

# Beiträge von Forstpflanzenzüchtung und Forstgenetik für den Wald von Morgen

7. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 12. bis 14. September 2022 in Ahrensburg

Tagungsband

Mirko Liesebach (ed.)

Thünen Report 105

**Bibliografische Information:**  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

*Bibliographic information:*  
*The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliography; detailed bibliographic data is available on the Internet at [www.dnb.de](http://www.dnb.de)*

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter [www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

*Volumes already published in this series are available on the Internet at [www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)*

**Zitationsvorschlag – Suggested source citation:**

**Liesebach M (ed.)** (2023) Beiträge von Forstpflanzenzüchtung und Forstgenetik für den Wald von Morgen : 7. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 12. bis 14. September 2022 in Ahrensburg : Tagungsband. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 318 p, Thünen Rep 105, DOI:10.3220/REP1681451577000

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

*The respective authors are responsible for the content of their publications.*



THÜNEN

## Thünen Report 105

Herausgeber/Redaktionsanschrift – Editor/address

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

[thuenen-report@thuenen.de](mailto:thuenen-report@thuenen.de)  
[www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

ISSN 2196-2324

ISBN 978-3-86576-265-8

DOI:10.3220/REP1681451577000

urn:nbn:de:gbv:253-202304-dn066221-6

# **Beiträge von Forstpflanzenzüchtung und Forstgenetik für den Wald von Morgen**

**7. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzen-  
züchtung vom 12. bis 14. September 2022 in Ahrensburg**

**Tagungsband**

**Mirko Liesebach (ed.)**

**Thünen Report 105**

Mirko Liesebach (ed.)  
Thünen-Institut für Forstgenetik  
Sieker Landstr. 2  
22927 Großhansdorf  
Tel.: +49 4102 696156  
E-Mail: [mirko.liesebach@thuenen.de](mailto:mirko.liesebach@thuenen.de)

**Thünen Report 105**

Braunschweig/Germany, April 2023

## Die Hainbuche und ihr Potenzial für den Wald

HANNAH S. MITTELBERG, KATHARINA J. LIEPE, HEIKE LIESEBACH, MIRKO LIESEBACH

### Zusammenfassung

Die Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) ist eine der einheimischen Laubhölzer und gilt als geeignete Alternative zu den gängigen Baumarten, die verstärkt unter den veränderten Klimabedingungen leiden. Sie ist in großen Teilen Europas verbreitet und zeigt ökologisch sehr wertvolle Eigenschaften. Neben ihrer Trockenstresstoleranz und ihrem tiefreichenden, stabilisierenden Wurzelsystem, ist sie schattentolerant und wirkt durch ihre leicht zersetzbare Streu meliorierend auf die Bodenverhältnisse. Insbesondere im Waldumbau machen sie ihre Eigenschaften als Mischbaumart mit anderen Laub- und Nadelgehölzen sehr interessant. Innerhalb des im Oktober 2021 gestarteten Projektes zur Hainbuche sollen die Grundlagen geschaffen werden, mit denen die Identifikation von qualitativ hochwertigem und anpassungsfähigem Ausgangsmaterial für Hainbuchen-Saatgut langfristig, u.a. anhand eines Herkunftsversuches mit etwa 30 Herkünften, ermöglicht werden soll. Insbesondere die Genetik der Hainbuche hat im Projekt ein besonderes Augenmerk und soll mittels neu entwickelter Marker genauer untersucht werden. In ausgewählten Erntebeständen werden dafür Analysen der Populationsstruktur und Bestäubungsverhältnisse durchgeführt.

### Abstract

#### European Hornbeam and its potential for the forest

European Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) is one of the indigenous deciduous tree species and considered as a suitable alternative to the common tree species that are affected by changing climatic conditions. It is largely distributed in Europe's temperate forest ecosystems and shows ecologically very valuable characteristics: drought and shade tolerance, a deep root system, and easily decomposable litter, which has an ameliorative effect on soil conditions. These characteristics make it e.g. for the conversion of pure coniferous forests. In October 2021 the project 'Hornbeam' started that forms the baseline for the identification of high-quality and adaptable seed origins for hornbeam. The project includes the establishment of a provenance trial with approx. 30 provenances and a special focus on the genetics of European Hornbeam. Using newly developed microsatellite markers population structure and pollination ratios will be analysed in selected stands.

## 1 Einleitung

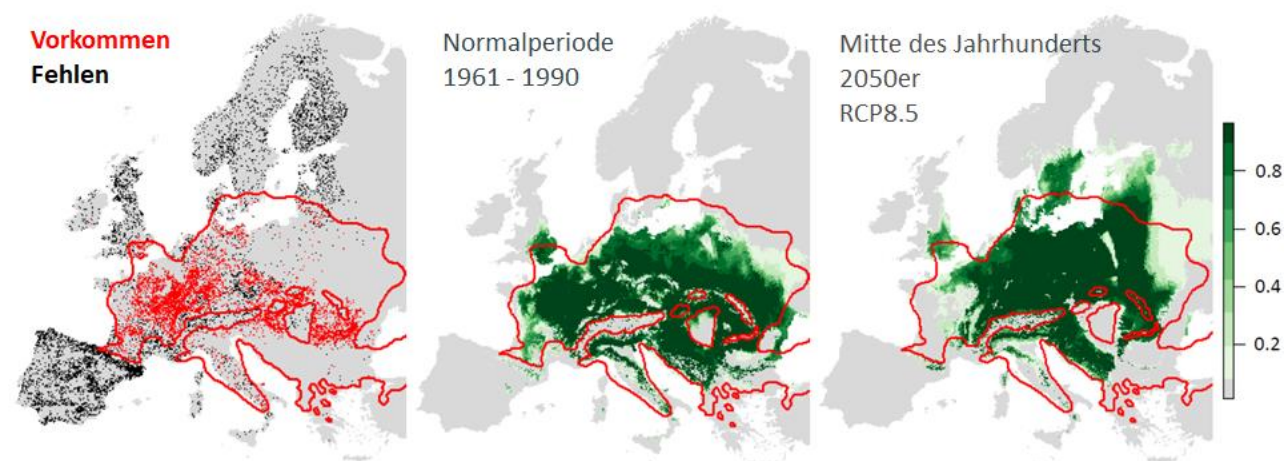
Nachdem nun auch die Vitalität der Rotbuche unter den Klimaextremen der letzten Jahre stark abnimmt (BMEL 2022), wird immer deutlicher, dass es im klimastabilen Wald der Zukunft nicht nur eine Baumart geben kann, die als Heilsbringerin fungiert. Stattdessen ist eine Erweiterung des Baumartenportfolios, auch im Sinne von experimentell untermauerten Empfehlungen hinsichtlich der Herkünfte, unerlässlich. Eine Erhöhung des Baumartenanteils von bislang als Nebenbaumarten geführten Hölzern, aber auch die zielgerichtete Auswahl von standortgerechten und klimastabilen Herkünften, ist im viel diskutierten Waldumbau gefordert. Denn die Klimaveränderungen und ihre Folgen, wie Trocken- und Hitzestress und das verstärkte Auftreten von Schadorganismen, stehen nicht mehr drohend am Horizont, sondern haben bereits katastrophal in den Bildern der braunen Hänge im Harz oder nach Sturmtief Friederike in Nordrhein-Westfalen Gestalt angenommen. Am 19. Juli 2022 stand der Waldbrandgefahrenindex in Deutschland mit wenigen Ausnahmen auf den Stufen hoch (4) bis sehr hoch (5). Struktureiche Mischwälder mit einem hohen Anteil klimastabiler Laubbäume sind Teil eines präventiven Brandschutzes für kalamitätsgefährdete Bestände.

Eine der infrage kommenden Nebenbaumarten ist die Hainbuche (*Carpinus betulus* L.), die in der ökonomisch orientierten Bewirtschaftung der Wälder hauptsächlich als „dienende“ Baumart betrachtet wird. Diese Begrifflichkeit entwickelte sich aufgrund der bevorzugten Verwendung der Hainbuche als Unterstand zur Förderung einer positiven Stammform von Stiel- und Traubeneiche.

## 2 Eigenschaften und Vorkommen

Die Hainbuche ist windbestäubt und monözisch. Sie zeigt Mastjahre und produziert alle 2 – 3 Jahre Samen, die nach Ausreifung etwa 18 Monate in Samenruhe verbleiben (HESMER 1960; BLE 2018). Für windverbreitete Samen sind sie darüber hinaus relativ schwer, weshalb sie sich, insbesondere im dichten Unterstand der natürlichen, typischen Eichen-Hainbuchen-Wälder, nicht optimal verbreiten (COART et al. 2005; GRIEVET und PETIT 2003; SCHMALEN 1996). Ihr natürliches Vorkommen in Nord-, Mittel- und Südosteuropa überschneidet sich größtenteils mit der konkurrenzstarken Rotbuche, weshalb sie, aufgrund ihrer breiten Standortsamplitude, auf Standorte mit Grundwasserbeeinflussung, Sommertrocknis oder in subkontinentalen Spätfrostlagen verdrängt wird, auf denen die Rotbuche ihre physiologischen Grenzen erreicht.

Unter Berücksichtigung der zu erwartenden Klimaveränderungen des Worst-Case-Szenarios RCP8.5 (IPCC 2013, 2021) zeigt eine Modellierung des Verbreitungsgebietes der Hainbuche eine Zunahme an Lebensraum im Norden und in höheren Lagen sowie eine Abnahme im Süden (LIEPE, unveröffentlicht). Als Datengrundlage dient dabei das Artvorkommen nach MAURI et al. (2017), das mittels eines EU-weiten Inventurdatensatzes erstellt wurde, sowie die aktuellen und prognostizierten Klimabedingungen, extrahiert auf Basis von Koordinaten und Höhenlage mit der freien Software ClimateEU (MARCHI et al. 2021). Gewinn und Verlust gleichen sich laut Modell für 2050 ( $\pm 30\%$ ) und 2080 ( $\pm 45\%$ ) aus. Die Hainbuche bleibt demnach in Mitteleuropa weiterhin großflächig geeignet.



**Abb. 1:** Datenbasis des Artvorkommens nach MAURI et al. (2017; Links). Klimadaten der Normalperiode 1961-1990, extrahiert mittels ClimateEU (Marchi et al. 2021; Mitte). Rechts: potenziell mögliches Vorkommen der Hainbuche in Grün für das Worst-Case-Szenario RCP8.5, unter Einbeziehung der vorangegangenen Daten, dargestellt für die Mitte des Jahrhunderts (LIEPE, unveröffentlicht).

Die Hainbuche weist eine Vielzahl ökologisch vorteilhafter Eigenschaften auf: neben ihrer relativ hohen Trockenstresstoleranz kann ihr tiefreichendes Herzwurzelsystem (BORATYŃSKI 1996; GULDER 1996; KÖSTLER et al. 1968; ROLOFF und GRUNDMANN 2008; TÜRK 1996) zur Widerstandsfähigkeit gegen Sturmereignisse beitragen. Da sie ferner zu den schattentoleranten Laubböhlzern zählt, eignet sie sich hervorragend als Mischbaumart mit

anderen Laub- und Nadelgehölzen. Ihre leicht zersetzbare Streu wirkt meliorierend auf die Bodenverhältnisse und ist somit insbesondere für den Umbau von Nadelwäldern interessant (GULDER 1996; LOCKOW und LOCKOW 2009; MAYER 1992).

### 3 Verwendungsmöglichkeiten und rechtliche Rahmenbedingungen

Das Holz der Hainbuche ist vielseitig einsetzbar. Mit einer mittleren Rohdichte von  $0,83 \text{ g/cm}^3$  hat sie das schwerste Holz unter den einheimisch baumförmig wachsenden Nutzhölzern und weist daher eine hohe Dichte sowie Härte, dabei indes auch Elastizität und Festigkeit auf (GROSSER 1996). Ihre Stammform ist sehr variabel und neigt zu Krümmungen und Spannrückigkeit, es lassen sich aber auch Bestände mit sehr guten Wuchsformen finden (LOCKOW und LOCKOW 2009), wie Abbildung 2 veranschaulicht. Aufgrund ihres Verhaltens hinsichtlich Schwindens und Quellens ist sie der Dauerhaftigkeitsklasse 5 (DIN 68100) zuzuordnen und ist somit zwar nicht als Bauholz geeignet, dafür aber für speziellere Verwendungsmöglichkeiten wie Werkzeuge, Bauteile von Musikinstrumenten und anderen Gebrauchsgegenstände, die eine hohe Widerstandsfähigkeit benötigen, sehr gefragt. Das allgegenwärtige Thema der Energieversorgung hat die Nachfrage an Energieholz 2022 die Höhe getrieben. Gerade die Hainbuche kann durch hohe kalorische Werte einen Beitrag als vortreffliches Energieholz leisten (BORATYŃSKI 1996). Als Hainbuchenhecken ist sie in Europa weit verbreitet und dient so als Windschutz sowie an vielbefahrenen Straßen dem Umweltschutz, da sie Blei aus der Luft filtert (aus BORATYŃSKI 1996, zitiert KELLER 1974).



**Abb. 2:** Hainbuche mit sehr schöner Stammform: gerade, wipfelschäftig, ohne Drehwuchs und Spannrückigkeit (links). Hainbuchen-Erntebestand von etwa 160 Jahren in Schleswig-Holstein (rechts). (Fotos: H. MITTELBERG)

Seit 2003 setzt das *Forstvermehrungsgutgesetz* (FoVG) die Richtlinie 1999/105/EG des Europäischen Rates über den Verkehr mit forstlichem Vermehrungsgut. Auch die Hainbuche unterliegt als forstlich relevante Baumart diesem Gesetz. Die Forstvermehrungsgut-Zulassungsverordnung (FoVZV) definiert die geltenden Mindestanforderungen für Erntebestände der Kategorie „Ausgewählt“: Mindestbaumzahl des Bestands ist wie bei den meisten anderen Nebenbaumarten 20, von denen mindestens 10 zu beernten sind. Für die Hainbuche ist außerdem ein Mindestalter von 50 Jahren vorgeschrieben und als „Anforderung mit überdurchschnittlicher

Bedeutung bei der Zulassung“ sind Wipfelschäftigkeit, Geradschäftigkeit, geringe Spannrückigkeit und wenig Drehwuchs vorgegeben.

#### 4 Vegetations- und Nutzungsgeschichte

Die Konkurrenz zwischen Hainbuche und Rotbuche lässt sich durch vegetationsgeschichtliche Untersuchungen auch für vergangene Epochen belegen. Die Hainbuche ist in den erdgeschichtlichen Epochen des Tertiärs sowie für jede Warmzeit im Quartär in Mitteleuropa nachzuweisen (KÜSTER 1996). Die nach-eiszeitliche Verbreitungsgeschichte ist davon geprägt, dass die Hainbuche erst in der späten Sukzessionsphase aufkommt und somit zu den letzten Arten gehörte, die nach der letzten Eiszeit Mittel- und Nordeuropa besiedelten (KÜSTER 1997; POTT 2000). Der Einfluss des Menschen ist bereits zu Beginn des Holozäns zu belegen. Durch die Landnutzung des Menschen konnte sich die Hainbuche, nach Rodung von Wald für Siedlungs- und Ackerbau und folgender Brache, in der Sekundärsukzession stärker durchsetzen. Auch in den frühen Formen der Waldbewirtschaftung nahm die Hainbuche eine wesentliche Rolle ein und war spätestens ab dem Mittelalter in der gängigen Bewirtschaftungsform des Niederwaldes weit verbreitet (KÜSTER 1997). Die Hainbuche ist, neben ihrer sehr guten Fähigkeit zum Stockausschlag, auch aufgrund hoher Brennwerte gut für diese Bewirtschaftungsform zur Erzeugung von Energieholz geeignet (SUCHOMEL et al. 2012; TÜRK 1996). Heutzutage wurden viele Niederwälder in Hochwald überführt, in dem die Hainbuche am stärksten in Wäldern mit der Zielsetzung der Eichenholznutzung vertreten ist. Hier wird sie überwiegend als dienende Baumart zur Schaftpflege der Eichen eingesetzt.

#### 5 Genetik der Hainbuche

Über die Genetik der Hainbuche liegen nur wenige Arbeiten vor. Einerseits war das Interesse aufgrund ihrer Stellung als Nebenbaumart in der Forstwirtschaft nur gering. Andererseits findet sich bei ihr eine Besonderheit in der vorliegenden Erbinformation: sie weist nicht, wie die meisten anderen Arten, einen doppelten Chromosomensatz (Diploidie,  $2n$ ) auf, sondern ist oktaploid und hat somit einen achtfachen Chromosomensatz (Oktaploidie,  $8n$ ). Die Methodik in der Populationsgenetik hat sich bislang vor allem mit dem „Standard“ der diploiden Organismen beschäftigt. In den letzten Jahren zeichnet sich jedoch eine deutliche Fortentwicklung innerhalb des Forschungsgebietes ab und es werden zunehmend Arbeiten über polyploide Organismen aufgrund verbesserter Markerentwicklung und Auswertungsmöglichkeiten veröffentlicht.

Erste Informationen über die Rückwanderungsgeschichte der Hainbuche wurden durch Untersuchungen an Chloroplasten-DNA (cpDNA) im Projekt CYTOFOR gewonnen (GRIVET und PETIT 2003). Bei den Angiospermen werden die Chloroplasten vorwiegend maternal weitergegeben und zeigen bei Analysen daher häufiger stärkere geografische Muster als die Kern-DNA. Innerhalb ihres rezenten natürlichen Verbreitungsgebietes konnte bei der Hainbuche ein Muster der cpDNA-Haplotypen festgestellt werden, das auf einen Flaschenhals schließen lässt. So findet sich im Südosten, in den ehemaligen Refugialgebieten im Balkan, eine große genetische Diversität, wohingegen die untersuchten Proben aus dem Nord-Westen nur einen Haplotyp zeigen. Erste Untersuchungen der nDNA der Hainbuche wurden mittels AFLP (*amplified fragment-length polymorphism*) durchgeführt und konnten Hinweise darauf geben, dass die großen Gebirgsketten offenbar auch ein großes Hindernis für die Verbreitung der Hainbuche dargestellt haben (COART et al. 2005).

#### 6 Das Projekt „Hainbuche“

Im Oktober 2021 startete das Projekt „Hainbuche“ (Langtitel: „Die Hainbuche, eine Alternativbaumart im Klimawandel – Initiierung eines Herkunftsversuchs“), das sich mit Fragestellungen der Verwendung der



Hainbuche im Kontext künftiger Klimabedingungen, hinsichtlich Genetik, Wuchsleistung und Trockenstresstoleranz, beschäftigt. Die Saatguteinsammlung von über 30 Herkünften der Hainbuche aus ihrem gesamten Verbreitungsgebiet bildet dabei den Kern für die Arbeiten im Projekt. Die Grundlagen für die Identifikation von qualitativ hochwertigem und anpassungsfähigem Ausgangsmaterial für Hainbuchen-Saatgut sollen in mehreren Schritten geschaffen werden. Diese ermöglichen auch langfristig Empfehlungen für die Praxis. Durch die großräumige Abdeckung des Verbreitungsgebietes können Herkünfte anhand ihrer klimatischen Gradienten für ein Trockenstressexperiment in der Jungwuchsphase ausgewählt werden, um im besten Fall die Trockenstresstoleranz mit einem Herkunftsparameter zu verknüpfen. Mittels Aufnahmen in der Baumschulphase können Wachstumsparameter sowie z.B. die Reaktion auf Spätfrost und Trockenheit untersucht werden. Neben den morphologischen Untersuchungen werden ausgewählte Erntebestände der Hainbuche auch genetisch untersucht. Hier soll erstmalig versucht werden, Populationsstruktur und Bestäubungsverhältnisse bei einer oktaploiden Art näher zu analysieren. Um dem Aspekt der Saatguterzeugung Rechnung zu tragen, sollen diese Erkenntnisse in Empfehlungen für die Zulassung von Erntebeständen einfließen. Aufgrund der besonderen Schwierigkeit der Polyploidie wurden innerhalb des Projektes neue nukleare Mikrosatellitenmarker entwickelt, die aktuell an einer großen Stichprobe getestet werden. Außerdem wird ein Herkunftsversuch angelegt, in dem die über 30 eingesammelten Herkünfte auf 4-5 Versuchsflächen ausgepflanzt werden. Maßgeblich ist dabei auch die Auswahl der Versuchsflächen, die eine Bandbreite an Standorten abdecken muss. So liefert das Projekt eine Grundlage für die kommenden Jahrzehnte, um Herkunftsempfehlungen zu verbessern und weitere Forschung zu ermöglichen.

Der Hainbuchenanteil im deutschen Wald ist häufig klein und punktuell verteilt, Naturverjüngung allein kann daher nicht zu einer nennenswerten Steigerung des Baumartenanteils führen. Ein steigender Anteil der Hainbuche am Bestandesbild bedarf also der aktiven Einbringung von Pflanzen durch die Forstwirtschaft. Der Einsatz von qualitativ hochwertigem und anpassungsfähigem Ausgangsmaterial trägt dazu bei, biologisch stabile, struktur- und ertragsreiche sowie betriebswirtschaftlich vorteilhafte Bestände aufzubauen.

## Dank

Das Projekt „Hainbuche“ wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen der Förderrichtlinie „Waldklimafonds“ gefördert. Es wird durch den Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) im Rahmen der Förderrichtlinie Waldklimafonds (Fkz: 2220WK20X4) betreut.

## Referenzen

- ANONYMUS (2000). Richtlinie 1999/105/EG des Rates vom 22. Dezember 1999 über den Verkehr mit forstlichem Vermehrungsgut. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L11/17, 15.1.2000.
- BLE (2018): 7. Statistische Daten zu Ernte und Handel mit forstlichem Vermehrungsgut: Erhebung zur Versorgungssituation mit forstlichem Vermehrungsgut. [https://www.ble.de/DE/Themen/Landwirtschaft/Saat--und-Pflanzgut/ForstlichesVermehrungsgut/ForstlichesVermehrungsgut\\_Inhalt.html](https://www.ble.de/DE/Themen/Landwirtschaft/Saat--und-Pflanzgut/ForstlichesVermehrungsgut/ForstlichesVermehrungsgut_Inhalt.html) [abgerufen am 14.12.2022].
- BMEL [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft] (2022): Referat 515 – Nachhaltige Waldbewirtschaftung, Holzmarkt (Hrsg.): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2021.
- BORATYŃSKI A (1996): *Carpinus betulus* Linné, 1753. In SCHÜTT P, SCHUCK HJ, LANG UM, ROLOFF A, (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. 5. Erg. Lfg 8/96: 12 S.
- COART E, VAN GLABEKE S, PETIT RJ, VAN BOCKSTAELE E, ROLDÁN-RUIZ I (2005): Range wide versus local patterns of genetic diversity in hornbeam (*Carpinus betulus* L.). *Conservation Genetics*, 6 (2): 259–273. <https://doi.org/10.1007/s10592-004-7833-7>
- FoVG: <https://www.gesetze-im-internet.de/fovg/BJNR165800002.html>

- FoVZV: <https://www.gesetze-im-internet.de/fovzv/BJNR472100002.html>
- GRIVET D, PETIT RJ (2003): Chloroplast DNA phylogeography of the hornbeam in Europe: Evidence for a bottleneck at the outset of postglacial colonization. *Conservation Genetics*, 4 (1), S. 47–56. <https://doi.org/10.1023/A:1021804009832>
- GROSSER D (1996): Das Holz der Hainbuche – Seine Eigenschaften und seine Verwendung. *LWF-Wissen* 12: 66-72.
- GULDER H-J (1996): Das Wurzelwerk der Hainbuche. *LWF-Wissen* 12: 30-37.
- HESMER H (1960): Unterbauversuche mit Winterlinde, Buche und Hainbuche in verschiedenen Verbänden unter Stieleichenstangenholz. *Forstarchiv* 31: 185-192.
- IPCC (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324
- IPCC (2021): *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896
- KELLER T (1974): Filtering effect of hedges on air - pollutant dusts created by road traffic, especially lead compounds. *Schweiz. Z. Forstw.* 125: 719-735.
- KÖSTLER JN, BRÜCKNER E, BIBELRIETHER H (1968): Die Wurzeln der Waldbäume: Untersuchungen zur Morphologie der Waldbäume in Mitteleuropa. P. Parey.
- KÜSTER H (1996): Die Stellung der Hainbuche in der Vegetationsgeschichte. *LWF-Wissen* 12: 11–18.
- KÜSTER H (1997). The role of farming in the postglacial expansion of beech and hornbeam in the oak woodlands of central Europe. *Holocene*, 7(2), 239–242. <https://doi.org/10.1177/095968369700700213>
- LOCKOW K-W, LOCKOW J (2009): Die Hainbuche im nordostdeutschen Tiefland – Die Hainbuche im nordostdeutschen Tiefland – Wuchsverhalten und Bewirtschaftungshinweise.
- MARCHI M, CASTELLANOS-ACUÑA D, HAMANN A, WANG T, RAY D, MENZEL A (2020): ClimateEU, scale-free climate normals, historical time series, and future projections for Europe. *Scientific Data*, 7 (1): 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00763-0>
- MAURI A, STRONA G, SAN-MIGUEL-AYANZ J (2017): EU-Forest, a high-resolution tree occurrence dataset for Europe. *Scientific data* 4: 1-8.
- MAYER H (1992): *Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- POTT R (2000): Paleoclimate and vegetation- long term vegetation dynamics in central Europe with particular reference to beech. *Phytocoenologica*, 30: 285–333.
- ROLOFF A, GRUNDMANN B (2008): Bewertung von Waldbaumarten anhand der KlimaArtenMatrix. *AFZ* 63: 1086–1088.
- SCHMALEN W (1996): Die Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) - Beerntung und Nachzucht. *LWF-Wissen* 12: 50-54.
- SUCHOMEL C, PYTTTEL P, BECKER G, BAUHUS J (2012). Biomass equations for sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in aged coppiced forests in southwest Germany. *Biomass and Bioenergy* 46: 722–730. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2012.06.021>
- TÜRK W (1996): Die Hainbuche in der realen und der potentiellen natürlichen Vegetation Mitteleuropas unter besonderer Berücksichtigung Bayerns. *LWF-Wissen* 12: 19-29.

## Autorinnen und Autor

HANNAH S. MITTELBERG, KATHARINA J. LIEPE, HEIKE LIESEBACH, MIRKO LIESEBACH  
Thünen-Institut für Forstgenetik, Sieker Landstraße 2, 22927 Großhansdorf  
Kontakt: [hannah.mittelberg@thuenen.de](mailto:hannah.mittelberg@thuenen.de)