
Zedern und Riesenlebensbaum – welche Herkünfte sind bei uns geeignet?

Gerhard Huber und Claudia Storz

Schlüsselwörter: *Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*, *Thuja plicata*, Provenienz, Herkunftseignung, Klimawandel

Zusammenfassung: Verschiedene bisher in Bayern kaum angebaute Baumarten werden im Zuge des Klimawandels als möglicher Ersatz diskutiert. Erkenntnisse über herkunftsbedingte Wuchsunterschiede und ihre Standortsansprüche können wir aus Anbauerfahrungen, Herkunftsversuchen sowie aus wissenschaftlichen Experimenten gewinnen. Dabei zeigt sich, dass für mitteleuropäische Verhältnisse bisher nur wenige Kenntnisse vorliegen, die eine Risikoabschätzung erlauben oder konkrete Herkunftsempfehlungen ableiten lassen. Die in der Sondierungsstudie untersuchten Baumarten (*Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*, *Thuja plicata*) zeigen z.T. sehr große Herkunftsunterschiede im Wuchs, der Trockentoleranz sowie in ihrem Austriebs- und Wuchsabschlusseigenschaften. Daraus lassen sich Gefährdungen, z. B. durch Spätfrost oder Trockenperioden, ableiten. Für alle Baumarten und Herkunftsregionen gibt es jedoch derzeit keine aussagekräftigen Erkenntnisse über ihre aktuelle und zukünftige Anbaueignung in Bayern. Zudem ist der Bezug von Saatgut aus den Ursprungsländern für einige der genannten Baumarten bisher nicht oder nur schwer möglich.

Einige einheimische Baumarten sind durch den Klimawandel gefährdet. Längere Trockenphasen im Sommer oder Frühjahr, veränderte Niederschlagsmuster oder Extremereignisse werden dazu führen, dass einige Baumarten an ihre ökologischen Vorkommensgrenzen abgedrängt oder ihre Konkurrenzkraft geschwächt werden. Je nach ihrem natürlichen Verbreitungsschwerpunkt verlieren oder gewinnen Waldbaumarten an Übereinstimmung mit den für sie günstigen Klimabedingungen (Kölling 2007). In einigen Bereichen wird ein Baumartenwechsel notwendig werden. Die vorzuziehende Umbaufläche für Bayern wird derzeit auf über 250.000 ha geschätzt. Ein Waldumbau erfordert neben entsprechenden waldbaulichen Konzepten vor allem eine sichere Versorgung mit geeignetem Vermehrungsgut und standortgerechte Gastbaumarten wie es z. B. bei der Douglasie möglich ist. Ersatzbaumarten, die heimische Arten ersetzen sollen, müssen

sowohl forstwirtschaftlichen wie auch ökologischen Anforderungen genügen und ihr Anbaurisiko minimieren.

Da sich im Laufe der postglazialen Geschichte der Baumarten genetische Unterschiede durch Anpassung an den jeweiligen Standort und die jeweils vorherrschenden Klimabedingungen manifestiert haben, ist die Suche nach geeigneten Provenienzen notwendig. Nicht zuletzt zeigen die Erfahrungen bei der Einfuhr von fremdländischen Baumarten in den letzten 120 Jahren, dass die Herkunftsfrage für die erfolgreiche Einbürgerung von entscheidender Bedeutung ist.

Nachfolgend werden die Ergebnisse einer Sondierungsstudie zu Herkunftsfragen von drei Baumarten, die als möglicher Ersatz oder Ergänzung des Baumartenspektrums diskutiert werden, vorgestellt.

Libanonzeder (*Cedrus libani*)

Zur Gattung *Cedrus* gehören vier Arten (*Cedrus atlantica*, *C. libani*, *C. brevifolia*, *C. deodara*). Für den Anbau in Deutschland sind die Libanonzeder (*Cedrus libani*) und die Atlas-Zeder (*Cedrus atlantica*) von Interesse.

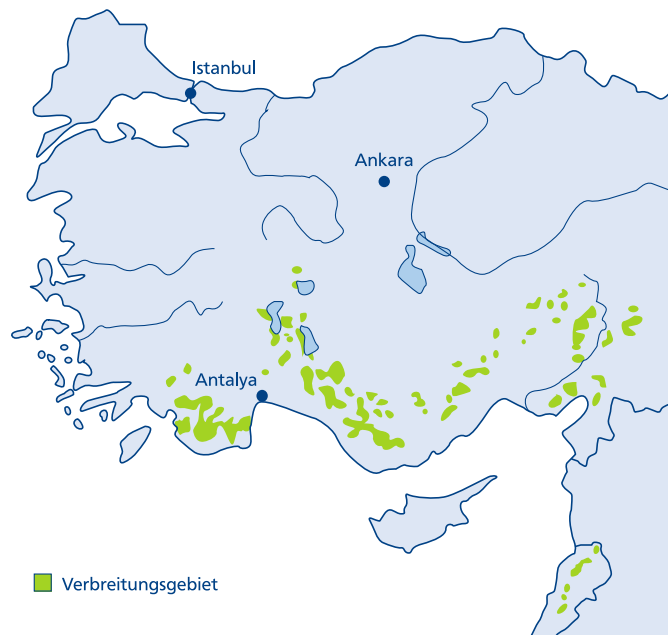
Verbreitung und ökologische Eigenschaften

(Angaben vorwiegend aus Mayer 1984, Ayasligil 1997, Akkemik 2003, Boydak et al. 2008, Hajar et al. 2010, Fusaro 2011)

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Libanonzeder (*Cedrus libani*) umfasst zwei Hauptareale (Abbildung 1): Süd- und Südwestanatolien in der Türkei und das hiervon geografisch getrennte Areal im Libanon und Syrien.

Das Areal in der Türkei umfasst einen großen Teil des westlichen und mittleren Taurusgebirges und des Amanusgebirges mit einer Anbaufläche von ca. 400.000 ha. Es ist aufgrund jahrhundertelanger Übernutzungen in viele inselförmige Einzelvorkommen aufgeteilt. Größere und zusammenhängende Zedernwälder finden sich noch im Westtaurus. In der Türkei werden derzeit jährlich ca. 30.000 ha mit der Libanon-

Abbildung 1:
Verbreitung der Libanonzeder
(*Cedrus libani*)
aus Hajar et al. 2010



zeder aufgeforstet. Im Libanon ist das Verbreitungsgebiet von ursprünglich 500.000 ha auf 1.700 ha zurückgegangen (FAO 2013). Aufforstungen außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets wurden in Italien, im Iran, in Bulgarien und in den Gebirgslagen Frankreichs sowie auf der Krim und in Usbekistan durchgeführt. In Mitteleuropa wird die Libanonzeder lediglich als Parkbaum angepflanzt. In Deutschland bzw. Bayern gibt es bisher keine forstlich nennenswerten Anbauten.

Die Libanonzeder besiedelt in den Ursprungsländern Höhenlagen zwischen 800 bis 2.100 m. Sie bildet oft die Waldgrenze. Im Taurusgebirge sind auch Vorkommen aus tieferen Lagen (500–800 m) bekannt. Die natürlichen Populationen an der südanatolischen Küste liegen im mediterranen Winterregengebiet. Niederschlagsreich sind die Teilareale im Amanus- und Aluitedgebirge (Syrien) und im Libanon. Höhere Lagen sind durch ein mediterranes Gebirgsklima mit Übergängen zum Steppenklima geprägt. In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet schwanken die jährlichen Niederschläge im Mittel zwischen 600 und 1.300 mm, in höheren Lagen bis über 2.000 mm. Während der Vegetationszeit von Mai bis September fallen im Ursprungsgebiet gewöhnlich nur etwa 5% bis 25% der jährlichen Niederschlagsmenge. Trockenperioden in den Sommermonaten mit einer Niederschlagsmenge von lediglich 50 bis 100 mm erträgt die Libanonzeder gut. In höheren Lagen kann die extreme Sommertrockenheit durch auftretende Nebelbildung abgemildert werden. Die Winterniederschläge fallen oft ab ca. 1.000 m als Schnee. Die Schneedecke kann bis zu 2 m mächtig werden und bis April liegen bleiben. Mit

Schneedruck kommt die Libanonzeder gut zurecht. Für das Wachstum sind aber unabhängig von Trockenperioden mindestens 600 mm (400 mm) Niederschlag pro Jahr erforderlich.

Die Jahresdurchschnittstemperaturen reichen von 6,0 bis 15,7 °C. Wintertemperaturen unter –16 °C führen zu Kältestress und vermehrten Ausfällen. Die extrem kalten Winter 1928/29 und 1956 führten in Deutschland zu erheblichen Ausfällen bei Parkbäumen. Die Libanonzeder gilt insgesamt als nicht so widerstandsfähig wie die Atlaszeder.

C. libani kommt mit kalkhaltigen und silikatischen Böden zurecht. In Frankreich wird der Anbau insbesondere auf kalkhaltigen Böden empfohlen. Durch die Ausbildung einer 2–3 m kräftigen Pfahlwurzel kann *C. libani* tiefere und frischere Lagen sowie felsige Standorte erschließen. Auf Grund ihrer geringen Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Baumarten, wird sie im natürlichen Areal oft auf Zwangsstandorte wie arme, steinige und harte und basische Böden zurückgedrängt. Hier besitzt sie nur geringe Zuwächse.

Anbau- und Herkunftsversuche

(Angaben aus Fady et al. 2008; Boydak et al. 2008; Bari-teau et al. 2011; Fusaro 2011; Gökdemir et al. 2011)

Anbau- und Herkunftsversuche sind aus der Türkei, Frankreich und Italien bekannt. Herkünfte aus der Türkei zeigen dabei in allen Versuchen (Türkei, Italien, Frankreich) ein besseres Wachstum als Herkünfte aus dem Libanon. Sie verfügen zudem über eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen Trockenperioden und da-



Abbildung 2: Zedernbestand (*Cedrus libani*) im südlichen Libanon Foto: M. Bou Dagher Kharrat

mit höhere Überlebensraten bei sommerlichen Dürreperioden. Türkische Herkünfte treiben zudem bis zu 20 Tage später aus als libanesische und sind daher weniger spätfrostgefährdet. In den Versuchen zeigen vor allem Herkünfte aus der Ost- und Zentraltürkei die beste Wüchsigkeit und höchste Überlebensfähigkeit. Herkünfte an der Grenze des Verbreitungsgebiets zeigen dagegen sehr häufig niedrige Überlebensraten und Mattwüchsigkeit. Das durchschnittliche Höhenwachstum der Libanonzeder ist im Vergleich zur Atlaszeder meistens geringer. Einige besonders wüchsige Herkünfte aus der Ost-Türkei erreichen jedoch eine vergleichbare Höhenwuchsleistung.

Für den Anbau der Libanonzeder werden in den Anbauländern folgende Herkunftsregionen empfohlen:

- Türkei: Herkünfte aus den zentral- und ostmediterranen Regionen
- Frankreich: Türkische Provenienzen aus dem östlichen Verbreitungsgebiet (Anti-Taurus)
- Italien: generell alle türkischen Herkünfte. Begründet wird dies mit dem späteren Austrieb, dem besseren Wachstum und einer längeren Wachstumsphase im Herbst.

Benötigtes Saatgut der Libanonzeder ist derzeit nur aus Frankreich und mit Einschränkungen aus der Türkei zu beziehen. Obwohl es in der Türkei ausgewiesene Erntebestände gibt und regelmäßige Beerntungen stattfinden ist der Bezug von Saatgut und insbesondere von speziellen Herkünften bisher mit hohem Aufwand verbunden.

Atlaszeder (*Cedrus atlantica*)

Die Atlaszeder umfasst derzeit eine Anbaufläche von ca. 250.000 ha – Marokko 184.000 ha, Algerien 38.000 ha, Frankreich 20.000 ha, Italien 4.000 ha (Bariteau et al. 2011). Nach Europa wurde die Atlaszeder in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts als Zier- und Parkbaum eingeführt. Erste forstliche Anbauten stammen aus dem Jahr 1862 in Südfrankreich am Mont Ventoux.

Verbreitung und ökologische Eigenschaften

(Angaben vorwiegend aus Mayer 1984; Bariteau et al. 2011; König 2012; Magri 2012)

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Atlaszeder ist stark fragmentiert und beschränkt sich auf die nordafrikanischen Bergregionen Marokkos (Rif, Mittlerer und Hoher Atlas) und Algeriens (Tell- und Sahara-Atlas). Ihre Waldfläche für die Atlaszeder umfasst derzeit noch ca. 145.000 ha, die teilweise aber stark degradiert sind.

Ihr Optimum hat die Atlaszeder in Plateaulagen des Mittleren Atlas in Höhen von 1.600 bis 2.200 m. Die Niederschläge sind dort relativ hoch bei 900–1.500 mm. Vom Mittleren Atlas (Azrou) lösen sich die Bestände gegen Osten immer weiter auf und nur die höchsten und niederschlagsreichsten Gebirge werden besiedelt. Die Waldgrenze wird unter natürlichen Bedingungen nicht von der Atlaszeder gebildet, da sie der zunehmenden Kälte und Trockenheit in den höheren Lagen nicht standhalten kann.

Das Vorkommen der Atlaszeder erstreckt sich über mehrere Höhenstufen mit unterschiedlichen Niederschlagsverhältnissen, die vor allem in den Wintermonaten fallen:

- mediterrane semiaride Höhenstufe im Sahara-Atlas (Algerien): 500–700 mm Niederschlag
- mediterrane subhumide Höhenstufe des kontinentalen Mittleren und Hohen Atlas: 700–1.000 mm
- humide Höhenstufe mit über 1.000 mm Niederschlag.

Das mediterrane Klima zeichnet sich durch eine ausgeprägte Trockenperiode im Sommer aus. Im Tell- und Sahara-Atlas wird das Klima entscheidend von den vom Meer her niederschlagsbringenden Winden be-

stimmt. Die Atlaszeder erträgt Temperaturen bis zu +40 °C, aber keine zu langen Kälteperioden. Im Vergleich zu anderen Baumarten besitzt sie eine sehr lange Wachstumsphase von Ende April bis Ende September. *C. atlantica* kommt sowohl auf kalkhaltigen wie auch auf silikatischen Böden vor. Für ein optimales Wachstum sind silikatische Böden jedoch geeigneter, während karbonatische Böden nur bei Tiefgründigkeit und ausreichender Niederschlagsmenge toleriert werden. Eine dichte Krautschicht oder Grasnarbe verhindert die natürliche Verjüngung. Erst zweijährige Pflanzen zeigen eine höhere Trockentoleranz.

Auf Standorten mit starker Trockenheit konkurriert sie mit Zedern-Wacholder (*Juniperus oxycedrus*), Aleppo-Kiefer (*Pinus halepensis*), See-Kiefer (*Pinus pinaster*) und Steineiche (*Quercus ilex*). Im feuchteren Klimabereich des Rif mit milden Wintern dominieren Eichenarten. Auch die Marokkanische Tanne (*Abies maroccana*) kann in die Zedernbestände einwandern.

Anbau- und Herkunftsversuche

(Angaben aus Nedjahi et al. 2001; Carvalho et al. 2011; Fusaro 2011; Bariteau et al. 2011; Sbay 2011; König 2012)

In den meisten Herkunftsversuchen wurden beide Zedernarten untersucht. Grundsätzlich zeigte sich, dass die Atlaszeder später austreibt als die Libanonzeder. Sie ist deshalb gegenüber Spätfrösten weniger gefährdet. Auch in der Wuchsleistung ist sie der Libanonzeder meist überlegen. Gegenüber Sommerdürre ist sie aber weniger widerstandsfähig als die Libanonzeder. Auch zeigten einige algerische Herkünfte eine höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber Trockenperioden im Sommer als Herkünfte aus Marokko.

In den französischen Versuchsanbauten (1970 und 1993) erwiesen sich Sekundär-Herkünfte der Atlaszeder aus Frankreich als sehr wüchsig. Eine gute Anpassungsfähigkeit auf allen Standorten zeigten fast alle Herkünfte aus Algerien. Als besonders geeignet für den Anbau erwiesen sich die französische Sekundär-Herkunft Mont Ventoux (algerischen Ursprungs), und die algerischen Herkünfte Tikjda und Barbors aus dem Tell-Atlas sowie die Herkunft Chélia aus dem Sahara-Atlas.

Auch in den Herkunftsversuchen in Italien (1983 und 1994) zeigte sich die gute Wüchsigkeit der Atlaszeder. Jedoch erreichten auch einige türkischen Herkünfte der Libanonzeder (Arslankoy, Sutlegen) ein ähnliches oder sogar besseres Höhenwachstum als die Atlaszeder. Deutliche Unterschiede zeigten sich auch beim Austrieb der marokkanischen Populationen. Die Herkünfte vom Rif (Marokko) treiben deutlich früher aus (7–15 Tage) als Herkünfte vom Hohen oder Mitt-



Abbildung 3: Verbreitung der Atlaszeder (*Cedrus atlantica*) – aus M'Hirit et al. 1994



Abbildung 4: Reife Zapfen der Zeder zerfallen am Baum
Foto: G. Huber

leren Atlas. Für Italien werden daher Herkünfte aus dem Mittleren und Hohen Atlas empfohlen. Versuche in Algerien belegen, dass Herkünfte aus dem Sahara-Atlas besser an trockene Klimabedingungen angepasst sind. In Ungarn wurden waldwachstumkundliche Versuche auf trockenen Standorten begründet (König 2012). Für das Alter 36 wurde ein Holzvorrat von 550 m³ ermittelt. Das Wachstum in der Jugend ist sehr langsam, nimmt jedoch mit dem Alter stärker zu. In Mitteleuropa

wurden bisher keine Herkunftsversuche oder nennenswerte Anbauten angelegt.

Anbaueignung

Beide Zedernarten gelten als weitgehend bodenvag und können deshalb sowohl auf kalkhaltigen als auch auf silikatischen Böden angebaut werden. Zufriedenstellende Wuchsleistungen erzielten sie bei Niederschlägen über 600 mm, wobei die Atlaszeder anspruchsvoller erscheint als die Libanonzeder. Trockenperioden, wie sie für Süddeutschland erwartet werden, können von beiden Zedernarten sicherlich ohne zu große Ausfälle überstanden werden. Bei Trockenperioden im Pflanzjahr ist jedoch mit erhöhten Ausfällen zu rechnen.

Ausgesprochene Frostlagen sind für die Atlaszeder Ausschlussstandorte, Wintertemperaturen unter -16 °C führen zu Kältestress und vermehrten Ausfällen. Aufgrund ihres späten Austriebs gilt die Atlaszeder generell als spätfrosttoleranter als die Libanonzeder. Allerdings gibt es auch deutliche Austriebsunterschiede zwischen den Herkünften im Verbreitungsgebiet. Bei Spätfrostgefährdung sind daher frühtreibende Herkünfte vom Rif weniger geeignet. Im Wachstum ist die Atlaszeder der Libanonzeder meistens überlegen. Im semiariden Klimabereich erweist sich jedoch die Atlaszeder als nicht so wüchsig, und die Überlebensrate und Widerstandsfähigkeit gegen Sommerdürre ist geringer als bei türkischen Herkünften der Libanonzeder.

Für den Anbau der Atlaszeder sollten folgende Gesichtspunkte berücksichtigt werden.

- Bei wiederkehrenden Trockenperioden sind Herkünfte der Atlaszeder aus dem Mittleren Atlas, dem Sahara-Atlas sowie dem Tell-Atlas (Algerien) geeignet, da sie eine höhere Trockentoleranz besitzen.
- Die französischen Sekundär-Herkünfte der Atlaszeder aus Frankreich erweisen sich als besonders wüchsig. Allerdings sind sie spätfrostgefährdeter als z. B. Herkünfte aus Marokko, da sie früher austreiben.
- Der Bezug von Herkünften der Atlaszeder aus den Ursprungsländern in Nordafrika ist derzeit nicht möglich, da in beiden Ländern keine kommerziellen Ernten durchgeführt werden und es keine Saatgutlieferanten bzw. zuständige Stellen gibt, die Saatgut bereitstellen können. Der Bezug von Zedern-Herkünften aus den gewünschten Herkunftsregionen kann daher nur über eine intensive Zusammenarbeit oder Kooperation mit forstlichen Institutionen in beiden Ländern erreicht werden.

Für beide Zedernarten gibt es jedoch im gesamten mitteleuropäischen Raum keine Versuche oder forstliche Anbauten, aus denen die Anbaueignung für die lokalen Standortsverhältnisse abgeleitet bzw. eingeschätzt werden können. Geeignete Herkünfte beide Zedernarten sind durch Herkunftsversuche in Bayern zu überprüfen.

Riesenlebensbaum (*Thuja plicata*)

Die Gattung *Thuja* umfasst sechs Arten, von denen drei in Asien und drei in Nordamerika beheimatet sind (Schütt et al. 1984). Nach Deutschland wurde *T. plicata* erstmals 1776 eingeführt und 1880 in das Anbauprogramm für ausländische Baumarten durch die forstlichen Versuchsanstalten aufgenommen (Heinsdorf 2002).

Verbreitung und ökologische Eigenschaften

(Angaben vorwiegend aus Schenck 1939; Krüssmann 1983; Minore 1990; Wicker 2001; Grossnickle et al. 2010)

Das natürliche Verbreitungsgebiet von *T. plicata* reicht von Alaska bis Kalifornien und im Osten bis Idaho (Abbildung 5). Sie besiedelt die Küstengebirge entlang des Pazifiks, die Pudget-Senke und das Kaskadengebirge sowie im östlichen Vorkommensgebiet den nördlichen Teil der Rocky Mountains.

Im Küstenbereich besiedelt sie vor allem Lagen von 0 bis 1.400 m (max. 2.300 m bei Crater Lake, Oregon) mit einem Optimum auf der Olympischen Halbinsel (Nebelzone). Im Inlandsbereich besiedelt sie Höhenlagen von 300 bis ca. 2.100 m. Ihre Wuchsleistung geht mit Zunahme der Höhe und von West nach Ost zurück.

T. plicata deckt eine große Standortsamplitude ab, von schwach trocken bis feucht und nährstoffarm bis nährstoffreich. Sie besiedelt sowohl Böden aus vulkanischen Aschen und Bimsstein, alluvialen Substraten, grobkörnigen Granit-Verwitterungsböden als auch Lehm- und Lössböden sowie flachgründige Böden über Kalkgrundgestein. Bevorzugt werden frische bis feuchte und tiefgründige Böden mit pH-Werten zwischen 4,5 bis 6,5. Ungeeignet sind staunasse oder trockene und grob sandige Böden.

Der Riesenlebensbaum gilt allgemein als winterhart (Kälte-Widerstandszone 6, $-17,8$ bis $-23,2\text{ °C}$), reagiert jedoch aufgrund seines flachen Wurzelwerks empfindlich auf Dürre. Er ist durch Früh- und Spätfrost gefährdet.

Typisch für den Küstenbereich ist die Nebelzone, die im Sommer zusätzlich für Feuchtigkeit sorgt und als wichtiger Wachstumsfaktor dient. Trockene und warme Standorte werden durch *T. plicata* selten besiedelt.



■ Verbreitungsgebiet

Abbildung 5: Verbreitungsgebiet des Riesenlebensbaums (*Thuja plicata*) nach Little 1971 – USGS



Abbildung 6: 90- bis 100-jähriger Bestand des Riesenlebensbaums (*Thuja plicata*) im Versuchsgarten Grafath in Bayern Foto: G. Huber

In den Rocky Mountains bevorzugt sie hauptsächlich Standorte an Bachufern, Flussterrassen oder an feuchtkühlen Nordhängen.

Ihr langsames Jugendwachstum macht sie in den ersten Jahren anfälliger bei Dürre und empfindlicher für Sonnenbrand. Die Abnahme der Frosttoleranz erfolgt bei Herkünften niedriger Höhenlage schneller als bei höher gelegenen Populationen.

T. plicata wird von verschiedenen Pilz- und Insektenarten befallen. Zu den wichtigsten Schädigungen gehört die »Zedern-Nadelbleiche« (*Didymascella Thujiina*), eine in ihrer Heimat und auch bereits in Europa verbreitete Pilzkrankung. Sie führt bei wiederholtem Befall zum Absterben ganzer Triebe und zu erheblichen Ausfällen bei Sämlingen. Auch der Befall durch Hallimasch (*Armillaria* sp.) kann zu ernsthaften Schäden führen.

Reinbestände bildet der Riesenlebensbaum selten aus. Charakteristisch für *T. plicata* ist das Vorkommen in kleinen und dichten Gruppen. Ihr Verbreitungsgebiet deckt sich sehr stark mit *Tsuga heterophylla*. Häufig ist sie z. B. mit Douglasie, Großer Küstentanne, oder in der Küstenregion mit Sitkafichte sowie im Inlandareal mit *Larix occidentalis* oder *Pinus monticola* vergesellschaftet.

Gewöhnlich wird sie von der Douglasie, der Großen Küstentanne und der Westlichen Hemlocktanne überwachsen. Die äußerst schattenertragende Baumart harrt aber oftmals Jahrzehnte unter dem Schirm aus. Wird sie freigestellt, wächst sie schnell in die Höhe, vergleichbar mit unserer Weißtanne. Das Triebwachstum wird nicht zu einem bestimmten Zeitpunkt eingestellt, wie bei vielen unserer Nadelbäume, sondern wird von der Temperatur gesteuert.

Anbauerfahrungen und Herkunftsversuche

(Angaben vorwiegend aus Schenck 1939; MacDonald et al. 1957; Minore 1983; Heymann 1989; Wicker 2001; Lockow 2002; Kristöfel 2003; Russell 2010)

In Mitteleuropa werden die bisherigen Anbauten insgesamt positiv beurteilt. Besonders gut gedeiht *T. plicata* im atlantisch geprägten Europa, ohne aber die Wachstumsleistungen ihrer Heimat zu erreichen. Auf günstigen mitteleuropäischen Standorten kann sie im Alter 80 Höhen von über 30 m und Durchmesser von bis zu 60 cm erreichen. In einem bereits 1897 von Cieslar in der Nähe von Wien angelegten Versuch wurde z. B. im Alter von 105 Jahren eine Oberhöhe von über 30 m und ein Gesamtvorrat von über 1.000 Vfm (Vorratsfestmeter) ermittelt. Bei Versuchsanbauten in Niedersachsen (Rosengarten, Aurich) wurden im Alter von 71 Jahren Höhen zwischen 20 und 26 m gemessen, in Chorin und

Freienwalde (Brandenburg) im Alter von 100 Jahren Oberhöhen zwischen 30m und 38m. Die Volumenleistung ist in der Regel höher als die der Fichte.

In Großbritannien wurden ab 1876 erste Anbauten in Benmore begründet. Die beste Entwicklung zeigte sich auf tiefen, gut drainierten Böden, auf trockenen und vernässten Standorten waren die Ausfälle hoch. Optimal für ihren Wuchs waren auch hier mildes und feuchtes Klima. Wie bei vielen Anbauten ist auch hier über die verwendeten Herkünfte wenig bekannt. 1962/1963 folgte dann in Großbritannien ein erster Herkunftsversuch, bei dem deutliche Unterschiede in der Wuchsleistung erkennbar wurden. Gut wüchsige Herkünfte kamen von der Olympischen Halbinsel (Joyce, Sequim) in Washington und vom Inland von British Columbia (Shuswap Lake). Mittlere Wüchsigkeit zeigten Herkünfte von Vancouver Island (Ladysmith, Alberni) sowie Herkünfte der Westkaskaden in Washington. Schlechtwüchsige Herkünfte stammten aus den nördlichen Küstenregionen (Queen Charlotte Islands, Skeena River).

1976 wurde in Nordrhein-Westfalen ein Herkunftsversuch mit Herkünften aus British Columbia und Washington angelegt. Es zeigten sich erhebliche Austriebsunterschiede zwischen den Küsten- und Inlandsherkünften. Kanadische Inlandsherkünfte waren sehr frosthart, während solche aus der kanadischen Küstenregion und den Nordkaskaden geschädigt wurden. Eine gute Höhenentwicklung erreichten insbesondere die Herkünfte Tenino (Olympische Halbinsel), Randle (Westkaskaden in Washington) und die kanadischen Inlandsherkünfte aus British Columbia bei Shuswap Lake (Blind Bay, Eagle Bay). Schlechte Ergebnisse erzielten die Herkünfte Terrace und Cedarvale aus dem Küstengebirge von British Columbia. In British Columbia (Kanada) wurden in den Jahren 1991 bis 1998 insgesamt 23 Versuchsflächen mit neun bis 26 Populationen angelegt. Ziel war es Klimatransfer und -antwortfunktionen für *Thuja plicata* zu erstellen. Dabei wurden die Herkünfte in regionale Gruppen zusammengefasst. Ein Transfer von Herkünften aus British Columbia nach Süden in Regionen mit längeren Wuchsperioden, milderem Winter und wärmerem Herbst und Frühjahr führt zu einer Produktivitätssteigerung. Dabei hatten warm-feuchte Bedingungen während der Vegetationszeit die größten Auswirkungen auf die Wüchsigkeit.



Abbildung 7: Zweig von *Thuja plicata* Foto: G. Huber

Herkunftsunterschiede

(Angaben vorwiegend aus Minore 1990; Wicker 2001; Krakowski et al. 2009; Grossnickle et al. 2010; Russell et al. 2012)

T. plicata gehört zu den Nadelbaumarten mit der geringsten genetischen Variabilität im Vergleich zu anderen nordamerikanischen Nadelbäumen. Es bestehen aber Resistenzunterschiede bei kurzzeitiger Trockenheit. Inlandsherkünfte zeigen eine größere Trockenheitstoleranz und eine größere Wassernutzungseffizienz als Küstenpopulationen. Die Küstenherkünfte erwiesen sich generell als weniger frosthart als die Inlandsherkünfte. Küstenpopulationen oberhalb von 500m sind insgesamt stärker von der Zedern-Nadelbleiche betroffen als Herkünfte aus tiefen Lagen. Als wenig resistent erwiesen sich vor allem Herkünfte aus dem südlichen Verbreitungsgebiet in Kalifornien. Die Untersuchungen zeigten zudem, dass die Frostresistenz und die Resistenz gegen die Zedern-Nadelbleiche in gleicher Weise vererbt werden, d.h. Bäume mit geringer Frosthärte haben auch eine geringe Resistenz gegen Zedern-Nadelbleiche.



Abbildung 8: Naturverjüngung von *Thuja plicata* unter Schirm Foto: G. Huber

Anbaueignung

Die bisherigen Anbauerfahrungen bekräftigen die Anbauwürdigkeit von *T. plicata*. Insbesondere unter Bedingungen mit ozeanischem bzw. atlantischem Klimacharakter erreicht sie gute Wachstumsleistungen. Sie benötigt zum guten Gedeihen aber mindestens 900 mm Niederschlag. Längere Sommerdürre wird nur dann ertragen, wenn ausreichende Bodenfeuchtigkeit vorhanden ist. Sie gilt zwar in Mitteleuropa als winterhart, ist jedoch früh- und spätfrostempfindlich, wodurch besonders gefährdete Gebiete für den Anbau ausscheiden. Als schattentolerante Baumart ist sie waldbaulich vielseitig einsetzbar, z. B. für einen Voranbau unter Schirm. Im Nadelholzbereich könnte sie eine Alternative zum Fichten- oder Douglasienanbau sowie als Mischbaumart für Buche, Eiche oder Roteiche darstellen.

Gut geeignet erscheinen Herkünfte von der Olympischen Halbinsel und den tieferen Lagen der Westkaskaden Washingtons. Zum Teil überschneiden sich diese Gebiete mit den bevorzugten Importgebieten für Douglasiensaatgut. Aber auch Inlandsherkünfte aus British Columbia zeigen eine gute Wüchsigkeit. Herkünfte aus dem nördlichen und südlichen Verbreitungsgebiet scheinen insgesamt weniger geeignet zu sein.

Im Gegensatz zur Douglasie treten bei *T. plicata* jedoch einige Schadorganismen auf (z. B. Nadelbleiche) weshalb die höhere Resistenz bei der Herkunftsauswahl berücksichtigt werden muss. Für den Anbau in Süddeutschland liegen noch keine Erfahrungswerte vor. Daher werden hier Herkunftsversuche mit dem Riesenlebensbaum als notwendig erachtet.

Literatur

Wegen der umfangreichen Literatur können nur die wichtigsten Titel zitiert werden.

Akkemic, Ü. (2003): Tree rings of *Cedrus libani* at the northern boundary of its natural distribution. In: IAWA Journal, Vol. 24 (1), S. 63–73

Ayasligil, Y. (1997): *Cedrus libani*. In: Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. 10. Erg. Lfg. Landsberg am Lech: Ecomed. Band III-1

Bariteau, M.; Vauthier, D. (2011): Main results from the French cedar comparative field test network. In: Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources. CRA SEL, Arezzo and FAO – *Silva Mediterranea*. Rome, Italy, S. 61–64

Boydak, M.; Çalikoglu, M. (2008): Biology and silviculture of lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.). 1. Aufl. Ankara: Ogem-Vak

Carvalho, J.; Loureiro, A.; Bariteau, M. (2011): Provenances trial of *Cedrus atlantica* Manetti in north-eastern Portugal. In: Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources. CRA SEL, Arezzo and FAO – *Silva Mediterranea*. Rome, Italy, S. 65–67

Fady, B.; Lefèvre, F.; Vendramin G.; Ambert, A.; Régnier, C.; Bariteau, M. (2008): Genetic consequences of past climate and human impact on eastern Mediterranean *Cedrus libani* forests. Implications for their conservation. In: *Conserv Genet.* 9, S. 85–95

FAO (2013): State of Mediterranean Forests 2013. URL: <http://www.fao.org/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=oaR1ww+7qp> [Stand: 28.02.2014]

Fusaro, E. (2011): *Cedrus atlantica* and *Cedrus libani* provenances tests. Synthesis of the research carried out in Italy. In: Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources. CRA SEL, Arezzo and FAO – *Silva Mediterranea*. Rome, Italy, S. 68–74

Grossnickle, S.C.; Russell, J.H. (2010): Physiological variation among western redcedar (*Thuja plicata* Donn ex D. Don) populations in response to short-term drought. *Ann. For. Sci.* 67, 506, S. 1–11

Gökdemir, S.; Dagas, S. (2011): Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) provenance trials in central region of turkey. In: Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources. CRA SEL, Arezzo and FAO – *Silva Mediterranea*. Rome, Italy, S. 75–80

Hajar, L.; Francois, L.; Khater, C.; Jomaa, I.; Déqué, M.; Cheddadi, R. (2010): *Cedrus libani* (A. Rich) distribution in Lebanon: Past, present and future. Elsevier Masson SAS. *Comptes Rendus Biologies* 333, S. 622–630

- Heinsdorf, D. (2002): Zum Einfluss einiger wichtiger ausländischer Baumarten auf den Bodenzustand, dargestellt an ausgewählten Anbauversuchen in der Lehoferforsterei Freienwalde. In: *Ausländische Baumarten in Brandenburgs Wäldern*. Landesforstanstalt Eberswalde. Berlin: Hendrik Bäbeler Verlag, S. 137–160
- Heymann, P. (1989): Erste Ergebnisse eines Herkunftsversuchs mit *Thuja plicata* in Westdeutschland. In: *Anbau fremdländischer Baumarten im Lichte der gegenwärtigen Waldschäden*. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Angewandte Wissenschaft. Heft 370. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S. 195–209
- Kölling C.; Zimmermann, L. (2007): Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 67 (2007) Nr. 6
- König, A.O. (2012): *Cedrus atlantica*. In: *Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie*. 60. Erg. Lfg. Weinheim: Wiley-VCH. Band III-1
- Krakowski, J.; Chourmouzis, C.; Yanchuk, A.D.; Kolotelo, D.; Hamann, A.; Aitken, S.N. (2009): Forest tree genetic conservation status report 2: genetic conservation status of operational tree species. Centre for Forest Conservation Genetics, Forest Genetics Council of British Columbia and B. C. Min. For. Range. For. Sci. Prog. Victoria, B. C. Tech. Rep. 054. URL: <http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Tr/Tr054.htm> [Stand 10.01.2014]
- Kristöfel, F. (2003): Über Anbauversuche mit fremdländischen Baumarten in Österreich. BFW-Berichte. Schriftenreihe des Bundesamtes und Forschungszentrums für Wald. Wien. Nr. 131
- Krüssmann, G. (1983): *Handbuch der Nadelgehölze*. 2. Aufl. Hamburg, Berlin : Paul Parey, S. 605–607
- Lockow, K.-W. (2002): Ergebnisse der Anbauversuche mit amerikanischen und japanischen Baumarten. In: *Ausländische Baumarten in Brandenburgs Wäldern*. Landesforstanstalt Eberswalde. Berlin: hendrik Bäbeler Verlag, S. 41–101
- MacDonald, J.; Wood, R.F.; Edwards, M.V.; Aldhous, J.R. (1957): *Exotic Forest Trees in Great Britain*. Paper prepared for the British Commonwealth Forestry Conference Australia and New Zealand 1957. London: Her Majesty's stationery office. Forestry commission bulletin no. 30
- Magro, D. (2012): Quaternary history of *Cedrus* in southern Europe. In: *Annali di botanica*, Rom, 2, S. 57–66
- Mayer, H. (1984): *Wälder Europas*. Stuttgart ; New York: Fischer
- M'Hirit, O., Samih; A. Malagnoux, M. (1994): *Le Cedre de l'Atlas*; *Annales de la Recherche Forestiere au Maroc*
- Minore, D. (1983): *Western Redcedars – A literature review*. Portland, Oregon: USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-150. 70 S.
- Minore, D. (1990): *Thuja plicata* Donn ex D. Don. Western Redcedar. In: *Silvics of North America*. Volume 1. Conifers. Washington D. C.: USDA Forest Service, 22 S.
- Nedjahi, A.; Zannidouche, O. (2011): Variabilite intraspecificque du cedre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en Algerie. In: *Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources*. CRA SEL, Arezzo and FAO – *Silva Mediterranea*. Rome, Italy, S. 81–84
- Russell, J.H.; Krakowski, J. (2010): Yellow-cedar and Western redcedar adaption to present and future climates. In: *A Tale of Two Cedars*. International Symposium on Western Redcedar and Yellow-Cedar. General Technical Report. PNW-GTR-828. Portland: U.S. Department of Agriculture, S. 65–70
- Russell, J.H.; Yanchuk, A.D. (2012): Breeding for Growth Improvement and Resistance to Multiple Pests in *Thuja plicata*. In: *General technical report PSW-GTR 240*, S. 40–44
- Sbay, H. (2011): Amelioration du Cedre au Maroc. In: *Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources*. CRA SEL, Arezzo and FAO – *Silva Mediterranea*. Rome, Italy, S. 85–87
- Schenck, C.A. (1939): *Fremdländische Wald- und Parkbäume*. Die Nadelhölzer. Berlin: Paul Parey. Bd. 2, S. 103–107
- Schütt, P.; Lang, K.J.; Schuck, H.J. (1984): *Nadelhölzer in Mitteleuropa*. Bestimmung, Beschreibung, Anbaukriterien. Stuttgart, New York: Gustav Fischer
- Wicker, E.F. (2001): *Thuja plicata*. In: *Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie*. Landsberg am Lech: ecomed. 25. Erg. Lfg. 9/01. Band III-1

Keywords: *Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*, *Thuja plicata*, origin, climate change, suitability, provenance, trial

Summary: Various tree species not cultivated in Bavaria up to now are discussed in the context of climate change as a possible substitute. We can derive knowledge on provenance depended growth differences and habitat requirement from experiences in forests, provenance trials and scientific experiments. So far this shows that for Central European conditions there is few available knowledge, which allows risk assessment or provenance recommendations. The in the study examined tree species (*Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*, *Thuja plicata*) show some large provenance differences in growth performance, drought tolerance and in sprouting and growth termination. From this, hazards such as late frost or drought can be derived. For all these tree species and regions of origin, however, there is no significant evidence about their current and future suitability for cultivation in Bavaria. In addition, the import of seed for some of these species from the countries of origin has until now not been or only to some extent been possible.