Hochgebirgen wird es für diese Baumart zunehmend schwierig werden, weil die Höhenwanderung zwangsläufig zu einem immer kleineren und stärker fragmentierten Areal führen muss, ganz abgesehen davon, dass oberhalb der jetzigen Waldgrenze nicht immer besiedelbare Flächen für die Expansion vorhanden sind. Zum Glück ist die Europäische Lärche insgesamt eine selten angebaute Baumart, sowohl was ihr Vorkommen auf regionaler Ebene, als auch ihr Vorkommen in den Beständen angeht. In der Vergangenheit hat man beim Lärchenanbau das Prinzip der Risikostreuung (z. B. Kölling et al. 2010) durch den Anbau in Mischbeständen und durch die insgesamt sparsame Verwendung dieser Baumart bewusst oder unbewusst ziemlich konsequent angewendet. Im Klimawandel nun sind wir dazu gezwungen, diese Vorsicht noch weiter zu treiben. Die bestehenden Lärchenanbauten wird man indes nicht vorzeitig aufgeben müssen. Es spricht nichts dagegen, die als Mischungselement in unseren Wäldern vorhandenen Lärchen solange zu belassen, bis ihr Erntezeitpunkt erreicht ist. Es ist auch gegen eine spontane Beteiligung der Lärche an Naturverjüngungen in geringem Umfang nichts einzuwenden. Die aktive Ausweitung des Lärchenanbaus durch Pflanzung und aktive Unterstützungsmaßnahmen zu Lasten anderer Baumarten sollten hingegen bei hohem künftigen Anbaurisiko besser unterbleiben. Es stehen in diesen Fällen auch Investitionen und damit ökonomische Werte zur Diskussion. Im klimagerech-

ten Waldumbau ist die Europäische Lärche in den meisten Regionen Bayerns keine risikoarme Alternative. Sowohl in den Klima-Risikokarten der Bayerischen Forstverwaltung (Kölling et al. 2009, 2010) als auch in den Nachfolgeprodukten des Projekts „Bäume für die Zukunft“ (Beck et al. 2012) wird diesem Umstand Rechnung getragen und das Anbaurisiko für die Europäische Lärche entsprechend realistisch eingeschätzt.

Literatur

AG Chorologie und Makroökologie (2010): Forschungsprojekt „Klimatische Modellierung von Pflanzenarealen“. www2.biologie.uni-halle.de/bot/ag_chorologie/areale/index.php?sprache=D, aufgerufen am 11.1.2010

Beck, J.; Dietz, E.; Falk, W. (2012): Digitales Standortinformationssystem für Bayern. LWF aktuell 87, S. 20–23

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) (2007): Bundeswaldinventur2: Alle Ergebnisse und Berichte. Ergebnisdatenbank. www.bundeswaldinventur.de, aufgerufen am 2.12.2007

Englisch, M.; Starlinger, F.; Lin, H. (2011): Die Lärche – ein Baum für alle Fälle? BFW-Praxisinformation 25, S. 3–4

Falk, W.; Mellert, K.H. (2011): Species distribution models as a tool for forest management planning under climate change: risk evaluation of *Abies alba* in Bavaria. *Journal of Vegetation Science* 22 (4), S. 621–634

Franklin, J. (2009) : Mapping Species Distributions. Spatial Inference and Prediction. Cambridge etc.: Cambridge University Press, 320 S.

Geburek, T. (2003): *Larix decidua* Miller, 1768. Europäische Lärche. In: P. Schütt, H.J. Schuck, U.J.M. Lang, A. Roloff (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie, Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/Lech, III-1: 20 S.

Karopka, M.; Töpfner, K. (2012): Baum des Jahres 2012: die Europäische Lärche. FVA-einblick 1/2012, S. 7–9

Kölling, C.; Bachmann, M.; Falk, W.; Grünert, S.; Schaller, R.; Tretter, S.; Wilhelm, G. (2009): Klima-Risikokarten für heute und morgen. Der klimagerechte Waldumbau bekommt vorläufige Planungsunterlagen. AFZ/DerWald 64, S. 806–810

Kölling, C.; Beinhofer, B.; Hahn, A.; Knoke, T. (2010): „Wer streut, rutscht nicht“ –Wie soll die Forstwirtschaft auf neue Risiken im Klimawandel reagieren? AFZ/DerWald, Jahrgang 65 (5), S. 18–22

Matras, J.; Pâques, L. (2008): EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European larch (*Larix decidua*). Biodiversity International, Rome, Italy, 6 pages. http://www.euforgen.org/fileadmin/biodiversity/publications/pdfs/1324_European_larch__Larix_decidua_.pdf, aufgerufen am 28.06.2012

Mayer, H. (1992): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage, 4. teilweise neu bearbeitete Auflage. G. Fischer, Stuttgart–Jena–New York, 522 S.

Mellert, K. H.; Fensterer, V.; Küchenhoff, H.; Reger, B.; Kölling, C.; Klemmt, H. J.; Ewald, J. (2011): Hypothesis-driven species distribution models for tree species in the Bavarian Alps. *Journal of Vegetation Science* 22 (4), S. 635–646

Oberdorfer, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora, 7. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1050 S.

Schober, R. (1985): Neue Ergebnisse des II. Internationalen Lärchenprovenienzversuches von 1958/59 nach Aufnahmen von Teilversuchen in 11 europäischen Ländern und den USA. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 83. Frankfurt am Main 1985, 164 S.

Spekat, A.; Enke, W.; Kreienkamp, F. (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarien mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG 2005 auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI – OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES – Szenarien B1, A1B und A2. Projektbericht im Rahmen des F+E-Vorhabens 204 41 138 „Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland“, Mitteilungen des Umweltbundesamtes, 149 S.

Williams, J.W.; Jackson, S. T. (2007): Novel climates, no-analog communities, and ecological surprises. *Front Ecol Environ* 5, S. 475–482

Keywords: species distribution models, ecological niche, thresholds for cultivation

Summary: Even though European larch is a typical mountainous species it has also been cultivated in the lower mountain ranges and as a result will face increasing pressure from climate change. As a result the entire species is vulnerable and even trees from warmer provenances will also be affected by an increase in temperature. The uncertainties in our species distribution predictions arise from the unknown magnitude of climate change. Nevertheless, the cultivation of European larch beyond its natural range in the future will only succeed if the predicted warming is very moderate.