



Biosphärenreservat
Flusslandschaft Elbe



Warum wir mehr Auenwald brauchen

Erkenntnisse und Empfehlungen des MediAN-Projektes
im UNESCO-Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe



Impressum

Projektförderung:

Diese Broschüre ist im Rahmen des Projekts „MediAN“ entstanden (<http://uhh.de/median>).

Gefördert wird das Projekt durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA); www.fona.de; Förderkennzeichen 01LC1601A-FU

Wir bedanken uns für diese Förderung sowie die Unterstützung der zahlreichen weiteren Fördermittelgeber! Kurt Lange Stiftung, HIT Umwelt- und Naturschutz Stiftungs-GmbH, Umweltstiftung Michael Otto, Naturstiftung David, Stiftung Natur im Norden, Stiftung NaturschutzFonds Brandenburg, Norddeutsche Stiftung für Umwelt und Entwicklung, Landkreis Lüchow-Dannenberg, Allerich-Stiftung, Stiftung Bostelmann, Barclays

Kontakt:

BUND-Auenzentrum Burg Lenzen
Trägerverbund Burg Lenzen e. V.
Burgstr. 3, 19309 Lenzen
info@burg-lenzen.de

Universität Hamburg
Institut für Pflanzenwissenschaften und Mikrobiologie
Abteilung Angewandte Pflanzenökologie
Ohnhorststraße 18, 22609 Hamburg
Kristin.Ludewig@uni-hamburg.de

Herausgeber:

BUND-Auenzentrum Burg Lenzen e. V.
Burgstr. 3, 19309 Lenzen (Elbe)
info@burg-lenzen.de, www.burg-lenzen.de

Konzept und Text:

Sonja Biber & Dr. Meike Kleinwächter vom BUND-Auenzentrum Burg Lenzen mit Unterstützung der Projektpartner:innen: Dr. Kristin Ludewig, Dr. Nikola Lenzewski, Dr. Lizeth Váscónez Navas, Prof. Dr. Annette Eschenbach, Prof. Dr. Kai Jensen von der Universität Hamburg | Dr. Nicole Scheunemann vom Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz | Timo Hartmann vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) | Laura Jürgens von der Loki Schmidt Stiftung

Gestaltung und Illustration:

INFOTEXT GbR
Agentur für Content & Grafikdesign

Fotos:

Titelbild: Dieter Damschen
Seite 5: Jen Guyton/BUND
Seite 10: Dieter Damschen
Seite 21 oben: Dieter Damschen, unten: Jessika Gappisch
S. 23: Dieter Damschen
S. 25 oben: BUND-Auenzentrum, unten: Anke Hofmeister
S. 26 oben rechts: Malte Cegiolka/BUND, links: BUND-Auenzentrum, unten rechts: Eulefilm/BUND

Stand:

November 2023

Auflage:

5.000 Stück

Inhaltsverzeichnis

Projektsteckbrief	4
Vorwort	5
Wald am Wasser: 10 Fakten über dieHartholz-Auenwälder an der Elbe	7
Projektgebiet Elbe	8
Erkenntnisse und Empfehlungen zum Auenwald	10
◉ Klimaschutz – Mit Auenwald natürlich	12
◉ Vitalität – Auenwald braucht Überschwemmungen	14
◉ Biologische Vielfalt – Spezialisten gesucht	16
◉ Hochwasserschutz – Raue Fakten	20
◉ Pflanzungen – Mehr Auenwald, aber wie?	22
Wissenstransfer – Grünes Klassenzimmer	26
Publikationen	27

Das MediAN-Projekt auf einen Blick

Was bedeutet MediAN?

Mechanismen der Ökosystemdienstleistungen* von Hartholz-Auenwäldern: Wissenschaftliche Analyse sowie Optimierung durch Naturschutzmanagement

Ziele:

- Erforschung der Kohlenstoffbindung und des Wasserrückhaltes von Hartholz-Auenwäldern zum besseren Verständnis und zur Förderung dieser Ökosystemleistungen
- Erhalt und ökologische Aufwertung von Hartholz-Auenwäldern als Ökosystem mit großem gesellschaftlichem Nutzen
- Wiederherstellung von Hartholz-Auenwäldern und Weiterentwicklung von Pflanzverfahren
- Wissenstransfer und Sensibilisierung durch Bildungsangebote, Öffentlichkeitsarbeit und regelmäßigen Austausch mit der Region

Projektgebiet:

150 Stromkilometer im UNESCO-Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe von der Havelmündung bis nach Lauenburg

Projektlaufzeit:

02/2017–12/2023

Projektpartner:

Universität Hamburg, Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Technische Universität Berlin, BUND-Auenzentrum Burg Lenzen, Loki Schmidt Stiftung

Kooperationspartner:

Biosphärenreservatsverwaltung Flusslandschaft Elbe-Brandenburg, Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalau, Biosphärenreservatsverwaltung Mittel-Elbe, Stiftung NaturSchutzFonds Brandenburg, Technische Universität Darmstadt, Bundesanstalt für Wasserbau

Förderung:

Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm FONA (Forschung für Nachhaltigkeit); www.fona.de.

Weitere Fördermittelgeber:

Kurt Lange Stiftung, HIT Umwelt- und Naturschutz Stiftungs-GmbH, Umweltstiftung Michael Otto, Naturstiftung David, Stiftung Natur im Norden, Stiftung NaturSchutzFonds Brandenburg, Norddeutsche Stiftung für Umwelt und Entwicklung, Landkreis Lüchow-Dannenberg, Allerich-Stiftung, Stiftung Bostelmann, Barclays

Projekt-Website:

<http://uhh.de/median>

* Im Laufe der Zeit, die zwischen Projektbeantragung und -umsetzung vergangen ist, hat sich der Begriff Ökosystemleistung (und nicht Ökosystemdienstleistung) durchgesetzt. Im Folgenden wird daher dieser verwendet

Vorwort

Prof. Dr. Kai Jensen
Universität Hamburg



Hartholz-Auenwälder sind ganz besondere Ökosysteme: In einer Naturlandschaft entwickeln sie sich auf den höher gelegenen Bereichen der Auen entlang großer Flüsse. In ihnen wechseln sich Phasen der Überflutung mit Zeiten der Trockenheit ab. Diese dynamischen und zuweilen extremen Bedingungen machen Hartholz-Auenwälder zu einem vielfältigen Lebensraum. Im MediAN-Projekt hat ein transdisziplinäres Team untersucht, wie sich die hydrologischen Veränderungen der Auen auf die Biodiversität in Hartholz-Auenwäldern auswirken. Weitere zentrale Fragestellungen waren, wie Hartholz-Auenwälder zum natürlichen Klimaschutz und zur Hochwasserretention beitragen. Hier geht es also um den Nutzen dieser Wälder für die Gesellschaft. Das Projekt geht auf einen wichtigen Meilenstein im Naturschutz in Deutschland zurück: die Verabschiedung der „Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt“ im November 2007.

Dr. Meike Kleinwächter
BUND-Auenzentrum Burg Lenzen



Wundersam wild säumten sie einst die Ufer unserer Flüsse – heute jedoch gehören Auenwälder zu den seltensten Lebensräumen in Deutschland. Flussausbau, Deiche, Holzbedarf und die Nutzung der fruchtbaren Böden für die Landwirtschaft ließen kaum ein Prozent von ihnen übrig. Grund genug, uns im MediAN-Projekt auch praktisch für ihre Entwicklung einzusetzen. Parallel zu den Forschungsarbeiten haben wir im UNESCO-Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe neue Wälder gepflanzt. So konnten Wege zur Etablierung von Hartholz-Auenwäldern aufgezeigt und erprobt werden. Die Schnittstelle von Forschung und Praxis bot Raum für einen zukunftsorientierten Austausch mit Fachakteur:innen sowie spannende Formate, um Jung und Alt für diesen besonderen Lebensraum zu begeistern. Denn der Auenwald braucht jetzt unsere Unterstützung!

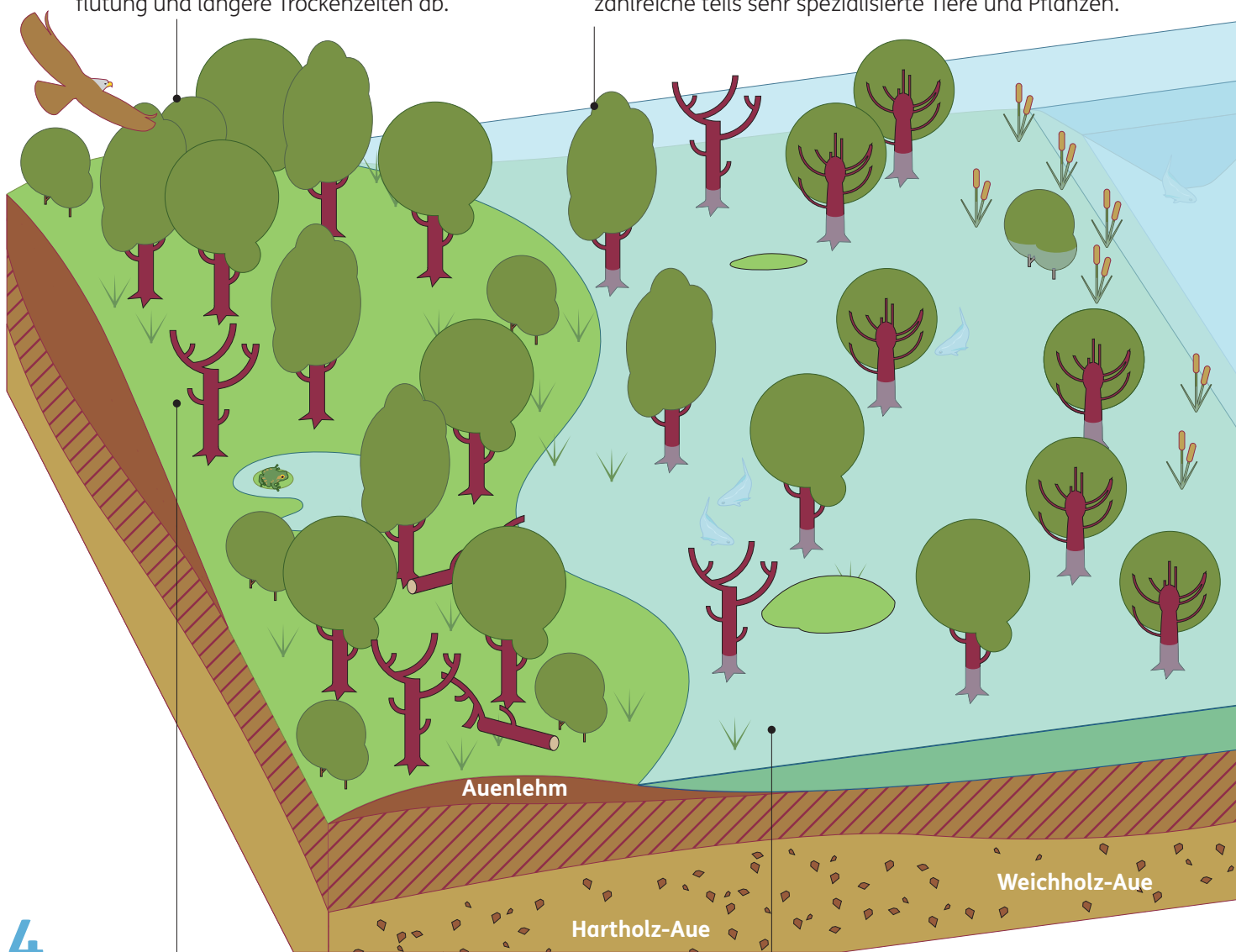
Wald am Wasser:

10 Fakten über die Hartholz-Auenwälder an der Elbe

1. Hartholz-Auenwälder wachsen natürlicherweise auf den höher gelegenen Bereichen der Auen entlang großer Flüsse wie der Elbe. In ihnen wechseln sich Überflutung und längere Trockenzeiten ab.

2. Stieleiche, Flatterulme und Gemeine Esche sind typische Baumarten der Hartholz-Auenwälder an der Elbe. Durch das vergleichsweise lichte Kronendach der Stieleiche dringt Sonnenlicht ein. Das sorgt für einen üppigen Unterwuchs mit auentypischen Pflanzen.

3. Hartholz-Auenwälder gehören zu den artenreichsten Ökosystemen Mitteleuropas. Kleinräumige Strukturen und ein dynamischer Wechsel zwischen Nässe und Trockenheit gestalten ein Mosaik an Lebensräumen für zahlreiche teils sehr spezialisierte Tiere und Pflanzen.



4. Alte Hartholz-Auenwälder in der tief liegenden aktiven Aue sind besonders gute Klimaschützer: Sie binden in Böden und Bäumen zusammen etwa 300 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar. Ihre Böden speichern 30 % mehr Kohlenstoff als seltener überflutete, trockenere Auenstandorte. Zum Vergleich: Der deutsche Durchschnittswald speichert insgesamt nur 180 Tonnen pro Hektar.

5. Hartholz-Auenwald hat in der aktiven Aue bessere Lebensbedingungen als in der Altaue: Überschwemmungen sorgen für Nährstoffe und einen relativ hohen pH-Wert. Die Nähe zum Fluss führt generell zu einer guten Wasserversorgung.

6.

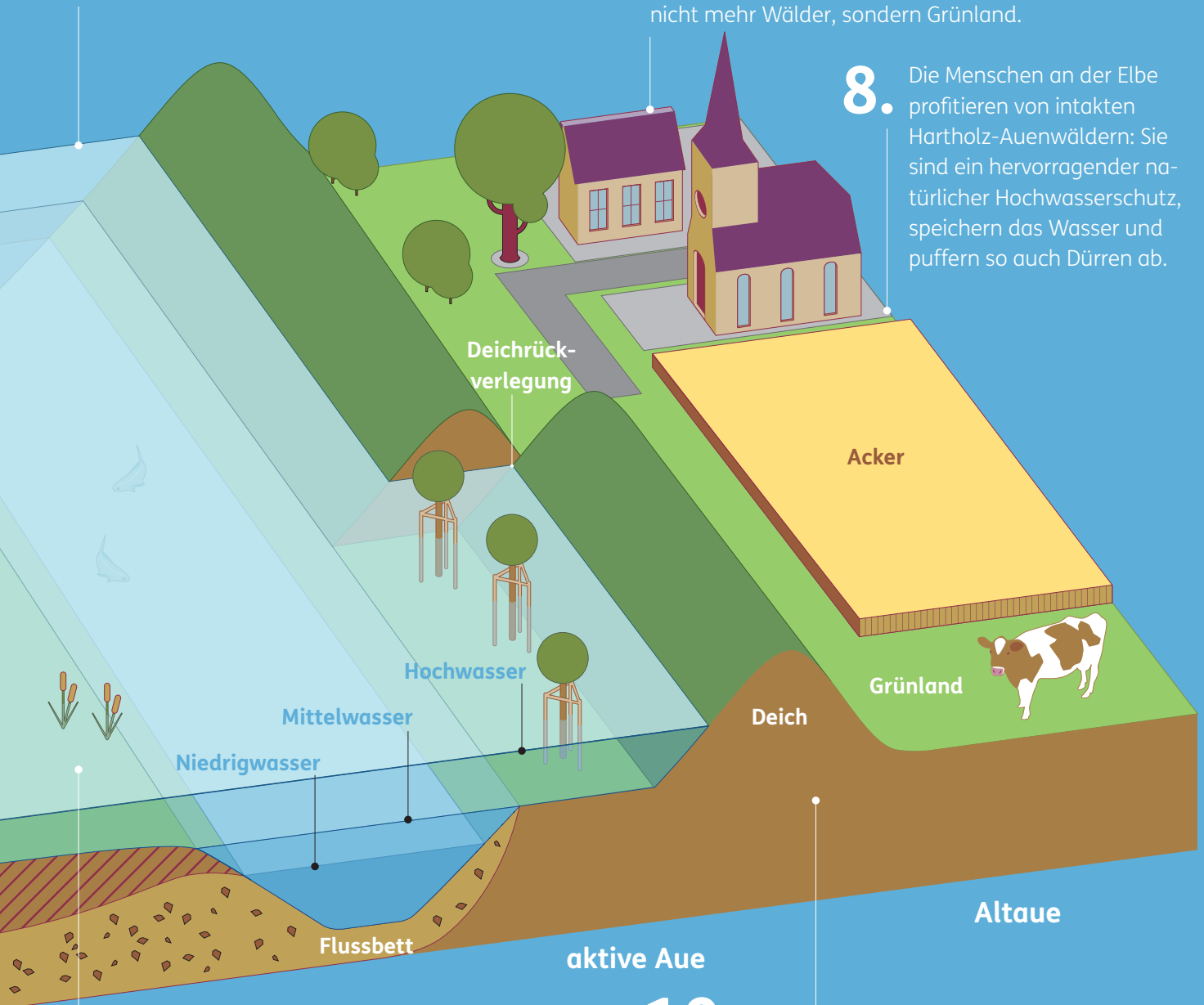
Hartholz-Auenwald braucht Platz: Wo Deiche den Fluss stark einengen, werden wegen möglicher Hochwasser keine Bäume in der aktiven Aue gepflanzt. In der Altaue scheitern Pflanzungen meist an der Flächenverfügbarkeit.

7.

Wir Menschen haben Fluss und Aue durch Deichbau getrennt. Die Verluste an Überschwemmungsflächen liegen an der gesamten Mittelelbe zwischen 50 % und mehr als 90 %. In der verbliebenen Aue dominieren nicht mehr Wälder, sondern Grünland.

8.

Die Menschen an der Elbe profitieren von intakten Hartholz-Auenwäldern: Sie sind ein hervorragender natürlicher Hochwasserschutz, speichern das Wasser und puffern so auch Dürren ab.



9.

Nur 1 % der ursprünglichen Hartholz-Auenwälder sind in Deutschland erhalten. Auch an der Elbe wurden sie auf kleine, stark fragmentierte Bestände reduziert. Dennoch ist die Elbe für den Schutz von Hartholz-Auenwäldern von großer Bedeutung. An keinem anderen deutschen Fluss gibt es mehr.

10.

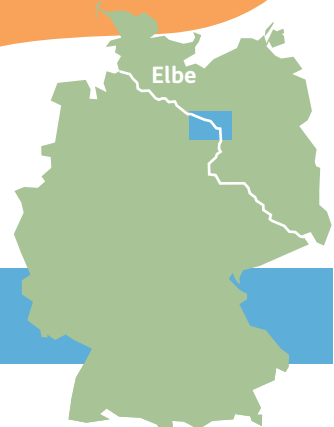
Mit drei großen Deichrückverlegungen an der Elbe wurden über 1.400 Hektar Auen reaktiviert und Flächen zum Schutz und zur Entwicklung von Hartholz-Auenwäldern gewonnen. Deutschlandweit wurden zwischen 1983 und 2021 insgesamt nur 7.100 Hektar überflutbare Auenfläche zurückgewonnen. Laut Bundesamt für Naturschutz wären mehrere Zehntausend weitere Hektar möglich!

Projektgebiet Elbe

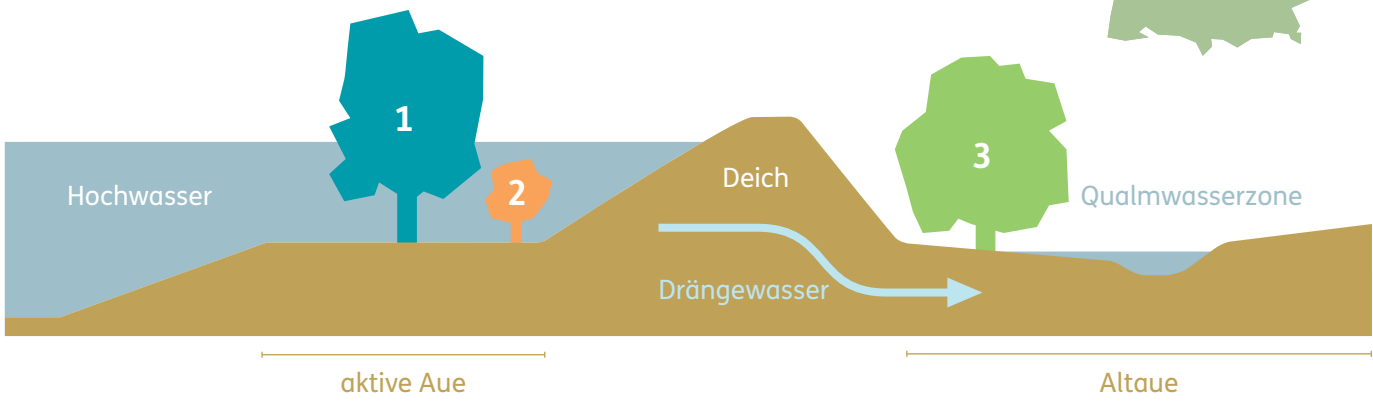
Das UNESCO-Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe gehört zu den größten der 18 Biosphärenreservate Deutschlands (Stand 2023). Es zeichnet sich durch eine lebendige Kulturlandschaft an einem der naturbelasteten Ströme in Mitteleuropa aus.

Die in der Broschüre dargestellten Erkenntnisse und Empfehlungen basieren auf den erhobenen Daten sowie den Pflanzenerfahrungen aus dem MediAN-Projekt. Wissenschaftler:innen aus der Pflanzenökologie, Bodenkunde, Bodenzologie und der Naturschutzforschung haben auf mehr als 50 Untersuchungsflächen entlang von 150 Stromkilometern im Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe geforscht. Gleichzeitig haben das BUND-Auenzentrum Burg Lenzen und die Loki Schmidt Stiftung verschiedene Pflanzmethoden erprobt, um Hartholz-Auenwald zu initiieren oder zu fördern. Die dargestellten Erkenntnisse werden anhand von drei Auenwaldtypen dargestellt.

Biosphärenreservate sind Modellregionen einer nachhaltigen Entwicklung. Sie dienen dem großräumigen Schutz von Natur und Landschaft. In ihnen werden naturverträgliche Lebens- und Wirtschaftsweisen erprobt. Auch Forschung hat einen großen Stellenwert in Biosphärenreservaten, da die ermittelten Erkenntnisse hier modellhaft angewendet werden.



Auenwaldtypen auf einen Blick



Kategorie	1 Alter Hartholz-Auenwald in der aktiven Aue	2 Junger Hartholz-Auenwald in der aktiven Aue	3 Alter Hartholz-Auenwald in der Qualmwasserzone
Lage	vor dem Deich	vor dem Deich	hinter dem Deich
Überschwemmungshäufigkeit*	häufiger	häufiger	seltener
Alter	alt	jung	alt

* abhängig von Niederschlag im Einzugsgebiet

Quelle: MediAN-Projekt

Auwaldtypen im Projektgebiet



1. Alter Hartholz-Auenwald in der aktiven Aue wie zum Beispiel die Hohe Garbe

Die alten Hartholz-Auenwälder im Vorland der Elbe sind sehr selten. Sie bedecken weniger als 1 % der aktiven Auenfläche. Daher wurden fast alle vorhandenen Bestände im Projektgebiet in unser Untersuchungsdesign aufgenommen. Einige Wälder weisen eine geschlossene Kronenschicht auf, das heißt, die Krone eines Baumes trifft die Krone des Nachbarbaumes. Andere Auenwälder haben eine parkartige Struktur und die meist großen, alten Eichen weisen keinen Kronenschluss auf. Die Wälder wachsen auf tiefer liegenden Flächen in der Aue.

2. Junger Hartholz-Auenwald in der aktiven Aue wie zum Beispiel nahe Jasebeck

Die jungen Auenwälder wurden vor 10 bis 25 Jahren gepflanzt. Auch von ihnen gibt es so wenige, dass wir alle vorhandenen Bestände in das Untersuchungsdesign des Projekts aufgenommen haben. Die typischen

Baumarten des Hartholz-Auenwaldes, Stieleiche und Flatterulme, wurden am häufigsten gepflanzt, teils in Reihen und teils in Gruppen.

3. Alter Hartholz-Auenwald in der Qualmwasserzone wie zum Beispiel die Lennewitzer Eichen

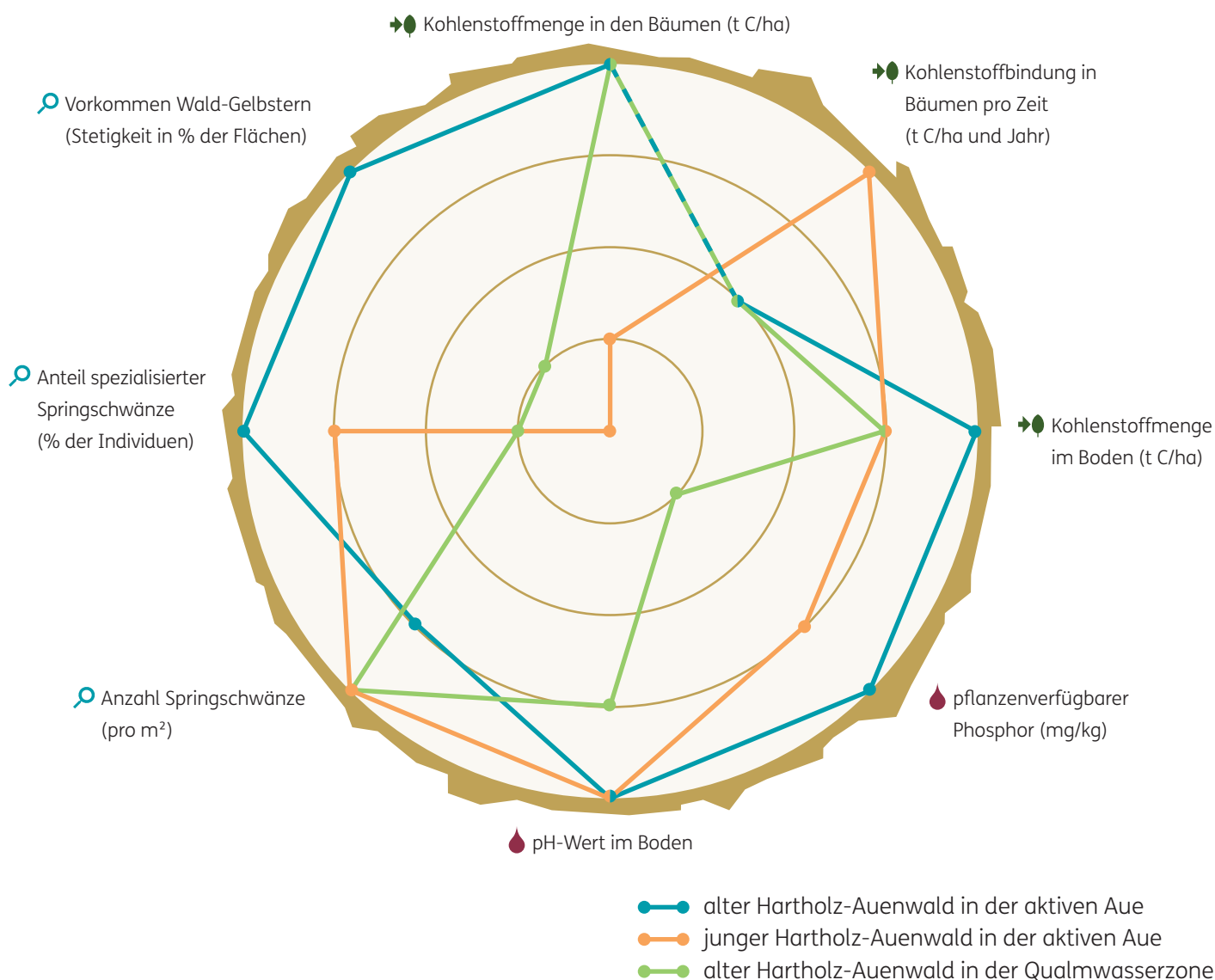
Die alten Wälder in der Qualmwasserzone wachsen, von der Elbe aus gesehen, hinter dem Deich, sie sind also nicht der direkten Überflutung mit Elbe-Wasser ausgesetzt. Qualmwasser, auch Drängewasser genannt, das im Hochwasserfall durch den Boden unter dem Deich durchsickert, führt aber zu temporären Flachgewässern. Dadurch können sich strukturreiche Auenwälder entwickeln.

Erkenntnisse und Empfehlungen zum Auenwald

Zentrale Forschungsergebnisse des MediAN-Projekts sind in der Grafik auf der nächsten Seite zusammengefasst. Für ausgewählte Parameter, also Einflussgrößen oder Eigenschaften im Auenwald, wurden Indexwerte ermittelt. Diese Indexwerte lassen sich in einem Kreis darstellen. Dabei gilt: Je weiter außen ein Parameter liegt, desto höher ist sein Wert.

Für die Berechnung der Indexwerte wurde der jeweils höchste Wert der Parameter für die drei Waldtypen gleich 100 % gesetzt. Die anderen beiden Werte wurden anschließend prozentual ins Verhältnis dazu gesetzt. Die drei Prozentwerte wurden abschließend in Indexwerte zwischen 1 und 5 umgewandelt, wobei die Einordnung in 20 %-Schritten erfolgte.





→ Klimaschutz – Mit Auenwald natürlich

Hartholz-Auenwälder sind bedeutsame Kohlenstoffsenken. Altwälder in der aktiven Aue speichern besonders viel Kohlenstoff in Boden und Bäumen. Die Jungwälder hingegen nehmen schneller Kohlenstoff aus der Atmosphäre auf. → S. 12-13

Quelle: MediAN-Projekt

💧 Vitalität – Auenwald braucht Überschwemmungen

Gute Voraussetzungen für die Pflanzen herrschen in der aktiven Aue: Überschwemmungen sorgen für Nährstoffe und einen relativ hohen pH-Wert. Flatterulmen kommen dort besonders gut mit Überschwemmungen klar, lange Trockenheit vertragen sie dagegen weniger gut. → S. 14-15

🔍 Biologische Vielfalt – Spezialisten gesucht

Hartholz-Auenwälder sind Hotspots der biologischen Vielfalt. Auenwälder in der aktiven Aue bieten spezialisierten Springschwanz- und Pflanzenarten einen Lebensraum. Die meisten Spezialisten gibt es in alten, strukturreichen Auenwäldern an der Elbe. → S. 16-19

≈ Hochwasserschutz – Raue Fakten

Die Vegetation im Vorland beeinflusst das Abflussverhalten von Fließgewässern bei Hochwasser. Diese sogenannte Rauigkeit der Bäume nimmt mit zunehmendem Walddalter ab. → S. 20-21

🌱 Pflanzungen – Mehr Auenwald, aber wie?

Intakte Hartholz-Auenwälder leisten einen Beitrag zum natürlichen Klimaschutz. An der Elbe wurden unterschiedliche Methoden erprobt, um den vielseitigen Herausforderungen bei Pflanzungen in der Flussaue zu begegnen. → S. 22-25

→ Wissenstransfer – Grünes Klassenzimmer

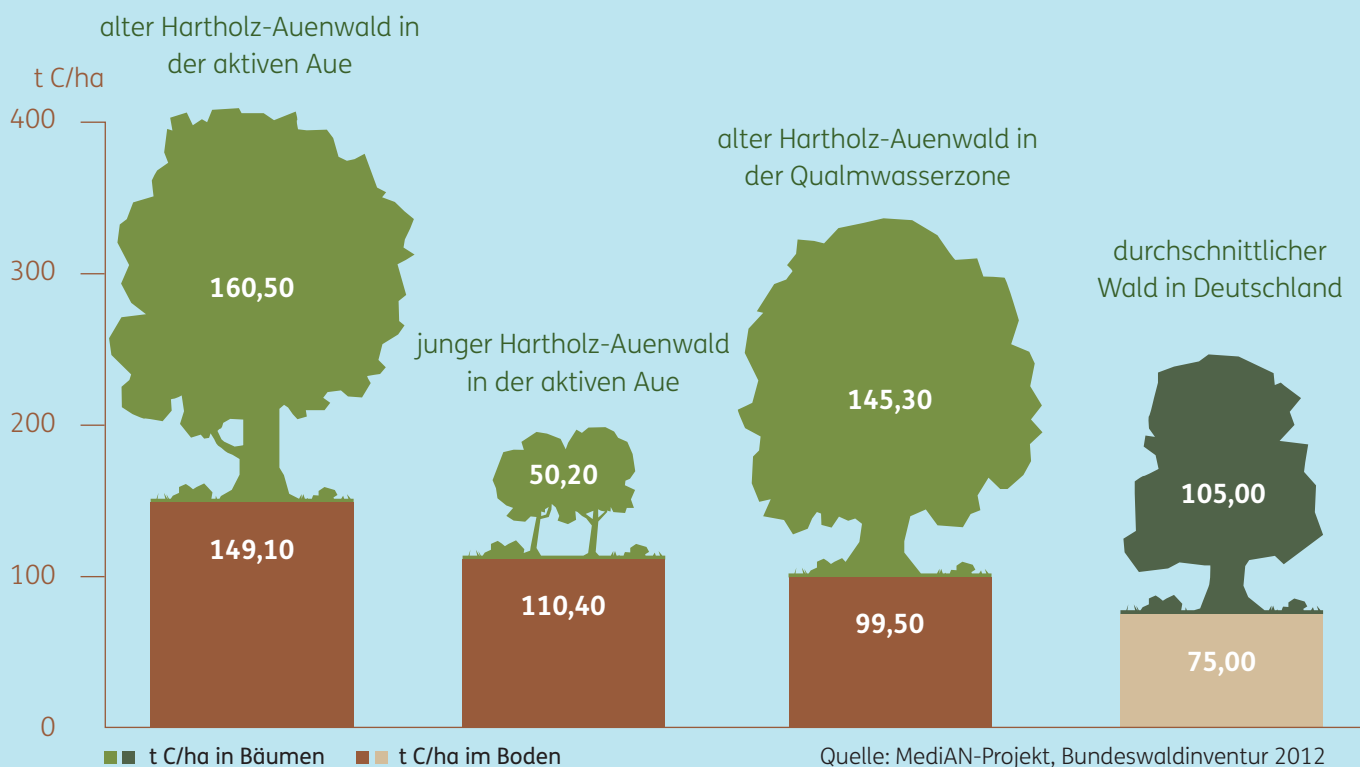
Auenwälder sind ideale Lern- und Erfahrungsorte! Auf Basis der wissenschaftlichen Erkenntnisse sind vielseitige Bildungsangebote entstanden. → S. 26

Klimaschutz – Mit Auenwald natürlich

Unsere Wälder sind nicht nur stark vom Klimawandel bedroht – sie selbst sind zugleich wichtige Klimaschützer! Während der Photosynthese binden Pflanzen Kohlenstoff in Form von organischen Molekülen in Stamm, Blättern und sonstigen Pflanzenteilen. Im Waldboden ist Kohlenstoff in Form von organischem Material gespeichert. Herabgefallenes Laub, abgestorbene Pflanzenteile und tote Tiere werden zersetzt und abgebaut. Dabei entstehen immer auch Humusbestandteile, die kohlenstoffreich sind, nicht weiter abgebaut werden und somit Kohlenstoff langfristig speichern. Die mobilisierbaren Bestandteile des humusreichen und kohlenstoffreichen Oberbodens mit vielen Nährstoffen sind ein idealer Boden für das Pflanzenwachstum.

Die typischen und immer wiederkehrenden Hochwasser bringen Nährstoffe in die Aue und kurbeln damit das Pflanzenwachstum an. Wassergesättigter Boden ist zudem arm an oder sogar frei von Sauerstoff. Dadurch werden organische Verbindungen unvollständig abgebaut und besonders viel Kohlenstoff wird längerfristig im Boden gespeichert.

Kohlenstoffmenge in Bäumen und Boden (t C/ha)





- Hartholz-Auenwälder können eine große Rolle beim natürlichen Klimaschutz spielen. Ihre Entwicklung sollte daher umfassend gefördert werden.
- Deichrückverlegungen sind umzusetzen, wo immer möglich! Denn eine Verbindung zwischen Fluss und Aue wirkt sich positiv auf die gespeicherte Kohlenstoffmenge im Boden aus.
- Hartholz-Auenwälder in der aktiven Aue und Altaue speichern gleichermaßen viel Kohlenstoff in den Bäumen. Pflanzungen sind sowohl in der aktiven Aue als auch in der Altaue wichtig.
- Alte Hartholz-Auenwälder in der aktiven Aue speichern besonders viel Kohlenstoff. Es gilt die verbliebenen Bestände zu schützen und weiterzuentwickeln.
- Pflanzungen sind wirksam im Kampf gegen den Klimawandel, können aber angesichts des hohen Pro-Kopf-Ausstoßes an Treibhausgasen nicht das alleinige Mittel sein.

Alte Hartholz-Auenwälder in der aktiven Aue speichern besonders viel Kohlenstoff in Böden und Bäumen

Ungefähr 300 Tonnen Kohlenstoff werden auf einem Hektar alten, tief liegenden Hartholz-Auenwald in der aktiven Aue gespeichert. Auffällig sind die relativ hohen Kohlenstoffmengen ihrer Waldböden. Sie fassen rund 150 Tonnen pro Hektar. Waldböden in der aktiven Aue sind häufiger wassergesättigt und damit frei von Sauerstoff, sodass der Kohlenstoff in ihnen nicht abgebaut wird. Zudem bringen die Überschwemmungen kleine organische und anorganische Partikel mit sich. Diese setzen sich in den Flussauen ab und reichern den Boden zusätzlich mit Kohlenstoff an. Die eingebrachten Nährstoffe kurbeln wiederum das Pflanzenwachstum an. Weniger überflutete Waldböden in alten Hartholz-Auenwäldern in der Qualmwasserzone speichern im Vergleich nur etwa 100 Tonnen pro Hektar.

Alte Hartholz-Auenwälder haben im Laufe der Zeit eine größere Biomasse angesammelt, da sie über viele Jahre hinweg gewachsen sind. So haben größere Bäume dickere Stämme und mehr Blattmasse als Jungwälder,

Kohlenstoffbindung in Bäumen pro Jahr (t C/ha)



1,1 t C/ha

alter Hartholz-Auenwald in der aktiven Aue



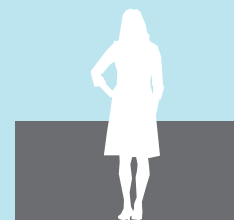
2,2 t C/ha

junger Hartholz-Auenwald in der aktiven Aue



1,2 t C/ha

alter Hartholz-Auenwald in der Qualmwasserzone



11,2 t CO₂ entsprechen ca. 3 t C

jährlicher CO₂-Ausstoß pro Bundesbürger:in

Quelle: MediAN-Projekt, UBA

was zu einer höheren Kohlenstoffspeicherung führt. Die hydrologischen Einflüsse scheinen keinen Einfluss auf die Kohlenstoffspeicherung in den Bäumen zu haben. Diese speichern unabhängig von ihrer Lage ähnlich viel Kohlenstoff.

Junge Wälder binden viel Kohlenstoff aus der Atmosphäre

Junge Hartholz-Auenwälder können schneller Kohlenstoff aus der Atmosphäre aufnehmen als alte, was zur Reduzierung des atmosphärischen Kohlenstoffdioxidgehalts und ebenfalls zur Bekämpfung des Klimawandels beiträgt. Im jungen Hartholz-Auenwald werden pro Jahr und pro Hektar 2,2 Tonnen gebunden, was 8 Tonnen Kohlenstoffdioxid entspricht. Das entspricht etwa dem jährlichen Ausstoß an Treibhausgasen eines sehr sparsamen Bundesbürgers/einer sehr sparsamen Bundesbürgerin.

Vitalität – Auenwald braucht Überschwemmungen

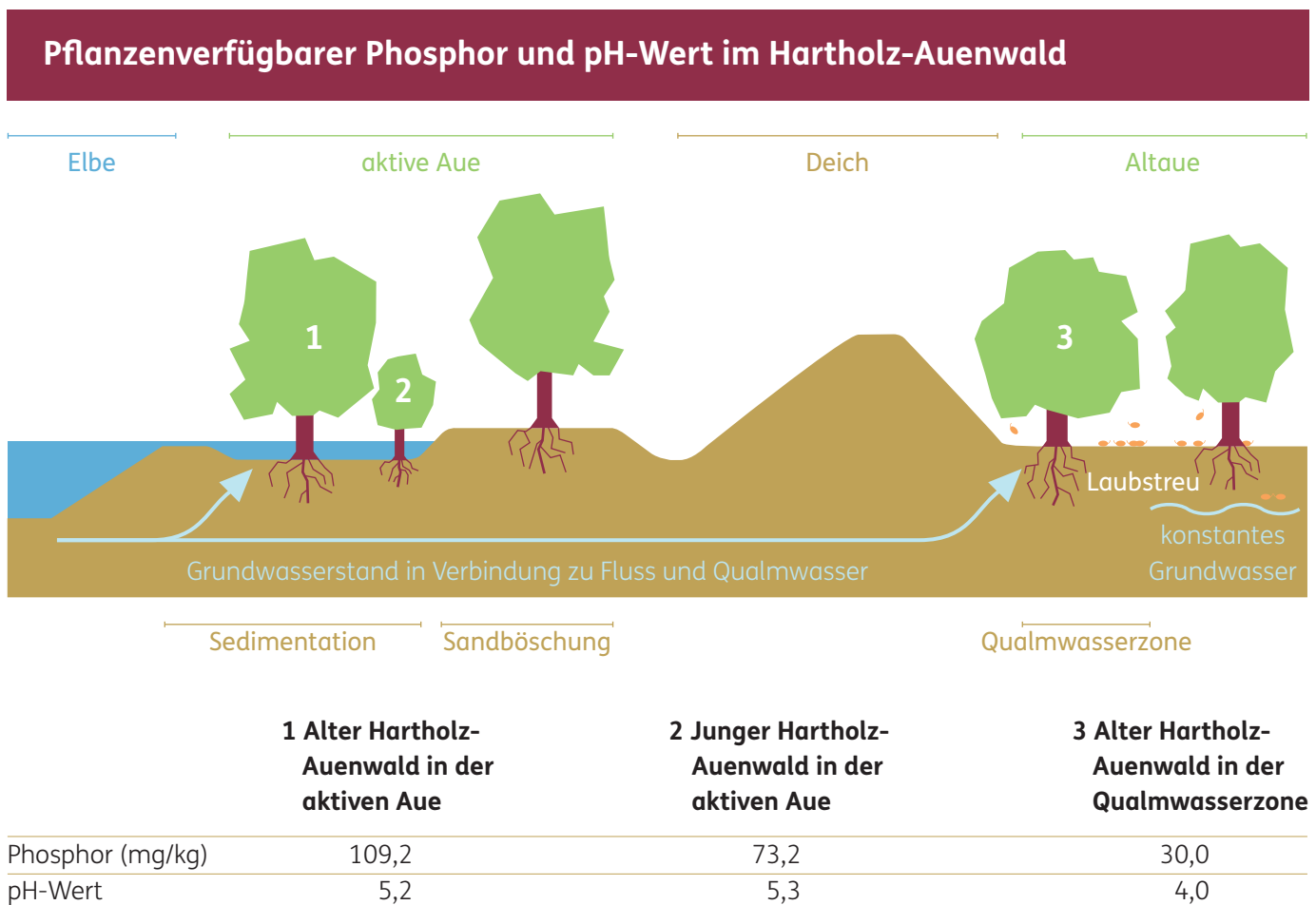
Die Wasserverfügbarkeit im Boden ist ein wichtiger Faktor für die Vitalität und das Gleichgewicht von Waldökosystemen. Durch den Klimawandel ist zukünftig vermehrt mit Hitze- und Dürreereignissen und demzufolge mit Wassermangel zu rechnen. Auch die Nährstoffversorgung der Bäume wird sich durch weniger häufige Überflutungen langfristig verändern.

Überschwemmungen sorgen für Nährstoffe

Phosphor spielt als Pflanzennährstoff im Waldboden eine wichtige Rolle: Er fördert das Wachstum und die

Vitalität der Pflanzen, gewährleistet den Nährstoffkreislauf im Ökosystem und erhält die Bodenfruchtbarkeit. Wenn der Phosphorgehalt im Boden niedrig ist, kann das Pflanzenwachstum beeinträchtigt sein und die Gesundheit des gesamten Ökosystems beeinflusst werden.

In der aktiven Aue sorgen regelmäßige Überflutungen und ein hoher Grundwasserstand für einen relativ hohen pH-Wert im Boden, was die Verfügbarkeit von wichtigen Nährstoffen für den Wald fördert. Mit den Überschwemmungen werden zudem Sedimente und Nährstoffe



Durchschnittswerte für die oberen 10 cm des Mineralbodens

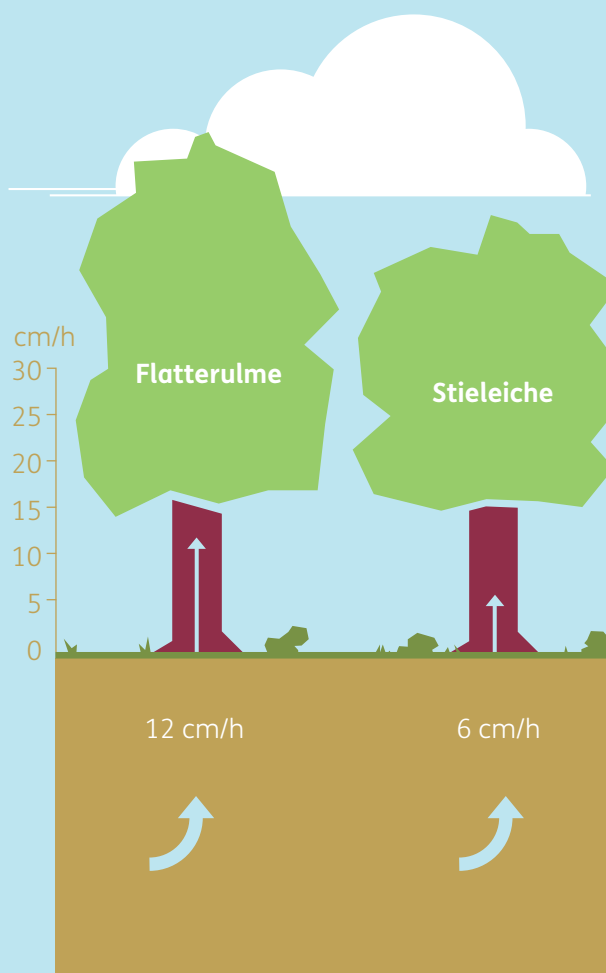
Quelle: MediAN-Projekt

wie Phosphor in die Auen eingetragen. In der Altaue hingegen, die durch den Deich von dem Fluss getrennt ist, fehlt dieser Eintrag. In Verbindung mit niedrigeren pH-Werten im Boden führt dies zu geringeren pflanzenverfügbaren Nährstoffen. Fehlende Überflutungen führen zu einer Anhäufung von Streu auf dem Waldboden. Ihre Zersetzung trägt zu einer weiteren Versauerung der Böden bei.

Zu nass, zu trocken: Anpassungsstrategien beim Wassertransport

Bäume nehmen das Wasser vom Boden über die Wurzeln auf und transportieren es bis in ihre Kronen. Dabei sind Flatterulmen generell schneller als Stieleichen, egal, ob sie auf sandigem oder lehmigem Boden wurzeln. Selbst bei Trockenheit transportieren Flatterulmen weiterhin schnell große Mengen an Wasser und regulieren die Verdunstung und damit den Wasserfluss nur geringfügig. Anders als Eichen nutzen sie das Wasser nicht so effizient und kommen so mit Dürreperioden schlechter zurecht. Ein Grund könnte sein, dass Flatterulmen meist in Auen vorkommen. Sie sind an Überflutungen und hohe Bodenwassergehalte angepasst und verfügen über die Fähigkeit, Luftsauerstoff im Bereich der Stammbasis aufzunehmen und durch ein Leitgewebe zur Wurzel zu transportieren. So können sie Bodennässe und Überflutung unbeschadet überstehen. Eichen transportieren Wasser zwar mit geringerer Geschwindigkeit als Flatterulmen, können es jedoch auch bei zunehmender Bodentrockenheit konstant aufnehmen und weiterleiten. Dies lässt sich beispielsweise durch ihre Fähigkeit erklären, mit ihren Wurzeln tieferes Bodenwasser zu erreichen. Eichen können ohne Weiteres außerhalb von Auen auch Trockenphasen überleben. Für sie sind eher lang andauernde Überflutungen problematisch.

Durchschnittliche Wassertransportgeschwindigkeit der Flatterulmen und Stieleichen in der aktiven Aue in cm/h



Quelle: MediAN-Projekt



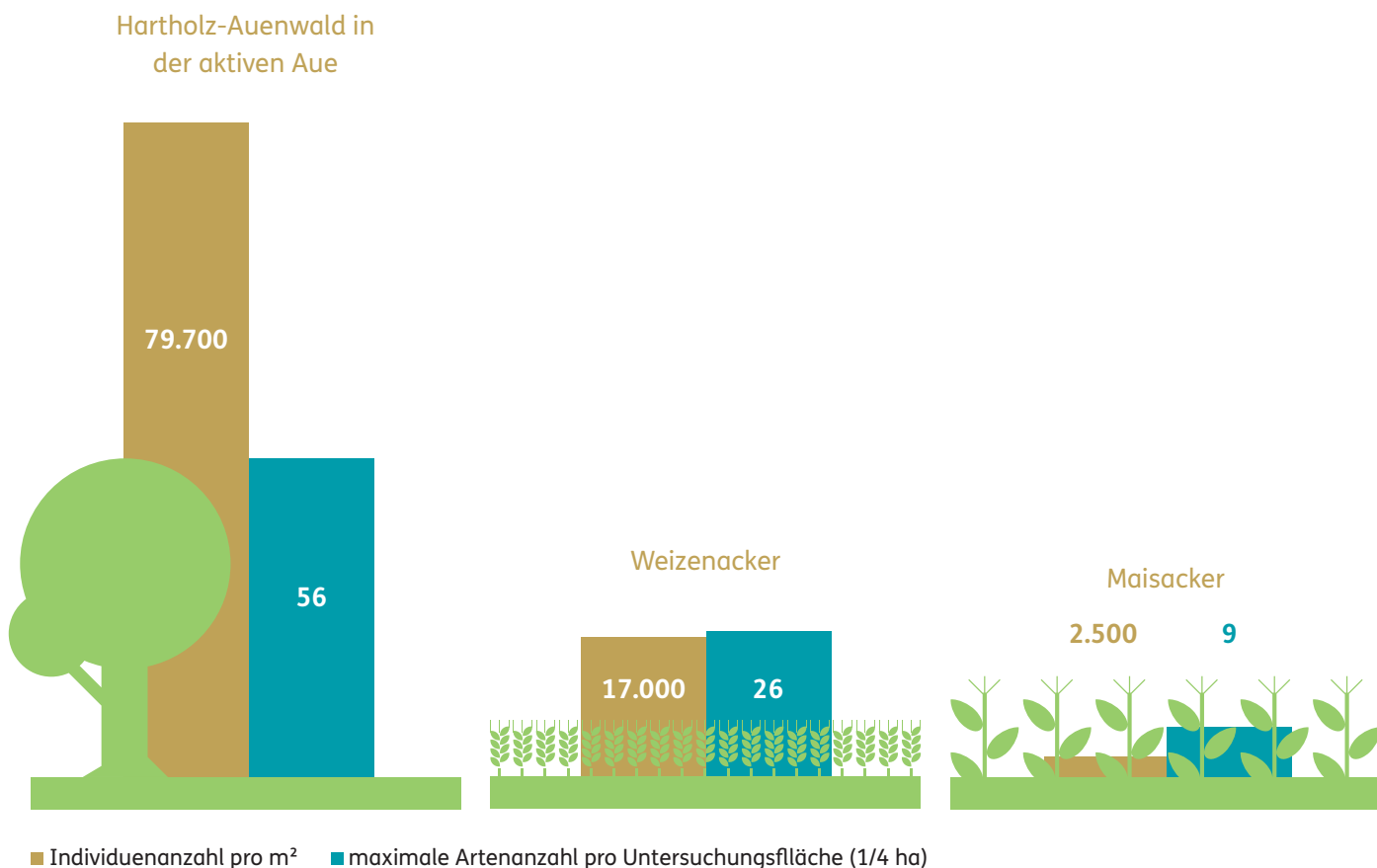
- Die ehemaligen Auenböden in der Altaue sind saurer, was bei der Auswahl der Baumarten für Pflanzungen berücksichtigt werden sollte.
- Deichrückverlegungen sind umzusetzen, wo immer möglich. Denn Überschwemmungen in die aktive Aue fördern die Waldgesundheit.
- Bei der Auswahl der zu pflanzenden Bäume soll die Geländehöhe beachtet werden. Sie gibt einen Hinweis auf die Überflutungshäufigkeit und damit auf geeignete Bedingungen für einzelne Baumarten.

Biologische Vielfalt – Spezialisten gesucht

Auenwälder sind dynamische Ökosysteme, die sich mit jeder Überflutung ändern. Die regelmäßigen Hochwasser versorgen den Boden mit Sedimenten und Nährstoffen und gestalten ihn zugleich immer wieder neu. Starke Strömungen und lang anhaltende Überschwemmungen lassen lichte Waldbereiche und Totholz entstehen, neben Dünen bilden sich Senken, die zu Tümpeln werden. Dieser große Strukturreichtum sowie die wechselnden Bedingungen zwischen Nässe und Trockenheit bieten unterschiedlichsten Arten einen Lebensraum.

Intakte Hartholz-Auenwälder gehören daher zu den artenreichsten Ökosystemen Mitteleuropas. Viele Tiere und Pflanzen sind nicht nur an die hohe Dynamik angepasst, sondern durch ihre besondere Spezialisierung auch auf diese angewiesen. Ihr Vorkommen kennzeichnet eine funktions- und widerstandsfähige Auenlandschaft. Durch die landwirtschaftliche Nutzung der aktiven Aue und insbesondere der Altaue sind viele dieser Spezialisten deutschlandweit gefährdet.

Populationsdichte und maximale Artenzahl von Springschwänzen in Hartholzauenwäldern, Weizen- und Maisäckern



Quelle: MediAN-Projekt, Nicole Scheunemann

Spezialisten sorgen für Stabilität

Springschwänze sorgen gemeinsam mit anderen Organismen für einen gesunden Boden. In Deutschland sind rund 600 Springschwanz-Arten bekannt. Davon kommen nur einige wenige Spezialisten mit den extremen Bedingungen intakter Hartholz-Auenwälder zurecht. So weichen oder sterben die meisten Arten, wenn die typischen Hochwasser in die Aue fließen. Die Spezialisten hingegen bleiben und vermehren sich: Manche Springschwanz-Arten schlüpfen erst nach Überflutungen aus ihren Eiern, die bis zu 20 Jahre im Boden überdauern

können. Durch ihre Ernährungsweise, ihre Anatomie oder ihr Verhalten sind sie im Gegensatz zu den Generalisten an extreme Bedingungen angepasst. Diese spezialisierten Springschwanz-Arten tragen zur Stabilität und Resilienz des Ökosystems Aue bei. Denn sie erfüllen auch bei „widrigen“ Bedingungen spezifische Funktionen, die das Gleichgewicht innerhalb des Ökosystems aufrechterhalten (siehe unten). In Zukunft ist vermehrt mit Extremwetterereignissen zu rechnen. Daher ist die Existenz solcher spezialisierter Arten besonders wichtig.

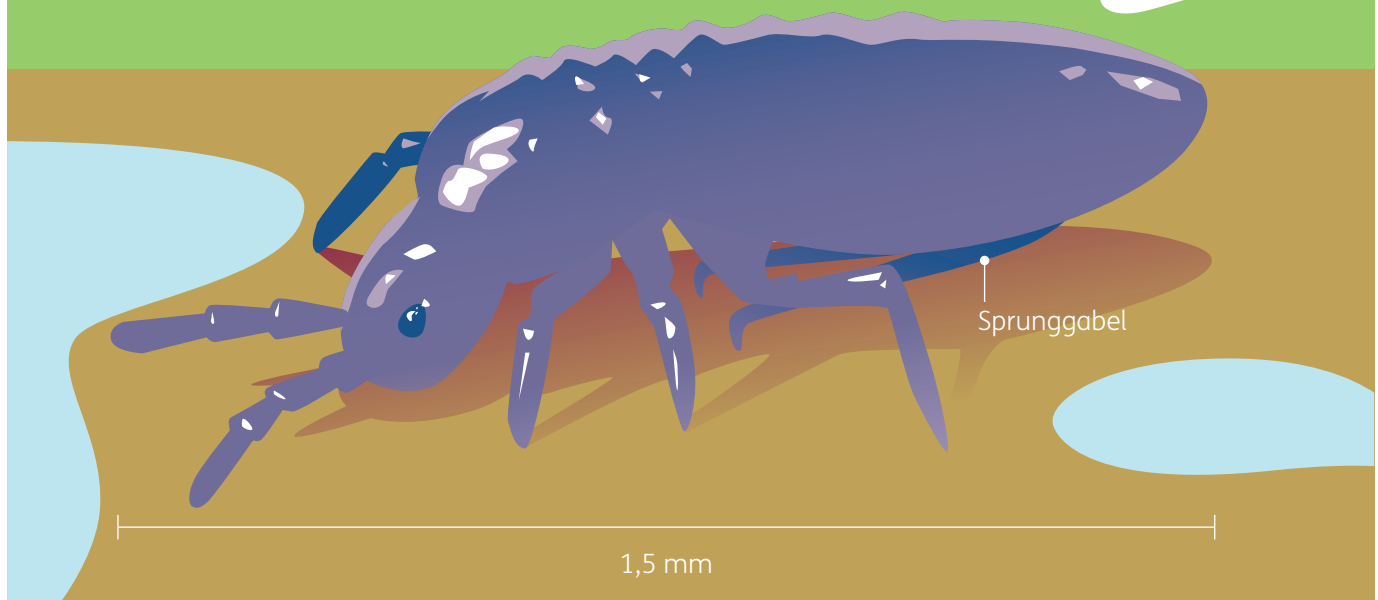
Klein, aber oho! Die Rolle von Springschwänzen im Ökosystem...

...am Beispiel des *Lepidocyrtus cyaneus*, einem Feuchte liebenden Spezialisten.

Springschwänze halten Kohlen- und Nährstoffkreisläufe aufrecht. Sie fördern die Humusbildung und Bodenbelüftung und tragen so zur Kohlenstoffbindung des Bodens und seiner Fruchtbarkeit bei. Als begehrte Beute sind Springschwänze zudem ein wichtiger Bestandteil des Bodennahrungsnetzes.

Lepidocyrtus cyaneus ist eine spezialisierte Springschwanz-Art. Sie fühlt sich in feuchter Umgebung wohl und bevorzugt nährstoffreiche Böden. Ihre schimmernden Schuppen schützen sie vor Feinden und vor dem Austrocknen, was in Flussauen, in denen sich Überflutung und längere Trockenzeiten abwechseln, von Vorteil ist.

Ihren Namen verdanken die winzigen Springschwänze ihren akrobatischen Fähigkeiten: Bei Gefahr können sie sich mit ihrer Sprunggabel am Körperende durch die Luft katapultieren und Saltos schlagen.

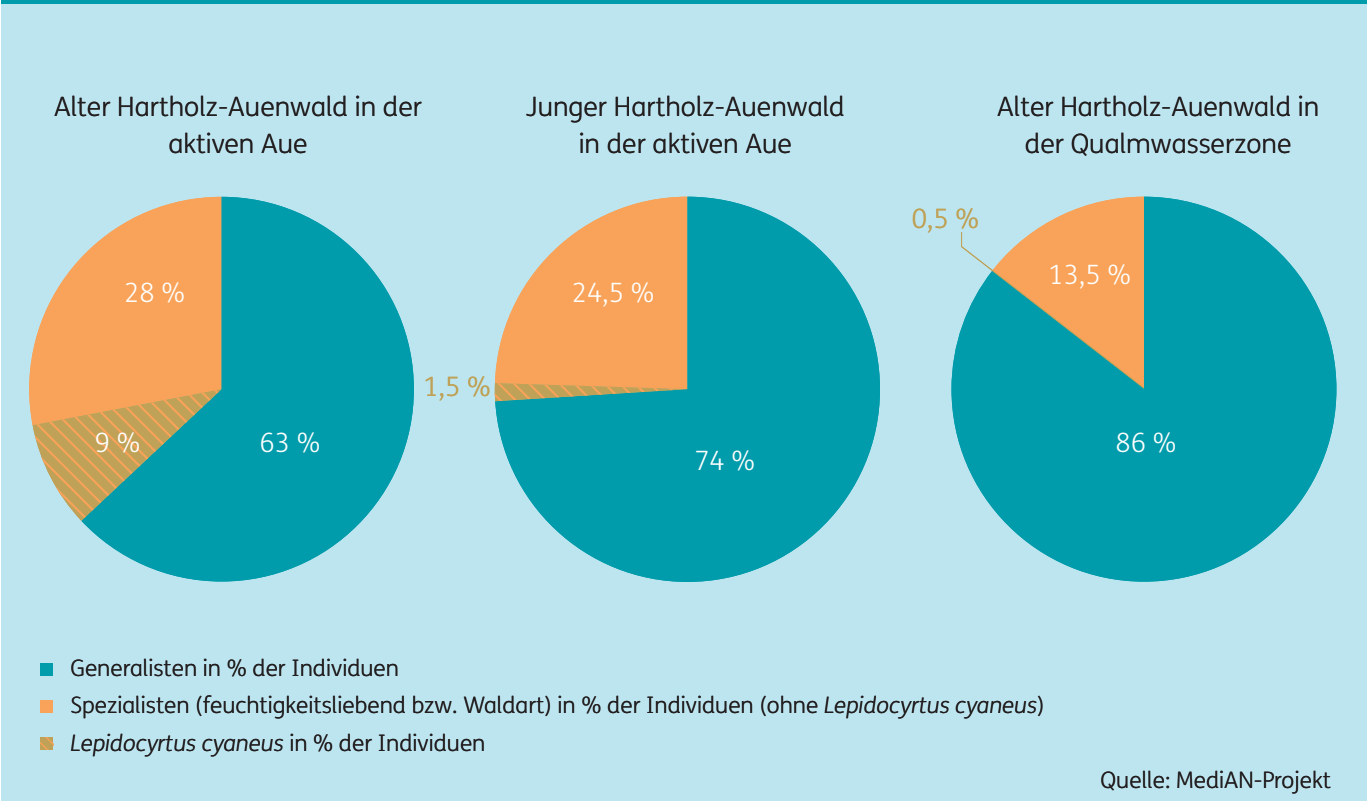


Alte Hartholz-Auenwälder in der aktiven Aue sind besonders beliebt bei Spezialisten

Ein intaktes Ökosystem kennzeichnet sich durch standortgerechte und stabile Lebensgemeinschaften: Im Hartholz-Auenwald siedeln sich unter den dort herrschenden Umweltbedingungen Pflanzen und Tiere an, die mit dem Wechsel von Überflutung und längeren Trockenzeiten zurechtkommen. Neben Generalisten ohne besondere Standortansprüche sind dies insbesondere spezialisierte Arten, die voneinander abhängig sind und eine Lebensgemeinschaft bilden. Mit zunehmendem Alter und bei stabilen Standortbedingungen werden Lebensgemeinschaften immer vielfältiger.

In den Springschwanz-Gemeinschaften in der aktiven Aue gibt es deutlich mehr spezialisierte Arten als in der Altaue. 37 Prozent der Individuen in diesen Gemeinschaften sind in dem Sinne spezialisiert, dass sie besonders gut Wälder und/oder feuchte Böden besiedeln. In alten Auenwäldern wiederum gibt es mehr dieser spezialisierten Springschwanz-Arten als in jungen Auenwäldern. Somit sind Alter und Überschwemmungsdynamik ausschlaggebende Faktoren für das Vorhandensein von Spezialisten.

Zusammensetzung der Springschwanz-Gemeinschaften im Hartholz-Auenwald



Was blüht denn da ... und warum?

Auch die Krautschicht ist ein wichtiger Bestandteil des Waldökosystems und trägt zu seiner Stabilität und Vielfalt bei. Es gibt bestimmte Pflanzenarten-Zusammensetzungen, die typisch für Hartholz-Auenwälder und ihre unterschiedlichen Ausprägungen sind. Wenn diese dauerhaft fehlen, kann das ein Hinweis darauf sein, dass der Wald durch äußere Einflüsse gestört wird. In den meisten Fällen wurde durch Deichbau oder durch Trockenlegung die Überflutungshäufigkeit verändert. Auch die Fragmentierung oder eine Eutrophierung des Waldes kann zu einem Artenschwund führen.

Der Wald-Gelbstern (*Gagea lutea*) ist eine typische und spezialisierte Pflanzenart im Hartholz-Auenwald. Wie alle Frühjahrsblüher hat er Überlebensstrategien: Er blüht frühzeitiger als andere Pflanzen und vermeidet dadurch eine starke Konkurrenz um Licht und Nährstoffe. Zudem speichert er Nährstoffe in seiner Zwiebel. Bei ungünstigen Wuchsbedingungen, wie sie etwa im Winter oder bei Störungen im Wasser- und Nährstoffhaushalt vorherrschen, greift er auf diese Reserven zurück. So kommt er mit dem auentypischen Wechsel von Trockenheit und Überflutung zurecht. An der Elbe kommt er in den Altwäldern in der aktiven Aue häufiger vor als in den anderen untersuchten Waldtypen. Besonders in hochliegenden Waldbereichen ist er oft und mit zahlreichen Exemplaren zu finden. In den alten Wäldern der Qualmwasserzone, die durch einen Deich von der Überflutungsdynamik abgetrennt sind, kommt der Wald-Gelbstern hingegen nur an einem Standort mit wenigen Exemplaren vor. In jungen Anpflanzungen konnte kein Wald-Gelbstern nachgewiesen werden.



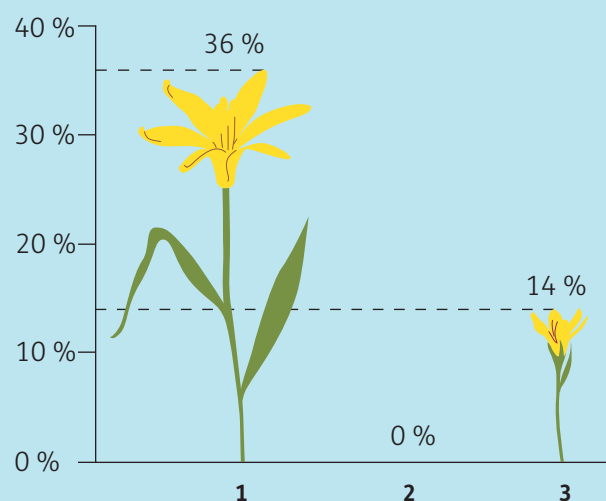
- Hartholz-Auenwälder in der aktiven Aue sollen gefördert und erhalten werden. Sie sind widerstandsfähiger, denn hier siedeln sich die seltenen Spezialisten an.
- Deichrückverlegungen sind umzusetzen, wo immer möglich. Denn je größer die aktive Aue und ihre Wälder, desto mehr spezialisierte Arten finden einen Lebensraum.
- Neupflanzungen in der Nähe von alten Wäldern können dazu führen, dass sich die auentypischen Arten schneller etablieren.

Junge Wälder in der Nähe von Altwäldern weisen eine höhere Anzahl hartholz-typischer Pflanzenarten auf als Jungwälder in größerer Entfernung von Altwäldern. Deren Mikroklima wirkt sich positiv aus und Arten können schneller einwandern.

Wald-Gelbstern-Population

Die Stetigkeit gibt an, in wie viel Prozent der untersuchten Auenwälder der Wald-Gelbstern vorkommt.

Stetigkeit in % der Flächen



- 1 alter Hartholz-Auenwald in der aktiven Aue
- 2 junger Hartholz-Auenwald in der aktiven Aue
- 3 alter Hartholz-Auenwald in der Qualmwasserzone

Quelle: MediAN-Projekt

Hochwasserschutz – Raue Fakten

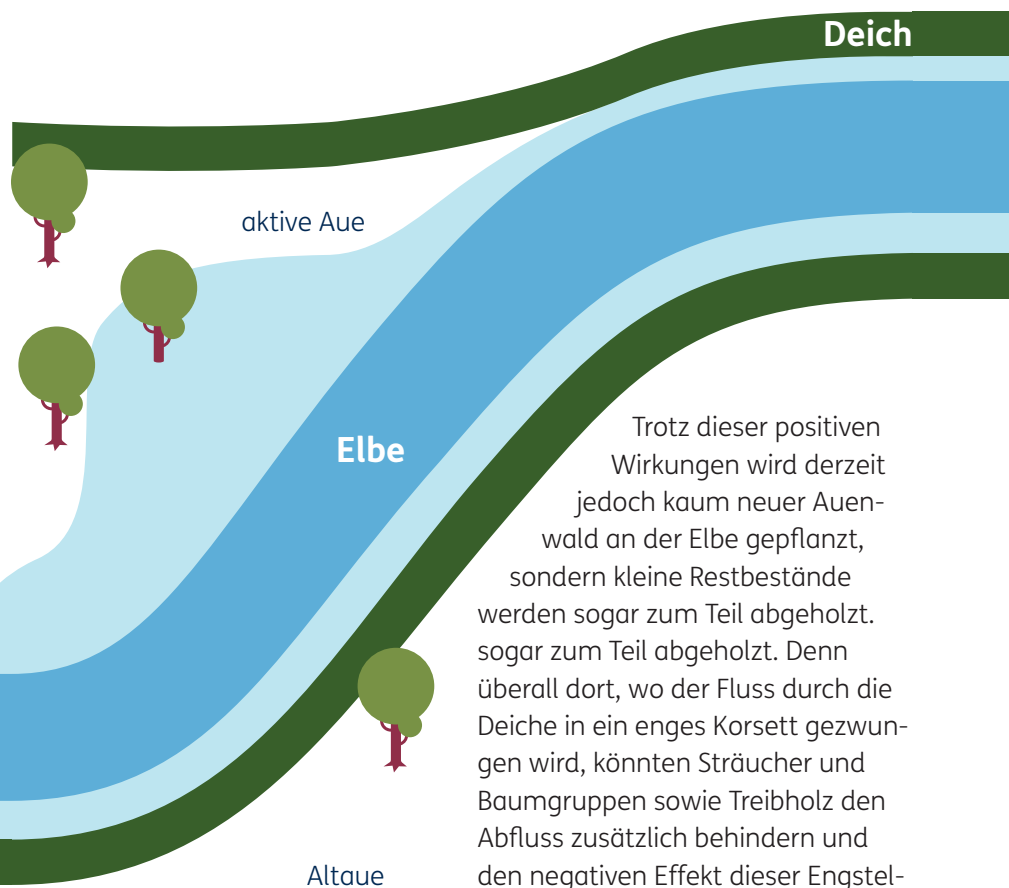
Auen sind die natürlichen Überschwemmungsbereiche eines Flusses. Die Deiche engen den Strom jedoch ein. Früher entwickelten sich an der Mittel- und Unterelbe bei großen Wassermengen ausgedehnte Wasserflächen, heute sind es hohe Pegelstände – aus ehemaligen Breitwassern sind Hochwasser geworden. Besonders extrem waren diese an der Elbe in den Jahren 2002, 2006, 2011 und auch 2013. Durch die Zunahme extremer Wetterlagen inklusive Starkregen infolge des Klimawandels sind solche Hochwasser zukünftig häufiger zu erwarten.

Junge Wälder sind rauer, sie bieten mehr Widerstand

Die Fließwiderstände von Wäldern reduzieren sich mit zunehmendem Alter. Das liegt daran, dass die Kronen der älteren Bäume mit den dichten Verzweigungen weit oben liegen, sodass sie bei Hochwasser weniger Widerstand bieten. Bei Jungbäumen befinden sich die dichten Verzweigungen weiter unten, sodass sie Hochwasser mehr Widerstand bieten. Wenn also Abholzungen im Vorland erfolgen, müssen diese kontinuierlich nachbearbeitet werden, da viele Bäume und Sträucher, wie zum Beispiel Weiden, immer wieder austreiben und sich der Strömungswiderstand im Vergleich zum Ausgangszustand sogar erhöhen würde.

Einfluss der Vegetation auf das Abflussverhalten der Elbe

Überall dort, wo der Fluss viel Raum hat, die Deiche also in weiter Entfernung sind, können naturnahe Auen als natürliche Überschwemmungsgebiete das Wasser auffangen. Sie verlangsamen die Strömung und mindern so die Wucht des Wassers. Der mit Wurzeln durchzogene Boden der Hartholz-Auenwälder nimmt dabei das Wasser wie ein Schwamm besonders gut auf. Dadurch wird die Flutwelle gestreckt und verläuft flacher als an verbauten Flüssen.



Trotz dieser positiven Wirkungen wird derzeit jedoch kaum neuer Auenwald an der Elbe gepflanzt, sondern kleine Restbestände werden sogar zum Teil abgeholzt. Denn überall dort, wo der Fluss durch die Deiche in ein enges Korsett gezwungen wird, könnten Sträucher und Baumgruppen sowie Treibholz den Abfluss zusätzlich behindern und den negativen Effekt dieser Engstelle verstärken.

Wie rau ist die Vegetation?

Die Rauigkeit von Vegetation bei Fließgewässern bezieht sich auf den Einfluss von Pflanzen auf die Strömungsgeschwindigkeit und -richtung des Wassers. Je dichter die Vegetation ist, desto größer ist die Rauigkeit und desto stärker wird die Strömung des Wassers beeinflusst. Die Rauigkeit der Vegetation ist daher ein wichtiger Faktor bei der Untersuchung und Modellierung von Fließgewässern.



- Angesichts des hohen Wertes von Auenwald gilt es, ihn zu erhalten und weiterzuentwickeln.
- Im Sinne des Hochwasserschutzes sollten neue Auenwälder so angelegt werden, dass möglichst wenig Strömungswiderstand entsteht.
- Engstellen der Elbe sollten möglichst nachhaltig durch Deichrückverlegungen beseitigt werden, denn Gehölzrückschnitte als Hochwasserschutzmaßnahme sind zwingend mit einer dauerhaften und kostenintensiven Nachsorge durch Beweidung oder Nachschnitt verbunden.



Der Fließwiderstand im Auenwald wurde auf Basis von Fotos berechnet.

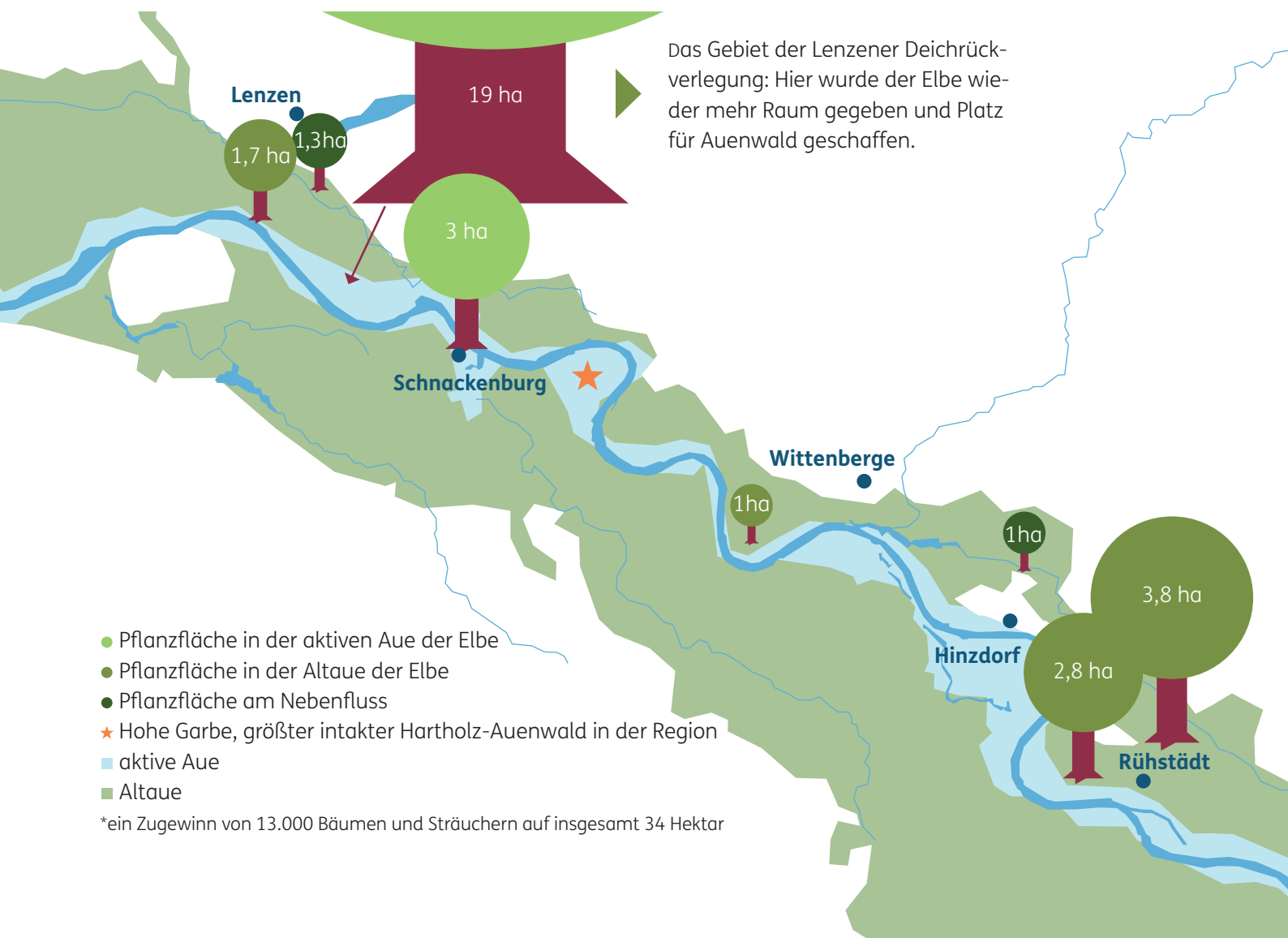
Pflanzungen – Mehr Auenwald, aber wie?

Die Ergebnisse des MediAN-Projektes unterstreichen: Hartholz-Auenwälder sind für den Erhalt der Biodiversität und den natürlichen Klimaschutz von enormer Bedeutung. Ihr Schutz und ihre Entwicklung sind daher ein wichtiges gesellschaftspolitisches Ziel. Die Neuanlage von Auenwald ist jedoch nicht einfach, schon die Suche nach geeigneten Flächen oder gar ihr Erwerb gestaltet sich häufig als schwierig. In der aktiven Aue darf der neue

Bewuchs bei einem Hochwasser nicht zu einer Erhöhung des Wasserspiegels führen. In der Altaue stehen häufig Nutzungsansprüche von Land- und Forstwirtschaft sowie Flächenkonkurrenz zu wertigem Grünland oder anderen geschützten Biotopen einer Waldentwicklung entgegen. Im MediAN-Projekt ist es dennoch gelungen, auf 34 Hektar neuen Wald zu initiieren oder weiterentwickeln und dabei neue Pflanzmethoden zu erproben.

Ein Biotopverbund entsteht:

Initiierte oder weiterentwickelte Auenwälder im MediAN-Projekt*





Eine runde Sache

Statt mit flächendeckenden Pflanzungen wurden im MediAN-Projekt jeweils Pflanzkreise angelegt, um Hartholz-Auenwald zu entwickeln. Dies sind artenreiche oder gemischte Gehölzgruppen, bestehend aus meist mehreren Bäumen, die von einer dornigen Strauchschicht umgeben sind. Die aufgewachsenen Dornensträucher dienen langfristig als Schutz für die gepflanzten Bäume. Nach einigen Jahren übernehmen sie die Schutzfunktion

der Zäune. Schnell wachsende Arten, wie Schwarzerle oder Silberweide, in der Nähe der Pflanzkreise dienen den Jungpflanzen als Schirm. Sie sorgen für ein ausgeglichenes Mikroklima.

Von den Pflanzkreisen wird sich der neue Wald auf natürliche Weise ausbreiten und zusammenwachsen. So wird bereits im jungen Auenwald eine ausgeprägte Strukturvielfalt erreicht.

Pflanzschema

Hauptbaumarten

-  Stieleiche
-  Flatterulme

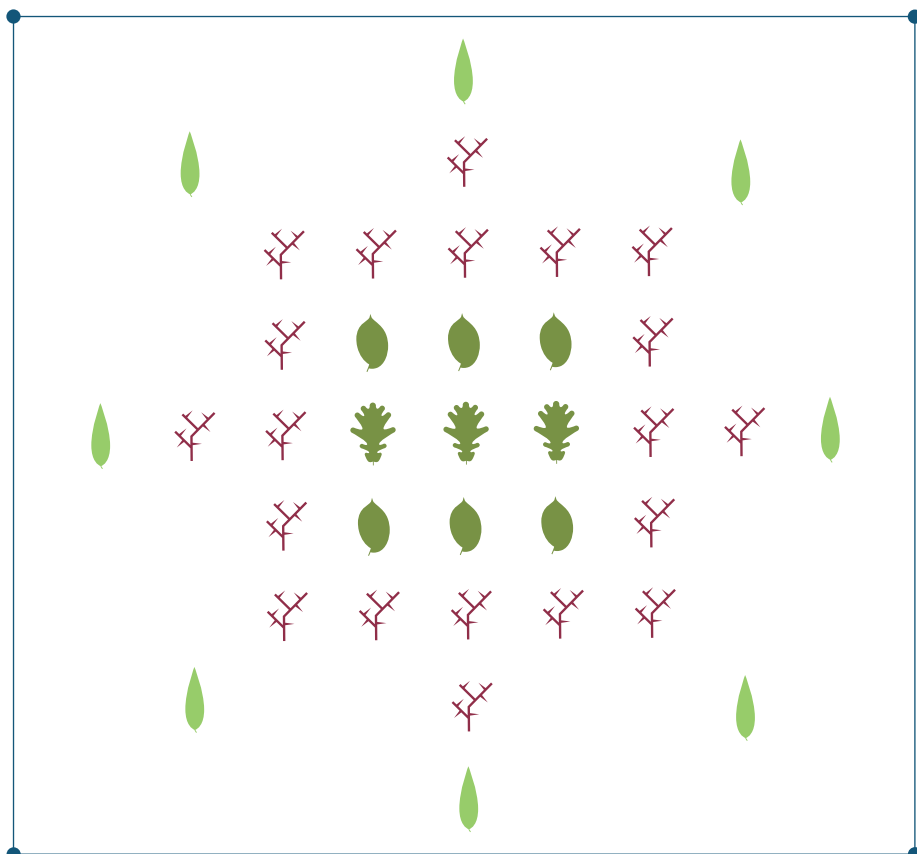
Sträucher

-  verschiedene schützende Straucharten

schnellwüchsige Schirmbäume

-  Silberweide, Schwarzerle

-  Zaun



Aufwachsen unter extremen Bedingungen

Die besondere Dynamik von Auen sowie die Auswirkungen der Klimakrise stellen die frisch gepflanzten Bäume vor besondere Herausforderungen. Um ihren

Anwuchs und ihre Vitalität zu verbessern, wurden im MediAN-Projekt verschiedene Lösungsansätze erprobt und zum Teil schon evaluiert. In den kommenden Jahren werden diese Untersuchungen fortgesetzt.

Herausforderung

Lösungsansatz

Überflutung und Eisgang

- Bei lang anhaltenden Überflutungen in der Wachstumsperiode kommt es insbesondere bei Jungpflanzen zu hohen Ausfallraten.
- Eisgang im Winter stellt eine Gefährdung der jungen Setzlinge dar.
- Stärkere Hochwasser können dazu führen, dass die Jungpflanzen fortgetragen oder unter abgelagertem Sediment begraben werden. Zudem besteht die Gefahr durch Kollision mit Treibgut.

Methodenvielfalt bei Pflanzungen

- Verwendung heimischer, standortangepasster Gehölze
- strömungsausgerichtete Anordnung der Pflanzungen, um die Ausfallraten bei Hochwasserereignissen möglichst gering zu halten
- Berücksichtigung der Geländehöhen bei der Auswahl der Bäume und Sträucher
- Bevorzugung höherer Lagen, da dort die Ausfallraten bei Überstauung oder Eisgang geringer sind

Verbiss- und Fegeschutz

- Pflanzungen im Vorland müssen sowohl vor Wild als auch bei Überschwemmungen vor Treibgut und Eisgang geschützt werden.
- Aufgrund von Hochwasserschutzvorschriften können sie nicht großräumig eingezäunt werden. Schutzmaßnahmen müssen Hochwassern standhalten.

Alternative Schutzvorrichtungen

- Verwendung von Einzelschutz aus biologisch abbaubaren Materialien, um den Eintrag von (Mikro-)Plastik ins Ökosystem zu verhindern
- Anlage von hochwasserneutralen 5 x 5 Meter großen Kleingattern mit einem Mindestabstand von 50 Metern
- Dornensträucher, die die Pflanzkreise umgeben, dienen langfristig als Schutz für die gepflanzten Bäume.

Lang anhaltende Dürreperioden

- Als Folge des Klimawandels treten auch in der Aue zukünftig extreme Trockenheit und/oder Hitzeperioden auf.

Alternative Pflanzdesigns

- Behandlung der Setzlinge mit Mykorrhiza
- Pflanzung von schnellwachsenden Arten, wie Schwarzerle oder Silberweide, die den Jungpflanzen als Schirm dienen. Sie sorgen für ein ausgeglichenes Mikroklima, schützen junge Bäume vor einer zu hohen Einstrahlung im Sommer und vor Spätfröste im Frühjahr.

Bedingungen im Boden und Krautschicht

- Bei Pflanzungen auf ehemaligem Grünland oder Acker müssen Setzlinge mit entsprechenden Bodenbedingungen sowie den oftmals sehr konkurrenzstarken Gräsern zurechtkommen.

Bodenabtrag

- Durch die Schaffung von Rohboden wird die natürliche Ansiedlung von typischen Arten des Hartholz-Auenwaldes beschleunigt, da die konkurrenzstarken Gräser fehlen und so ein Flugeintrag und die Keimung von Samen aus den umliegenden Bereichen erleichtert werden.

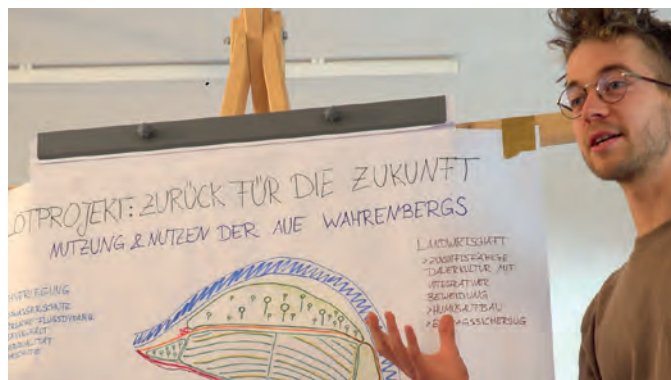
Mykorrhiza – eine ganz besondere Lösung

Auf Empfehlung der Forschungspartner:innen wurden bei einigen Pflanzungen die Setzlinge zuvor in eine spezielle Pilzlösung getaucht. Der Gedanke dahinter? Unsere Waldbäume leben zumeist in enger Symbiose mit verschiedenen Pilzen und bilden gemeinsam mit ihnen ein ganz besonderes Geflecht im Boden – die Mykorrhiza. Vor allem an Extremstandorten sowie auch in Anbetracht des Klimawandels ist dieses Pilzgeflecht von entscheidender Bedeutung. Die Mykorrhiza dient dem Baum als Vervielfachung seiner Wurzeloberfläche. Zudem können die sehr viel feineren und filigraneren Pilzfäden Bereiche im Boden erschließen, die die Wurzeln der Bäume selbst nicht erreichen. Das verbessert die Wasser- und Nährstoffaufnahme erheblich und damit auch die Überlebenschancen beispielsweise bei Trockenphasen. Insbesondere auf den ehemals landwirtschaftlichen Flächen sind diese baumspezifischen Pilze jedoch nicht oder nur sehr eingeschränkt vorhanden. Die Behandlung mit der Mykorrhiza-Lösung kann also eine wichtige Starthilfe für die jungen Bäume sein und sogar langfristige positive Auswirkungen auf ihre Gesundheit haben.



Wissenstransfer – Grünes Klassenzimmer

Natürlicher Klimaschutz, Erhalt der Biodiversität, neue Pflanzkonzepte – mit seinen Themen agiert das MediAN-Projekt direkt am Puls der Zeit. Der Verbund aus Forschung und Anwendung ermöglicht den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn in der praktischen Umsetzung unmittelbar erlebbar zu machen und so für die Unterstützung von Hartholz-Auenwäldern zu werben. Neben Exkursionen, Vorträgen und gemeinsamen Pflanzaktionen wurden dafür eigens drei Bildungsangebote entwickelt und erprobt:



Wilder Wald am großen Fluss: Diese Wanderausstellung lädt ihre Besucher:innen zu einem Waldspaziergang ein. Auf sogenannten Wissensbäumen erhalten sie Infos zu den Besonderheiten und zum Wert des Hartholz-Auenwaldes an der Elbe. Gucklöcher und andere Mitmachelemente animieren zu einer aktiven Entdeckungstour.

Wir haben Ihr Interesse an diesen Formaten geweckt? Kontaktieren Sie das BUND-Auenzentrum Burg Lenzen zu den Bildungsformaten für Jugendliche und Studierende und die Loki Schmidt Stiftung zur Wanderausstellung.

Sommeruni Integrative Landnutzung: An sechs Tagen befassen sich die Studierenden mit unterschiedlichen Landnutzungsinteressen und damit, wie man diese zu einem echten Konsens vereint. Dafür sprechen sie mit unterschiedlichen Akteuren, lernen die Ökosystemleistungen von Flussauen sowie Planungs- und Moderationstechniken kennen. Wird ihr integratives Entwicklungskonzept für eine Fläche an der Elbe die Akteure überzeugen?



Was ist der Wald wert? Jugendliche schlüpfen in die Rolle von Forscher:innen und finden mithilfe von Experimenten den gesellschaftlichen Nutzen von Auenwäldern heraus. Ihr Wissen wird den Gemeinderat in seiner Entscheidung zur Zukunft einer Fläche an der Elbe beeinflussen.

Publikationen

Sie möchten mehr über die Arbeitsweise und den Methodeneinsatz im MediAN-Projekt erfahren? Dann empfehlen wir Ihnen die erste Broschüre des MediAN-Projektes: „Was hat unser Hartholz-Auenwald mit Klima- und Hochwasserschutz zu tun?“

https://www.burg-lenzen.de/burg_lenzen/upload/6_service/2_download_pdf/BR_Projekt_Median_final.pdf

Wissenschaftliche Publikationen:

- Heger A, Becker JN, Váscónez Navas LK & Eschenbach A (2021): Factors controlling soil organic carbon stocks in hardwood floodplain forests of the lower middle Elbe River. *Geoderma* 404: 115389. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115389>
- Heger A, Kleinschmidt V, Gröngröft A, Kutzbach L & Eschenbach A (2020): Application of a low-cost NDIR sensor module for continuous measurements of in situ soil CO₂ concentration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 183 (5): 557-561. <https://doi.org/10.1002/jpln.201900493>
- Leonova A, Heger A, Váscónez Navas LK, Jensen K & Reisdorff C (2022): Fine root mortality under severe drought reflects different root distribution of *Quercus robur* and *Ulmus laevis* trees in hardwood floodplain forests. *Trees* 36: 1105–1115. <https://doi.org/10.1007/s00468-022-02275-3>
- Ludewig K, Kelm HJ, Jahn A, Purps J & Kleinwächter M (2022): Mehr Auenwald, aber wie? Pflanzkonzepte für Hartholz-Auenwald an der Unteren Mittelbe, Nationalpark-Jahrbuch Unteres Oder-tal, 104–110.
- Shupe HA, Hartmann T, Scholz M, Jensen K & Ludewig K (2021): Carbon stocks of hardwood floodplain forests along the middle Elbe: the influence of forest age, structure, species and hydrological conditions. *Water* 13 (5): 670. <https://doi.org/10.3390/w13050670>
- Shupe HA, Jensen K & Ludewig K (2022): Adapting a *Quercus robur* allometric equation to quantify carbon sequestration rates on the Middle Elbe floodplain. *MethodsX* 9: 101800. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101800>
- Shupe HA, Jensen K, Oldeland J & Ludewig K (2022): Droughts decrease and floods increase carbon sequestration rates of *Quercus robur* in hardwood floodplain forests. *Trees, Forests and People* 9: 100294. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100294>
- Scheunemann & Russell (2023): Hydrological regime and forest development have indirect effects on soil fauna feeding activity in Central European hardwood floodplain forests, *Nature Conservation* 53: 257–278. <https://natureconservation.pensoft.net/article/106260/>
- Váscónez Navas LK, Becker JN, Heger A, Gröngröft A, Eschenbach A (2022): Are active and former floodplain soils of the lower middle Elbe similar? A study of soil characteristics and possible implications for forest restoration. *CATENA* 222: 106814. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106814>

Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe



Das Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe gehört zu den Nationalen Naturlandschaften, der Dachmarke der deutschen Nationalparks, Biosphärenreservate und Naturparks getragen von EUROPARC Deutschland e.V.: www.europarc-deutschland.de



Herausgeber:
BUND-Auenzentrum Burg Lenzen
Burgstr. 3, 19309 Lenzen (Elbe)
info@burg-lenzen.de, www.burg-lenzen.de

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung