

Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. (MDDG)	106	93–107	2021	ISBN 978-3-494-01873-7
-------------------------------------	-----	--------	------	------------------------

Mammutbäume – eine Option im Klimawandel für die Forstwirtschaft in Deutschland?

MIRKO LIESEBACH und CHRISTOPH RIECKMANN

Zusammenfassung

Bei der Suche nach Alternativbaumarten im Klimawandel werden auch die Mammutbäume genannt. Dabei handelt es sich um drei Arten aus jeweils unterschiedlichen Gattungen. Nach einer Vorstellung der Arten werden Ergebnisse von Versuchen des Thünen-Instituts vorgestellt. Vom Riesenmammutbaum existiert ein Herkunftsversuch, vom Küstenmammutbaum eine Klonprüfung und vom Urweltmammutbaum Anbauerfahrungen. Durch seine Wuchsleistung stellt sich der Riesenmammutbaum als am erfolgversprechendsten dar. Ein Anbaurisiko ist jedoch das zunehmende Auftreten des *Botryosphaeria*-Triebspitzensterbens. Beim Küstenmammutbaum wirkt seine geringe Frosttoleranz limitierend und der Urweltmammutbaum benötigt eher gut wasserversorgte Standorte.

Abstract

When looking for alternative tree species in context of climate change, redwoods are also mentioned. There are three species each belonging to separate genera. A short description of the species is followed by the results of experiments by the Thünen Institute. A provenance trial exists with giant sequoia, a clone test with coastal redwood and cultivation experience with the dawn redwood. Due to its growth performance, the giant sequoia is the most promising. A cultivation risk, however, is the increasing incidence of shoot and branch dieback caused by *Botryosphaeria*. In the case of the coastal redwood, frost hardiness is the limiting factor, while dawn redwood needs sites with a good water supply.

1 Einleitung

Die Folgen des Klimawandels sind in weiten Teilen Deutschlands unübersehbar. In den letzten Jahren traten immer häufiger extreme Witterungsereignisse wie Hitze, Trockenheit und Stürme, aber auch Überschwemmungen auf. Nadelholzbestände mit Fichte (*Picea abies*) und Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) weisen infolge von Niederschlagsmangel, hohen Temperaturen und Insektenbefall in weiten Teilen Deutschlands Schäden großen Ausmaßes auf. Aber auch die bisher vielfach als Hoffnungsträger gehandelte Rot-Buche (*Fagus sylvatica*) verzeichnet deutschlandweit enorme Vitalitätsverluste. Angesichts dessen bedarf es in der Forstwirtschaft Alternativen zum bisher gängigen Baumartenportfolio.

Daher ist die Suche nach möglichen Alternativbaumarten in den Fokus der Fortwissenschaft gerückt. Neben seltenen heimischen Baumarten denkt man beim Waldumbau und der Wiederbestockung von Schadflächen auch an nichtheimische Arten. Um langfristig Engpässe bei der Nadelstammholzversorgung zu vermeiden, sollen auch mögliche klimatolerante Nadelbaumarten mit hoher Wuchsleistung in Erwägung gezogen werden. Dabei wird der Mammutbaum genannt – genauer die Mammutbäume.

Die Mammutbäume sind Nadelgehölze und gehören zur Familie der Zypressengewächse (Cupressaceae, früher Taxodiaceae). In dieser bilden sie eine Unterfamilie (Sequoiioideae), die drei Gattungen mit je einer lebenden Mammutbaumart (Tab. 1) enthält:

- *Sequoiadendron giganteum* [LINDL.] BUCHH. (Berg- oder Riesenmammutbaum, Riesensequoie, Wellingtonie)

Tab. 1: Charakteristika der Mammutbäume.

Art	<i>Sequoiadendron giganteum</i>	<i>Sequoia sempervirens</i>	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>
Heimat	Westhänge der kalifornischen Sierra Nevada; 1370–2300 m ü. NN	nordamerikanische Pazifikküste (Oregon, Kalifornien); Meereshöhe bis 900 m ü NN	Bergregionen der Provinzen Sichun, Hubei und Hunan der VR China; 750–1500 m ü. NN
Laubrythmus	immergrün	immergrün	sommergrün
Blattform	spiralig angeordnete, nicht gekrümmte, pfriemliche Nadeln	zwei Blattformen: (1) spiralig an Langtrieben anliegende Schuppenblätter (2) nadelförmige Blätter, die spiralig an Langtrieben oder zweizeilig an Kurztrieben stehen	nadelförmig an Langtrieben spiralig und an Kurztrieben gescheitelt und weitestgehend gegenständig angeordnet
Harzkanäle	Nadeln mit einem Harzkanal unter Leitbündel	drei Harzkanäle, davon einer unter Leitbündel	drei Harzkanäle, davon einer unter Leitbündel
Ploidie	diploid (2n = 22)	hexaploid (2n = 66), (aber auch 2n = 22 oder 44)	diploid (2n = 22)
Samenreife	im 2. Jahr; Zapfen verbleiben bis 20 Jahre am Baum	im 1. oder 2. Jahr	im 1. Jahr
Stamm, Rinde	abholzige Stämme, tief gefurchte, längsrissige, rötlich-braune, bis 50 cm dicke Borke von schwammig-faseriger Konsistenz, tanninhaltig und harzfrei (Schutz vor Feuer)	astfreie, säulenförmige, bis über 110 m hohe Stämme, sich in langen Streifen vom Baum lösende, grau verwitternde, bis 30 cm dicke Borke	rotbraune, in dünnen Platten abblätternde Borke bei jungen Bäumen, später Streifenborke
Holz	hohe Dauerhaftigkeit des Kerns, innere Astigkeit, durch viele kleine Risse Sprödigkeit des Kernholzes, weitgehend harzfrei	hohe Dauerhaftigkeit des Kerns, Astreinheit, hervorragende technische Eigenschaften, keine Harzkanäle, leicht zu bearbeiten, geruchsfrei	weiches, leichtes, gut zu bearbeitendes Holz
Wurzelsystem	flach, weitreichend	Flachwurzler, Stockausschläge, Wurzelbrut	tiefreichendes Wurzelsystem
Quelle	SCHÜTT 1994	SCHÜTT & LANG 1996	SHEN 1994

- *Sequoia sempervirens* [D. DON] ENGL. (Küstenmammutbaum, Küstensequoie)
- *Metasequoia glyptostroboides* HU et CHENG (Urweltmammutbaum, Chinesische Wassertanne, Chinesisches Rotholz)

Im Folgenden werden Ergebnisse aus Herkunftsversuchen und Klonprüfungen mit Mammutbäumen am Thünen-Institut für Forstgenetik (Großhansdorf) vorgestellt.

2 *Sequoiadendron giganteum*

Der Riesenmammutbaum (*Sequoiadendron giganteum*) beeindruckt durch seine gewaltigen Dimensionen und seine Seltenheit als Relikt auch den Fachmann. Natürlich kommt er in sieben Counties entlang der kalifornischen Sierra Nevada auf ca. 430 km in Nord-Süd-Ausdehnung verteilt auf Einzelpopulationen („Groves“) vor, die Flächen befinden sich fast ausschließlich in Staatseigentum. Die Vorkommen konzentrieren sich auf Höhenlagen zwischen 1370 und 2300 m ü. NN. Das Klima ist gekennzeichnet durch schneereiche Winter und nahezu niederschlagsfreie Sommer mit häufigen Waldbränden. Dabei entsprechen die Mitteltemperaturen von Januar und Juli etwa denen Mitteleuropas (BECKING 1959).

Nach Europa wurde der Riesenmammutbaum in der Mitte des 19. Jh. eingeführt und hat sich seitdem als weitgehend winterharter Parkbaum bewährt (SCHÜTT 1994). Auf Veranlassung des württembergischen Königs WILHELM I. kamen im Jahr 1865 die Mammutbäume in nennenswertem Umfang nach Süddeutschland. Aus dieser Zeit stammen zahlreiche Einzelbäume und Bestände der Baumart von beeindruckendem Wachstum (KRÜGER 2014).

Eine verstärkte Einführung der Art nach dem Zweiten Weltkrieg ist der Familie MARTIN (Kaldenkirchen) und ihrer Verbesserung der Anzuchtmethoden zu verdanken (z. B. MARTIN 1957/58).

Die wenigen größeren Anbauten mit *Sequoiadendron* übertreffen in ihrer Wuchsleistung alle uns bekannten Baumarten. Dies war für den damaligen Leiter des Instituts für Forstgenetik (Großhansdorf), Prof. WOLFGANG LANGNER, Grund genug, vier aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet

erhaltene Absaaten von *Sequoiadendron giganteum* bezüglich ihrer Wuchsleistung auf drei gut wasser-versorgten Standorten in Deutschland zu untersuchen (MELCHIOR & HERRMANN 1987, 1989). Versuchsziel war die Prüfung der Anbaueignung sowie die Erfassung der Variation innerhalb und zwischen Herkünften.

2.1 Material und Methoden

Das Saatgut aus vier Beständen (Tab. 2, Abb. 1) hatte das Institut über Dr. CARL E. OSTROM, Direktor des Timber Management und Research Bu-

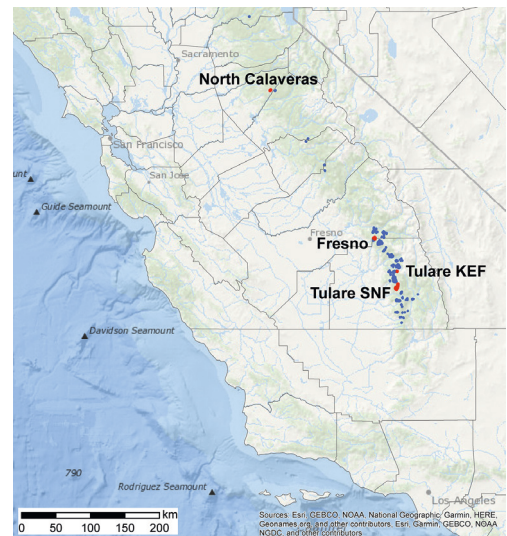


Abb. 1: *Sequoiadendron giganteum*: natürliche Vorkommen (blau) und Einsammlungsorte (rot) in Kalifornien/USA.

Tab. 2: Angaben zu Ursprung und Saatguternte, -menge der 4 Herkünfte. KEF = Kaweah River East Fork; SNF = Sequoia National Park – Mountain Home Grove.

Herkunft	North Calaveras	Fresno	Tulare KEF	Tulare SNF
Geogr. Breite	38° 15' N	36° 45' N	36° 26' N	36° 15' N
Geogr. Länge	120° 18' W	118° 59' W	118° 42' W	118° 39' W
Höhe	1400 m	1800 m	1800 m	1700 m
Erntejahr	1960	1960	1957	1960
Quantität	16 g	18 g	17 g	20 g
Tausendkornmasse	4 g	5 g	5 g	5 g



Abb. 2: Lage der Versuchsflächen der Serie mit *Sequoiadendron giganteum*. S = Straßenhaus (Rheinland-Pfalz [RP]), R = Reinhausen (Niedersachsen [NI]), G = Großhansdorf (Schleswig-Holstein [SH]).



Abb. 3: Versuchsfläche Straßenhaus Seq 3 (I.+ III. Wdh., links und II. + IV. Wdh., rechts) mit *Sequoiadendron giganteum* im Alter 45. Fotos: M. LIESEBACH.

reau des USDA, Forest Service, Washington im Frühjahr 1967 für den geplanten Versuch erhalten. Eine Absaat stammt aus einem isoliert gelegenen Grove im nördlichen Teil des Verbreitungsgebiets, während die anderen in Bestände des südlichen Verbreitungsgebiets gesammelt wurden. Die Bestände liegen in Höhenlagen zwischen 1400 und 1800 m ü. NN. Weitere Angaben u. a. zur Saatgutmenge und Tausendkornmasse (TKM) sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Am 2.5.1967 wurden je 10 g Saatgut (von Herkunft 3 nur 8 g) in den Lagen der Baumschule des Thünen-Instituts (damals noch Bundesforschungs-

anstalt für Forst und Holzwirtschaft) ausgesät. Die Sämlinge dieser Aussaat sind zum größten Teil eingegangen, so dass am 14.7.1967 das verbliebene Saatgut im Sprühnebelgewächshaus ausgesät wurde. Mit einjährigen Sämlingen dieser Aussaat wurde auf dem Institutsgelände in Großhansdorf (Schleswig-Holstein) am 24.6.1968 ein Baumschulversuch (Seq 1) angelegt.

Die weiteren Pflanzen wurden im Frühjahr 1968 verschult. Mit 4-jährigen ballierten Pflanzen wurde je eine Versuchsfläche in Straßenhaus (Rheinland-Pfalz, Abb. 3) und Reinhausen (Niedersachsen) angelegt. Mit den restlichen Pflan-

Tab. 3: Flächen des Herkunftsversuchs mit *Sequoiadendron giganteum*.

Fläche	Großhansdorf (Seq 1)	Reinhausen (Seq 2)	Straßenhaus (Seq 3)	Großhansdorf (Seq 4)
Bundesland	SH	NI	RP	SH
Lage	53° 40' N 10° 16' O 48 m ü. NN	51° 26' N 10° 00' O 355 m ü. NN	50° 30' N 07° 31' O 330 m ü. NN	53° 40' N 10° 16' O 48 m ü. NN
Versuchsart	Baumschulversuch	Herkunftsversuch	Herkunftsversuch	Demonstrationsversuch
Versuchsgröße	0,02 ha	0,75 ha	0,86 ha	0,21 ha
Herkünfte	4	4	4	3
Wiederholungen	7	4	4	4
Bäume je Parzelle	2 × 2 (4)	4 × 4 (16)	4 × 4 (16)	2 × 2 (4)
Verband	0,4 × 0,4 m	5 × 5 m	5 × 5 m (Wdh. I, III) 6 × 5 m (Wdh. II, IV)	5 × 5 m
Versuchsanlage	24.6.1968, einjährige Sämlinge	18.5.1971, Lochpflanzung mit vierjährigen ballierten Pflanzen	26.5.1971, Lochpflanzung mit vierjährigen ballierten Pflanzen	Mai 1972, Lochpflanzung mit fünfjährigen ballierten Pflanzen
Substrat, Boden	schwach lehmiger Sand	sandiger Lehm, Buntsandstein	sandiger Lehm, Braunerde	sandiger Lehm bis lehmiger Sand, Grundmoräne
Topographie	eben	eben	NO-Hang	eben bis schwach nach N geneigt
mittl. jährl. Temperatur	8,1 °C	7,7 °C	8,8 °C	8,1 °C
mittl. jährl. Niederschlag	739 mm	607 mm	750 mm	739 mm
Vorbestand	Baumschule	Buchenaltholz	Buchenaltholz	Apfelplantage

zen dreier Herkünfte wurde ein Jahr später noch eine weitere Fläche als Demonstrationsversuch in Großhansdorf (Schleswig-Holstein) etabliert. Die Flächen (Tab. 3, Abb. 2) sind als randomisierte Blockversuche mit 4 Wiederholungen angelegt.

Auf den Flächen wurden an den einzelnen Bäumen die Wachstumsparameter Höhe, BHD (Brusthöhendurchmesser) und Überleben sowie Schäden aufgenommen und statistisch ausgewertet.

2.2 Ergebnisse

Baumschulversuch

Die vier Herkünfte zeigten im Baumschulversuch ein vergleichbares Wachstum. So betrug am Ende der ersten Vegetationsperiode die mittlere Höhe über die 4 Herkünfte 17,2 cm und variierte zwischen den Herkünften von 16,4 cm (Fresno) und 18,6 cm (North Calaveras). Ein Jahr später hatten die Herkünfte eine mittlere Höhe von 50 cm mit einer Variation zwischen 48,0 cm und 51,0 cm.

In den Jahren 1969 und 1970 wurden in der Baumschule die Spätfrostschäden an den Pflanzen aufgenommen. Alle Pflanzen zeigten in beiden Jahre leichte bis schwere Schäden. Im Jahr 1970 waren die Bäume der Herkunft North Calaveras stärker durch Spätfrost geschädigt als die der Her-

kunft Tulare SNF. Der Unterschied ließ sich statistisch absichern (Fisher Exact-Test).

Herkunfts- und Demonstrationsversuch

In den untersuchten Merkmalen Überlebensrate, Höhen- und BHD-Wachstum gibt es Variation zwischen den Herkünften (Tab. 4) und zwischen den Standorten (Abb. 4–6).

Bereits im Alter von 14 Jahren zeigte sich auf der Versuchsfläche Straßenhaus (Seq 3) eine Unterlegenheit der Herkunft Tulare KEF im Überleben (Tab. 4). Im Höhen- und BHD-Wachstum unterscheiden sich die Herkünfte auf der Fläche Straßenhaus nicht (Tab. 4). Auf der Fläche Reinhausen ist bei der Herkunft Tulare KEF noch ein etwa 20 % geringeres Höhenwachstum im Vergleich mit den übrigen Herkünften zu verzeichnen.

Im Alter von 48 Jahren wird die Unterlegenheit beim Überleben von Tulare KEF weiterhin bestätigt. Im Höhen- und BHD-Wachstum zeigen sich auf der Versuchsfläche zwischen den vier Herkünften keine Unterschiede.

Auf der Fläche Straßenhaus liegt die Überlebensrate im Alter von 48 Jahren mit 59 % am höchsten. Auf den Flächen Reinhausen bzw. Großhansdorf betragen die Überlebensraten 39 % bzw. 35 % (Abb. 4).

Tab. 4: Überlebensrate, Höhen- und BHD-Wachstum im Alter 14 und 48 auf der Fläche Straßenhaus (RP, Seq 3).

Herkunft bzw. Flächenmittel	North Calaveras	Fresno	Tulare KEF	Tulare SNF	Flächenmittel
Überleben (48-j.)	55 %	72 %	42 %	67 %	59 %
Mittl. Höhe (48-j.)	26,4 m	26,2 m	25,2 m	26,3 m	26,0 m
Mittl. BHD (48-j.)	58,4 cm	57,8 cm	56,2 cm	61,9 cm	58,6 cm
HD-Verhältnis (48-j.)	0,46	0,47	0,47	0,44	0,46
Überleben (14-j.)	69 %	83 %	55 %	73 %	70 %
Mittl. Höhe (14-j.)	5,0 m	4,6 m	4,4 m	5,1 m	4,8 m
Mittl. BHD (14-j.)	12,1 cm	11,1 cm	10,8 cm	13,2 cm	11,8 cm

Abb. 4: Überlebensraten [%] auf den 3 Flächen mit *Sequoiadendron giganteum* im Alter 48.

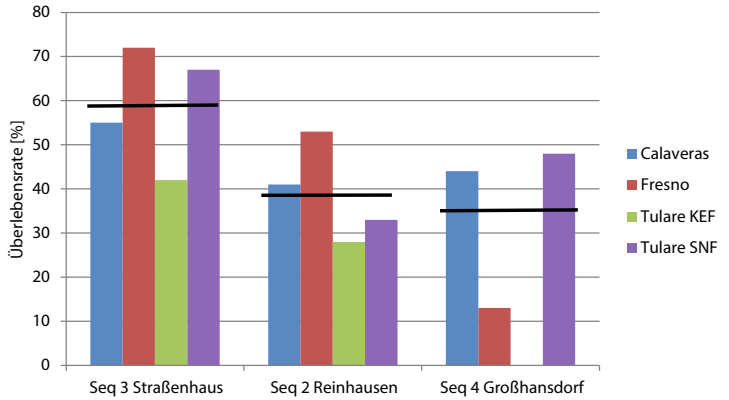


Abb. 5: Mittleres Höhenwachstum [m] auf den 3 Flächen mit *Sequoiadendron giganteum* im Alter 48.

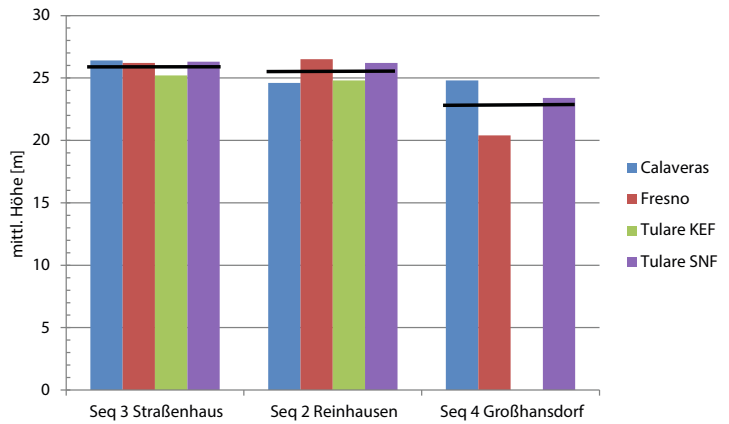
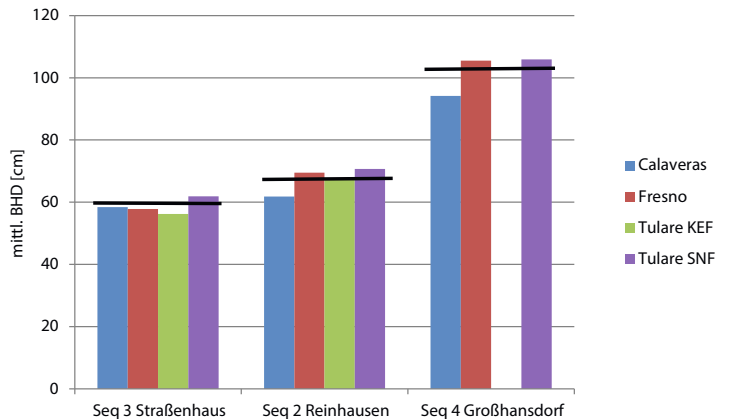


Abb. 6: Mittleres BHD-Wachstum [cm] auf den 3 Flächen mit *Sequoiadendron giganteum* im Alter 48.



Auf den Flächen Straßenhaus und Reinhausen zeichnet sich die Herkunft Fresno mit der höchsten Überlebensrate ab. In Großhansdorf haben von dieser Herkunft nur 13 % der Bäume überlebt.

Die Herkunft Tulare KEF hat auf den Flächen Straßenhaus und Reinhausen jeweils die geringste Überlebensrate. Die der Herkunft Tulare SNF liegt auf den Flächen Straßenhaus und Großhansdorf über dem jeweiligen Flächenmittel, während sie auf der Fläche Reinhausen darunter liegt.

Beim Höhenwachstum im Alter 48 ist festzuhalten, dass im Demonstrationsversuch Großhansdorf (Seq 4) die geringsten mittleren Höhen (22,9 m) erreicht werden (Abb. 5). Auf den Flächen Straßenhaus (26,2 m) und Reinhausen (25,7 m) gibt es keine Unterschiede zwischen den vier Herkünften im Höhenwachstum. Auf der Fläche Großhansdorf weist die Herkunft Fresno den geringsten Höhenwuchs auf.

Der mittlere BHD beträgt auf der Fläche Straßenhaus im Alter von 48 Jahren 58,6 cm über die vier Herkünfte, auf der Fläche Reinhausen 67,4 cm und der nördlichsten Fläche in Großhansdorf sogar 101,9 cm (Abb. 6). Zwischen den Herkünften gibt es keine Unterschiede im Dickenwachstum.

Am „schlanksten“ sind die Mammutbäume auf der Fläche Straßenhaus ($hd = 0,46$), während die

Bäume auf der Fläche Großhansdorf am abholzigsten sind ($hd = 0,22$). Auf der Fläche Reinhausen beträgt der H/D-Wert 0,38.

Biotische und abiotische Schäden

Sequoiadendron giganteum ist in der Jugend frostempfindlich. Auf den Flächen bei Reinhausen (NI, Seq 2) und Großhansdorf (SH, Seq 4) litten alle Herkünfte unter Frost und anschließend dem Hallimaschbefall (MELCHIOR & HERRMANN 1989).

In jüngster Zeit wurden deutliche Ausprägungen von Triebsschäden an den Ästen und Zweigen beobachtet. Verursacht wird dieses Triebsterben durch den Schlauchpilz *Botryosphaeria dothidea*, der als Schwächeparasit die verminderte Vitalität seines Wirtes ausnützt. Sowohl auf der Fläche Reinhausen Seq 2 als auch auf der Fläche Straßenhaus Seq 3 tritt das Verbrauen ganzer Äste und das Triebspitzensterben auf. Auf der Fläche Reinhausen wurde der Befall im Jahr 2020 erfasst (Abb. 7). In den Herkünften Fresno und Tulare SNF waren 82 % bzw. 71 % der Bäume befallsfrei. Anders sah es bei den Herkünften Tulare KEF (56 % befallsfrei) und North Calaveras (42 %) aus.



Abb. 7: Mammutbäume der Versuchsfläche Reinhausen Seq 2 aus der Drohnenperspektive. Erkennbar ist an einigen Bäumen eine fortgeschrittene *Botryosphaera*-Spitzendürre. Foto: Thünen-FG.

2.3 Diskussion

Der Riesenmammutbaum hat sich seit Mitte des 19. Jh. als weitgehend winterharter Parkbaum in Deutschland bewährt. Insbesondere in der Jugendphase können Frostschäden, Grauschimmel (MARTIN 1957/58) und Hallimasch (PIIRTO 1994) ein Problem darstellen. Durch den Saatgutimport des württembergischen Königs WILHELM I. wurden 1865 etwa 5000 Riesenmammutbäume gepflanzt. Infolge mehrerer Extremwinter hatte sich deren Zahl auf 278 Exemplare im Jahr 1960 reduziert (FEUCHT 1967). Zahlreiche Einzelbäume und kleine Gruppen der Wilhelma-Saat beeindrucken noch heute durch ihr Wachstum (FEUCHT 1967, KRÜGER 2014).

Nach 1945 hat sich die Familie MARTIN (Kaldenkirchen) durch Verbesserung der Anzuchtmethoden um den Anbau in Deutschland verdient gemacht (z. B. MARTIN 1957/58). Als Lichtbaumart verträgt der Riesenmammutbaum weder Überschirmung noch Seitendruck, was sich auf die Mischbarkeit mit anderen Baumarten auswirkt (NEUMANN 1984).

In Niedersachsen wurde 1982 ein Herkunftsversuch angelegt (KLEINSCHMIT & DEKKER-ROBERTSON 1994). Ergebnisse in diesem Versuch weisen im Alter 11 auf herkunftsbedingte Unterschiede bei den Ausfällen hin, die jedoch keinem geographischen Muster folgen. Die Ausfälle werden auf Trockenheit nach der Pflanzung und Hallimaschbefall zurückgeführt. Auffallend ist, dass Herkünfte mit mittleren bis höheren Ausfällen durchweg gutwüchsiger sind. Auf Winterfrost werden nur einzelne Ausfälle zurückgeführt.

Messungen von SCHWARZ (2011) auf der Versuchsfläche Reinhausen ergaben bei den Merkmalen BHD, Höhe und Einzelbaumvolumen im Alter von 44 Jahren keine Unterschiede zwischen den Herkünften. Beim Bestandesvolumen (hochgerechnet auf einen Hektar) zeigte die Herkunft Fresno (736 fm/ha) eine Überlegenheit gegenüber den Herkünften Tulare SNF (455 fm/ha), North Calaveras (447 fm/ha) und Tulare KEF (345 fm/ha). Der mittlere BHD in Reinhausen erreichte im Alter von 44 Jahren fast den doppelten Wert einer Douglasie der I. Ertragsklasse. Das mittlere Bestandesvolumen (496 fm/ha) im Alter von 44 Jahren lag etwa 10 % über dem von Douglasie der I. Ertragsklasse.

Ein Grund für die gute Massenleistung kann in einer geringeren Empfindlichkeit gegenüber Tro-

ckenheit begründet sein. So fanden WITTSTOCK et al. (2012) heraus, dass *Sequoiadendron giganteum* eine längere Wachstumsperiode als *Picea abies* hat und im Dickenwachstum weniger empfindlich auf Trockenheit reagiert. Hierzu kann die Durchwurzelung tieferer Bodenschichten beitragen.

DU & FINS (1989) fanden bei den Merkmalen Wachstum und Frostschäden signifikante Unterschiede innerhalb und zwischen Populationen. Auch GUINON et al. (1982) berichten von Unterschieden in der Frostempfindlichkeit bei 22 Herkünften aus dem gesamten Ursprungsgebiet. Im Ursprungsgebiet fallen die Temperaturen gelegentlich auf -24 °C (SCHUBERT 1957). Allerdings schützt dort eine Schneedecke von 1,5 bis 3 m vor Barfrost (BECKING 1959).

Pathogene Pilze und Schadinsekten sind im natürlichen Verbreitungsgebiet nur von geringer Bedeutung. Das gilt gleichermaßen für das Vorkommen von Umfall-Erregern an Keimlingen wie für das Auftreten holzerstörender Pilze in lebenden Altbäumen. Dennoch sind Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum*), Hallimasch (*Armillaria mellea* s.l.) sowie Porenschwämme (*Poria incrassata* und *P. albipellucida*) wiederholt nachgewiesen worden (SCHÜTT 1994). Nach SCHUBERT (1957) war neben zahlreichen nicht letalen Nadelkrankheiten nur ein Fäuleerreger im Kernholz vom Riesenmammutbaum in den östlichen USA bekannt. SCHARPF (1993) beschreibt *Phomopsis*, *Cercospora* und *Pestalotiopsis* als relevante Pilze, die zum Triebausfall oder in dünneren Regionen zum Stammbruch führen können. *Botryosphaeria*-Krebs verursacht in *Sequoiadendron*-Beständen außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets an wärmeren Standorten häufig Stammachschäden (SCHARPF 1993).

Außerhalb seines natürlichen Areals wird der Mammutbaum von der Grauschimmelfäule (*Botrytis cinerea*) attackiert. In windstillen Lagen mit hoher Luftfeuchtigkeit befällt der Pilz Keimlinge und Sämlinge bis zum vierten/fünften Lebensjahr so intensiv, dass ohne den wiederholten Einsatz von Fungiziden hohe Ausfälle zu beklagen sind. Der Mammutbaum gehört überdies zum Wirtskreis von Rindenschildkrankheit (*Phacidomyces pseudotsugae*) und Kiefern-Braunporling (*Phaeolus schweinitzii*) (SCHÜTT 1994). PIIRTO (1994) benennt für amerikanische Anpflanzungen außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets beide genannten *Poria*-Arten, *Stereum hirsutum* und vor allem *Armillaria mellea* als letale Pathogene. Der Schwächeparasit *Botryosphaeria* tritt auch in Eu-

ropa in Gebieten mit hoher Sommerwärme und Trockenstress auf (KEHR 2004). Symptomatisch zeigen sich in der Krone einzelne, verteilt auftretende, absterbende Zweige, die sich (teilweise erst nach einer hellgrünen bis gelblichen Verfärbung) rotbraun verfärben. Bedingt durch das Absterben einzelner Äste kommt es dann zur weithin auffälligen Lochbildungen in der Krone. Typisch ist auch ein durch Eindringen des Pilzes in die Stammachse verursachtes Absterben der Triebspitze bis zu einem Durchmesser von etwa 4 cm (WORRALL et al. 1986). KEHR (2004) erwähnt weiterhin *Cercospora sequoiae* als einen Erreger für Tribschäden.

Trotz der guten Wuchsleistung kann das Auftreten des durch *Botryosphaeria* verursachten Triebspitzensterbens ein Anbaurisiko darstellen, dessen Bedeutung derzeit noch nicht abzuschätzen ist.

3 *Sequoia sempervirens*

Auch der Küstenmammutbaum (*Sequoia sempervirens*) beeindruckt durch seine Dimensionen mit Höhen von bis zu 120 m. Die Wirkung wird durch den extremen Dichtstand der säulenförmigen Stämme verstärkt. Das Holz ist zudem wertvoll und äußerst dauerhaft, dabei bruchfester als das des Riesenmammutbaums.

Das natürliche Verbreitungsgebiet erstreckt sich in einem schmalen Streifen von 8 bis 56 km Breite auf etwa 700 km Länge entlang der kalifornischen Pazifikküste. Der äußerste Südwesten Oregons bildet die Nordgrenze. Das Küstenklima Kaliforniens ist durch häufigen Sommernebel gekennzeichneten und die Minimumtemperaturen liegen nur selten unter $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SCHÜTT & LANG 1996).

In Mitteleuropa sind Anbauten häufig fehlgeschlagen. Selbst im Weinbauklima haben sich Einzelbäume nur selten halten können. Meist war die Winterkälte der begrenzende Faktor. Dies mag ein Grund sein, warum es keinen Herkunftsversuch mit dem Küstenmammutbaum in Deutschland gibt, auch wenn das natürliche Verbreitungsgebiet größer als das des Riesenmammutbaums ist. Auch in Großbritannien haben sich junge Bäume als frostempfindlich erwiesen (GALE 1962).

Es gibt wenige erfolgreiche Anbauten in Deutschland. Eine dieser Ausnahmen bildet ein im Jahr 1953 begründeter Kleinbestand bei Kaldenkirchen, der auf Saatgut einer nordkalifornischen Population zurückgeht (MARTIN 1987). In einem

Bestand im Revier Burgholz bei Wuppertal erfroren im Winter 1962/63 bis zu 90 % der 2 m hohen Pflanzen (HOGREBE 1966). Die in den Folgejahren mit Stecklingen aus Kaldenkirchen und von weiteren spätaustreibenden Klonen angelegten Kleinbestände im Arboretum Burgholz sind dagegen noch heute anzutreffen (DAUTZENBERG 2009). In einem Bestand bei Köln erfroren im Winter 1985/86 bei $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ die meisten Bäume. Die Überlebenden wurden vegetativ vermehrt und einer Klonprüfung unterzogen (AHUJA 1996).

3.1 Material und Methoden

Von drei Bäumen (zwei ca. 25-jährigen Bäumen [Klone 1 + 2] und einem 8-jährigen Baum [Klon 3]), die in einem Bestand bei Köln den Winter 1985/86 überlebt hatten, erhielt das Institut Zweigproben mit Knospen. Bei den beiden ca. 25-jährigen Bäumen stammten diese von Stammausschlägen (Abb. 8) und bei dem 8-jährigen Baum von einem Seitenast. An den sich aus Knospenmeristem entwickelnden Pflänzchen traten im Früh-



Abb. 8: Stammausschläge an einer *Sequoia sempervirens* im BARCKSchen Garten. FOTO: M. LIESEBACH.

Tab. 5: Versuchsflächen des Thünen-Instituts mit *Sequoia sempervirens*.

Fläche	Seq 5	Seq 6	Seq 7	Seq 8	„BARCKscher Garten“
Ort	Rhede	Trenthorst, Ascheberg	Trenthorst, Heidberg	Trenthorst, Heidberg	Großhansdorf
Bundesland	NW	SH	SH	SH	SH
Geogr. Breite	51° 50' 40" N	53° 47' 21" N	53° 48' 16" N	53° 48' 16" N	53° 39' 42" N
Geogr. Länge	6° 43' 37" W	10° 31' 21" W	10° 31' 56" W	10° 31' 55" W	10° 15' 09" W
Höhe	41 m ü. NN	28 m ü. NN	23 m ü. NN	23 m ü. NN	46 m ü. NN
Verband	5 m × 5 m	5 m × 5 m	5 m × 5 m	3 m × 1 m	3 m × 0,7 m
Parzelle	2 × 2	2 × 2	2 × 2	2 × 10	1 × 4
Wiederholungen	4	4	4	5	4
Pflanzung	25.4.1990	2.5.1990	11.7.1991	28.8.1991	Juni 1991
Pflanzenalter	2-j.	2-j.	2- + 3-j.	2- + 3-j.	2- + 3-j.
Flächengröße	0,16 ha	0,16 ha	0,16 ha	0,13 ha	0,01 ha
Aufnahmen	1991, 1994	1991, 1993, 1995	1993, 1995	1993, 1995	1993, 1995

jahr 1988 die ersten Wurzeln auf. Bis zu diesem Zeitpunkt waren die Meristempflänzchen 28-, 21- bzw. 11-mal umgesetzt worden. Bis zum Ende des Jahres 1988 wurden die Pflänzchen noch weitere 14-, 7- bzw. 8-mal umgesetzt, bevor sie im Winter 1988/89 in Erde überführt wurden (AHUJA 1996). Mit 2- bzw. 3-jährigen mikrovegetativ vermehrten Pflanzen wurde eine Klonprüfung mit Flächen in Nordrhein-Westfalen (NW) und Schleswig-Holstein (SH) angelegt (Tab. 5).

Auf den Flächen wurde an den einzelnen Bäumen die Höhe gemessen und das Überleben aufgenommen. Die Aufnahmen erfolgten zwei- bzw. dreimal auf den Flächen in unterschiedlichen Jahren zwischen 1991 bis 1995 (Tab. 5).

3.2 Ergebnisse

Auf den Flächen Seq 5 (Rhede, NW) und Seq 6 (Ascheberg, SH) lag die Überlebensrate bei etwa 50 % im Alter von 4 bzw. 6 Jahren. Auf den ein Jahr später angelegten Flächen betrug sie im Alter von 6 Jahren 79 % (Seq 7) bzw. etwa 95 % (Seq 8 und BARCKscher Garten).

Auf den Flächen Seq 5 und Seq 6 hatten von Klon 2 noch zwei Drittel der Pflanzen und von

Klon 3 nur ein Drittel der Pflanzen überlebt. Die Werte für die Pflanzen von Klon 1 lagen dazwischen. In Rhede (Seq 5) lebten nach 5 Jahren im Feld noch 5 (10 %) der 48 Versuchspflanzen. Die Fläche wurde daraufhin aufgegeben. Auf der Fläche Seq 6 wurden bei einer Inspektion nach 10 Jahren im Feld keine 10 lebenden Bäume mehr angetroffen. Auch diese Fläche wurde aufgegeben.

Im Alter von 8 Jahren waren die Ausfälle auf der Fläche Seq 7 auf 50 % angestiegen. Nahezu alle Pflanzen waren zurückgefroren und im Mittel sogar 36 cm kleiner als bei der Messung im Alter von 6 Jahren (Tab. 6). Das Alter von 10 Jahren hat keine dieser Pflanzen im Feld mehr erlebt.

Auf den weiteren Flächen (Seq 8 und BARCKscher Garten) beliefen sich die Ausfälle auf weniger als 10 %. Die Pflanzen auf der Fläche Seq 8 waren durch einen Waldrand geschützt und die im BARCKschen Garten durch eine Remise. Auf beiden Flächen waren daher in den ersten Jahren nach der Anlage kaum Ausfälle aufgetreten. Die geschützte Lage beider Flächen wirkte sich auch auf die Höhenentwicklung der Pflanzen aus. So waren die Pflanzen im Alter von 8 Jahren auf der Fläche Seq 8 doppelt so groß wie die auf der benachbarten Fläche Seq 7 (Tab. 6).

Tab. 6: Mittlerer Baumhöhen [cm] über alle 3 Klone auf den Testflächen.

Jahr (Alter)	Seq 5	Seq 6	Seq 7	Seq 8	BARCKScher Garten
1991 (4-j.)	19,3	84,5	–	–	–
1993 (6-j.)	–	91,7	91,5	95,7	147,9
1995 (8-j.)	–	107,0	55,5	117,2	227,4

Im BARCKSchen Garten wurden im Dezember 1993 bereits Frostschäden an mehreren Pflanzen von Klon 3 beobachtet. Eine Bonitur im folgenden Sommer ergab, dass von Klon 3 alle Bäume durch Frost am Terminaltrieb bzw. Seitentrieben geschädigt waren. An 9 der 16 Bäume von Klon 2 und bei 3 Bäumen von Klon 1 konnten keine Frostschäden festgestellt werden.

Klon 3 wies auf allen Flächen die höchsten Ausfälle auf. Mit den geringsten Ausfällen schnitt Klon 2 am besten ab. Auch beim Höhenwachstum schneidet der Klon 2 in der Regel am besten und der Klon 3 am schlechtesten ab (Abb. 9). Im BARCKSchen Garten stehen heute noch 6 Bäume, deren Klonzugehörigkeit nicht mehr bekannt ist. Die Bäume haben im Alter von 32 Jahren einen BHD zwischen und 37 und 69 cm (Abb. 10).

3.3 Diskussion

Der ein mild-humides Klima liebende Küstenmammutbaum ist außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets vornehmlich als Parkbaum

anzutreffen. An erfolgreichen forstlichen Versuchsanbauten sind wenige Einzelbäume und kleine Gruppen bekannt, so zum Beispiel Kleinbestände bei Kaldenkirchen (Saatgutursprung: Nord-Kalifornien, Schenck Grove) (MARTIN 1987) und im Arboretum Burgholz (HOGREBE 1966, DAUTZENBERG 2009). Meist fehlt jedoch die Angabe der Herkunft wie z. B. im Exotenwald Weinheim (NOE & WILHELM 1997). Als Schattbaumart reagiert der Küstenmammutbaum auf Lichtstellung auch nach längerer Unterdrückung mit Lichtungszuwachs (SCHÜTT & LANG 1996).

In den Jahren 1978 bis 1982 bereiste GÜNTER HORSTMANN aus Schneverdingen wiederholt die USA. Aus einem Herkunftsversuch in Washington erhielt er Stecklingsmaterial, das er zur Bewurzelung brachte. Nur wenige Stecklinge überlebten jedoch die kalten Winter mit Frösten bis $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ in der Lüneburger Heide. Einer der überlebenden Stecklinge wird heute unter dem Namen ‘Kalte Sophie’ vertrieben (BROCKMANN 2019).

BREIDENBACH et al. (2020) fanden an sechs Herkünften aus dem gesamten Verbreitungsgebiet und Klonen als frosthart geltender Individuen in

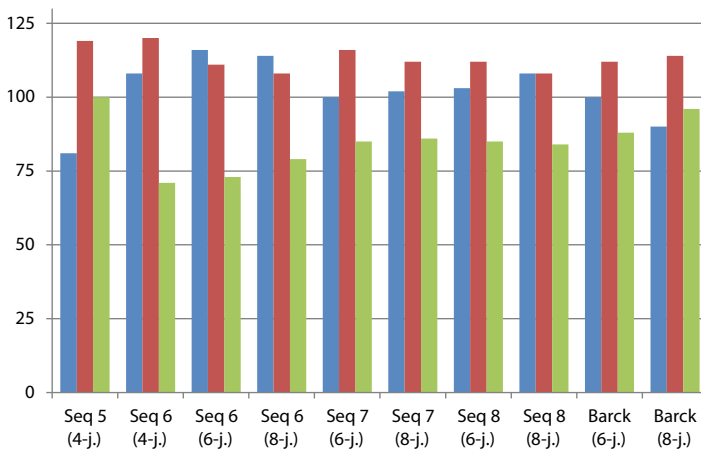


Abb. 9: Relative Baumhöhen [%] auf den Versuchsflächen (im Verhältnis zum jeweiligen Versuchsflächenmittel des jeweiligen Alters). Blau = Klon 1; rot = Klon 2; grün = Klon 3.

Abb. 10: *Sequoia sempervirens*-Gruppe (32-jährig) im ehem. BARCKSchen Garten. Beim Baum vorne rechts ist die Spitze bei einem Sturm herausgebrochen. Foto: M. LIESEBACH.



Deutschland bei Klimakammer-Experimenten bis zu $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ Unterschiede in der Schadensintensität. Dabei konnte keine der Herkünfte als frostresistent identifiziert werden, jedoch einzelne widerstandsfähigere Klone.

(BHD = 192 cm) im Wörlitzer Park (www.ddg-web.de/index.php/rekordbaeume.html, Zugriff 29.10.2020). Insgesamt liegen zu wenige Erfahrungen vor, um die Baumart ausreichend beurteilen zu können.

4 *Metasequoia glyptostroboides*

Von den drei Mammutbaumarten ist der Urweltmammutbaum der älteste, seine Existenz wurde aber erst Mitte des letzten Jahrhunderts bekannt. Der Urweltmammutbaum ist an der Grenze zwischen Ost-Szetschwan und West-Hupeh in einem Tal auf einer Fläche von etwa 800 km^2 beheimatet. Im Zentrum des Verbreitungsgebiets gibt es etwa 1000 Bäume, 40–50 km entfernt findet man nur noch einzelne Exemplare (KAMMEYER 1960).

Da Saatgutexporte streng verboten waren, ist es nicht verwunderlich, dass es keine inventarisierenden Versuche gibt. Von dem wenigen verfügbaren Saatgut wurden Urweltmammutbäume angezogen, die als Einzelbäume gepflanzt oder mit denen Kleinstbestände angelegt wurden. Die meisten der Bäume wachsen auf frischen bis feuchten Standorten, z. B. Insel Mainau (Abb. 11), Wörlitzer Park (LIESEBACH & BOUILLON 2021), Versuchsgelände Liliental am Kaiserstuhl, Arboretum Marienhof an der Alster (LIESEBACH & JABLONSKI 2019) oder Arboretum Tannenhöft, Großhansdorf. In Deutschland steht das derzeit dickste Exemplar



Abb. 11: Allee mit *Metasequoia glyptostroboides* auf der Insel Mainau. Foto: M. LIESEBACH.

5 Fazit

Die Frage, ob eine Baumart eine Option im Klimawandel für den Wald in Deutschland darstellt, lässt sich aufgrund der vielfältigen Standorte nicht einfach mit Ja oder Nein beantworten. Keine der drei Mammutbaumarten wird jedoch eine andere Baumart unserer Wälder ersetzen können, sondern sie sind alternative Arten als Ergänzung zu den bisherigen, heimischen Arten.

Die meisten Möglichkeiten bestehen für den Riesenmammutbaum, wenn er weder in potenziellen Frostsenken noch an zu trockenen und heißen Standorten angebaut wird. Auf trockenen oder wechselfeuchten Standorten steigt das Risiko der Zopfrocknis. Zur Streuung des Risikos sollte die Baumart als Mischbaumart truppweise eingebracht oder unterbaut werden. Die Versuchsflächen zeigen, dass letzteres möglich ist. So hat sich in Reinhausen und Straßenhaus Laubholznaturverjüngung eingestellt, wo Mammutbäume ausgefallen sind. Auf der Versuchsfläche in Schleswig-Holstein wurde der Mammutbestand als Vorwald genutzt, um darunter Weiß-Tanne anzubauen.

Der Küstenmammutbaum ist als Jungpflanze sehr stark frostgefährdet. Da auch künftig in weiten Teilen Deutschland mit Winter- und Spätfrösten zu rechnen ist, darf man nicht die vergangenen drei Jahre als Maßstab nehmen, in denen der Winter ausgeblieben und Spätfröste eher seltener als in anderen Jahren aufgetreten sind. Ob die Baumart, und hier insbesondere Herkünfte aus dem nördlichen Teil des Verbreitungsgebiets, über eine ausreichende Frosthärte verfügt, ist nicht bekannt. Bislang gibt es nur Individuen (Klone), die über die gewünschte Eigenschaft verfügen. Ein Anbau wird daher auf wenig frostgefährdete Standorte beschränkt sein.

Der Urweltmammutbaum ist eher eine Baumart der feuchten Niederungen und somit auf trockenen Standorten fehl am Platze. Bei feuchten Füßen scheint er Hitze auszuhalten, wie Anbauten in Parkanlagen und Arboreten zeigen.

Dank

Ein besonderer Dank gilt den Forstbetrieben für die Betreuung der Versuchsflächen. Frau KATHARINA LIEPE danken wir für die Unterstützung bei der Kartenerstellung.

Literatur

- AHUJA, R. (1996): Micropropagation and Field Testing of Frost-Tolerant *Sequoia sempervirens* Genotypes. Proc. of the Conf. on Coast Redwood Forest Ecology and Management, Humboldt State Uni., Arcata, CA, USA: 153–155.
- BECKING, W. (1969): Die Ökologie des Mammutbaumes in Kalifornien. AFZ 24: 285–288.
- BREIDENBACH, N.; WILDHAGEN, H.; BANDURSKI, C.; ENGELHARDT, L.; BÜTTNER, M.; GAILING, O.; KRUTOVSKY, K.V. (2020): Phänotypische und genetische Reaktionen von *Sequoia sempervirens* Herkünften auf Frosttemperaturen. Thünen Report 76: 201–210.
- BROCKMANN, W. (2019): *Sequoia sempervirens*. Ginkgoblätter 158: 32–33.
- DAUTZENBERG, H. (2009): Der Küstenmammutbaum, Redwood. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung NRW 19: 41–42.
- DU, W.; FINS, L. (1989). Genetic variation among five giant sequoia populations. *Silvae Genetica*, 38 (2): 70–76.
- FEUCHT, O. (1967): Die deutschen Mammutbäume feiern Jubiläum. HZBl 93 (94): 1489.
- GALE, A. W. (1962): *Sequoia sempervirens*, its establishment and use in Great Britain. *Quart. J. For.* 56: 126–137.
- GUINON, M.; LARSEN, J. B.; SPETHMANN, W. (1982): Frost resistance and early growth of *Sequoiadendron giganteum* seedlings of different origins. *Silvae Genetica* 31 (5–6): 173–178.
- HOGREBE, H. (1966): Fremdländische Baumarten in der Staatlichen Revierförsterei Burgholz. Selbstverlag.
- KAMMEYER, H. F. (1960): Mammutbäume. Ziemsen Verlag.
- KEHR, R. (2004): Triebsterben an Mammutbaum (*Sequoiadendron giganteum*) durch *Botryosphaeria dothidea* auch in Deutschland nachgewiesen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 56 (2): 37–43.
- KLEINSCHMIT, J.; DEKKER-ROBERTSON, D. L. (1994): Herkunftsversuche mit *Sequoiadendron giganteum* ([Lindl.] Buch.). *Forstarchiv* 65: 139–146.
- KRÜGER, L. (2014): Die Giganten des Königs. 150 Jahre Wellingtonien in Württemberg. E-Book Distribution: XinXii.
- LIESEBACH, M.; BOUILLON, J. (2021): Bericht zum Winterseminar der Arbeitsgruppe „Junge Dendrologen“ im Dessau-Wörlitzer Gartenreich vom 13. bis 16. Februar 2020. *Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges.* 106: 212–228.
- LIESEBACH, M.; JABLONSKI, E. (2019): Bericht zur Jahrestagung der DDG vom 27. Juli bis 1. August

- 2018 in Ahrensburg. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 104: 157–174.
- MARTIN, E.J. (1957/58): Die Sequoien und ihre Anzucht. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 60: 3–62.
- MARTIN, J. (1987): Der Küstenmammutbaum (*Sequoia sempervirens* [D. Don] Endl.) und seine Anzucht in Deutschland. MDDG 77: 57–104.
- MELCHIOR, G.H.; HERRMANN, S. (1987): Differences in growth performance of four provenances of Giant Sequoia (*Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchh.). *Silvae Genetica* 36 (2): 65–68.
- MELCHIOR, G.H.; HERRMANN, S. (1989): Ergebnisse aus einem Versuch mit vier Herkünften des Mammutbaumes (*Sequoiadendron giganteum* [Lindl.] Buchholz). Schriftenreihe des BMEL, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 370: 211–228.
- NEUMANN, H. (1984): Bisherige Erfahrungen in Nordrhein-Westfalen mit dem Anbau und der Anzucht des Riesenmammutbaumes – *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchh. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 75: 77–104.
- NOE, E.; WILHELM, U. (1997): Der Exotenwald in Weinheim 1872–1997. 125 Jahre Fremdländeranbau an der Bergstraße. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 78: 67–185.
- PIIRTO, D.D. (1994). Giant sequoia insect, disease, and ecosystem interactions. USDA – Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-151: 82–89.
- SCHARPF, R.F. (1993): *Botryosphaeria* canker. In: SCHARPF, R.F. (ed): Diseases of Pacific Coast Conifers. USDA – Forest Service, Agriculture Handbook 521: 65–66.
- SCHUBERT, G.H. (1957): Silvical characteristics of Giant Sequoia. USDA – Forest Service, Technical Paper No. 20.
- SCHÜTT, P. (1994): *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchh., 1939. In: SCHÜTT P.; SCHUCK, H.J.; AAS, G.; LANG, U.M.: Enzyklopädie der Holzgewächse.
- SCHÜTT, P.; LANG, U.M. (1996): *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl., 1847. In: SCHÜTT P.; SCHUCK, H.J.; AAS, G.; LANG, U.M.: Enzyklopädie der Holzgewächse. 4. Erg. Lfg. 4/96
- SCHWARZ, F. (2011): Wachstum des Mammutbaums (*Sequoiadendron giganteum*) in Deutschland. Masterarbeit, Universität Göttingen.
- SHEN, Z. (1994): *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng, 1948. In: SCHÜTT P.; SCHUCK, H.J.; AAS, G.; LANG, U.M.: Enzyklopädie der Holzgewächse.
- WITTSTOCK, T.; ZIMMERMANN, R.; AAS, G. (2012): Einfluss der Witterung auf das Radialwachstum von *Sequoiadendron giganteum* und *Picea abies*. Allg. Forst. u. J.-Ztg. 183 (3/4): 55–62.

Autoren:

DR. MIRKO LIESEBACH
Thünen-Institut für Forstgenetik
Sieker Landstraße 2
22927 Großhansdorf
mirko.liesebach@thuenen.de

CHRISTOPH RIECKMANN
Thünen-Institut für Forstgenetik
Sieker Landstraße 2
22927 Großhansdorf
christoph.riECKmann@thuenen.de