

Probleme des Waldsterbens durch den Klimawandel im Harz-Nationalpark¹

MORITZ KREYER

Der Klimawandel bringt viele Folgen mit sich. Eine dieser Folgen ist die Trockenheit, die in vielen Wäldern in Deutschland dafür gesorgt hat, dass die Baumbestände in den vergangenen Jahren flächenhaft abgestorben sind. Im Harz sind, wie an vielen anderen Orten, vor allem die Fichtenbestände davon betroffen. In den Jahren 2018 und 2019 hat es nur wenig geregnet. Und auch die Wintermonate haben anschließend keinen Ausgleich bewirkt. Seit diesen Jahren herrscht eine Dürre bis in die tiefen Bodenschichten. Auch im Jahr 2020 war es weiterhin sehr trocken.

Ändert sich daran auch in der Zukunft nichts, hat dies negative Auswirkungen auf die Wasserverfügbarkeit. Besonders davon betroffen wären Wälder, die Wasserversorgung und die Landwirtschaft (Umwelt Bundesamt, 2020). Spricht man von Wassermangel, ist dabei zwischen einem akuten und einem chronischen Wassermangel zu unterscheiden. Ein akuter Wassermangel wiederholt sich regelmäßig und bedroht in Wäldern die Verjüngung. Außerdem sorgt diese Art von Wassermangel für Baumkrankheiten. Ein chronischer Wassermangel ist topographisch bedingt und eine Boden- oder Standorteigenschaft, an welche die Waldvegetation sich allmählich anpassen kann. Allgemein kann ein Wassermangel eine Insektenkalamität auslösen, da die Bäume geschwächt sind². Der Boden trocknet so stark aus, dass Regen oberflächlich abfließt und nicht versickert. Die Bäume bekommen somit kein Wasser, obwohl es regnet. Gerade die Trockenheit wirkte sich in den vergangenen Jahren in den Wäldern des Harzes, beziehungsweise den Fichtenwäldern des Harzes besonders stark aus. Die Fichten, aber auch die Buchen befinden sich im Trockenstress und gerade die Fichte ist dabei, großflächig abzustorben. Da die Fichte in Zeiten des Bergbaus in Monokulturen gepflanzt wurde, sterben ganze Bestände flächenhaft ab. Der Nationalpark Harz leidet aktuell massiv unter dem Klimawandel. Laut Ulrich Dohle vom Bund Deutscher Forstleute und anderen Forstleuten, gehört der Baumbestand des Harzes zu

1 Der Text ist eine Kurzversion der Masterarbeit „Probleme des Waldsterbens durch den Klimawandel im Harz-Nationalpark“, die an der Universität Kassel entstanden ist.

2 Sandra, 2019

den am stärksten bedrohten Wäldern in Deutschland³. Das Aufkommen von Buchen als Spontanvegetation im Nationalpark ist ein Indiz dafür, dass die Fichten vor Ort historisch nicht dominant aufgetreten sein können. Zeitweise wurde allerdings behauptet, dass reine Fichtenwälder dort standortgerecht und natürlich seien.

Nicht nur die Trockenheit wird durch den Klimawandel hervorgerufen, sondern auch Starkregenereignisse, Stürme, Waldbrände und das Waldsterben. Starkniederschläge haben ein zerstörerisches Potential. Sie können zu Überschwemmungen führen und Bodenerosionen auslösen⁴. Des Weiteren führt die Trockenheit zu einer erhöhten Waldbrandgefahr. Allerdings werden weder Wald noch Forst bei einem Brand wirklich zerstört. Der Baumbestand wird vernichtet, aber im Boden können sich dennoch Samen befinden, aus denen Keimlinge entstehen⁵. Ein Waldbrand sollte trotzdem vermieden werden, da etliche andere Lebewesen vertrieben werden, oder sogar sterben. Die Ausmaße von Waldbränden und Überschwemmungen konnte man zuletzt in Australien beobachten. Sogar in Rheinland-Pfanz und Nordrhein-Westphalen kam es im Jahr 2021 zu extremem Hochwasser. Auch die Häufigkeit von Stürmen durch den Klimawandel wird immer wahrscheinlicher. In den letzten Jahren hinterließen Stürme extreme Schäden. Gerade die Fichte und die Douglasie sind besonders anfällig gegenüber Stürmen, beziehungsweise Windwurf⁶. Die Ausdrücke Waldsterben oder Waldverlust sind so gesehen nicht richtig, da die Standorte gewöhnlich nach Störungen von Bäumen wiederbesiedelt werden. Bedrohlich ist allerdings, dass die klimatischen Veränderungen sämtliche bisher als landschaftsbildprägend erlebten Bäume aus dem Harz zu verdrängen drohen, sodass aus diesen keine Regeneration erfolgen wird. Nachfolgend wird daher über unterschiedliche Wege zur Erhaltung bzw. Wiedererlangung von Waldbestand zu Zeiten des Klimawandels nachgedacht. Dabei ist für die ansässige Bevölkerung und den Naturschutz auch die Frage des entstehenden Landschaftsbildes relevant.

Folgende Fragestellungen sollen am Ende der Thesis beantwortet werden:

Wie wird sich das Landschaftsbild durch die massive Trockenheit und das Absterben größerer Baumbestände verändern? Welche trockenresistenten Baumarten könnten statt der Fichten eingesetzt werden? Kann das altbekannte Landschaftsbild erhalten bleiben, oder wird ein neues Bild erzeugt? Welche Art Wald wird sich mit den steigenden Temperaturen entwickeln? Was kann man planerisch tun um die verschiedenen Interessen (Forst, Tourismus, Naturschutz) zusammenzuführen? Welche Arten kann man empfehlen? Welches Vorgehen kann man aus touristischer Sicht empfehlen?

Der Nationalpark Harz – Die Harz-Wälder

Vor dem Beginn des Bergbaus hatte der Mensch nur wenig Einfluss auf die Harz-Wälder⁷. Anschließend fanden massive Eingriffe statt. Man benötigte Fichtenholz zum

3 Kommnick, 2020

4 Hänsel, 2015

5 Henning, 2020, S. 11

6 Albrecht, Axel, 2008

7 Hullen, 1992, S. 14 - 16

Ausbau von Gruben und Buchenholz zur Herstellung von Kohle⁸. Dies führte jedoch zu einer Übernutzung der Wälder und der Bergbau wurde eingestellt. 150 Jahre hatte der Wald nun Zeit sich zu regenerieren, bis die nächste Bergbauphase eingeleitet wurde. Gerade die Rotbuche hatte sich in dieser Zeit überwiegend durchgesetzt⁹. In der zweiten Bergbauphase wurde jedoch die Fichte attraktiver. So wurde die Buche verdrängt und Fichten in Monokulturen angepflanzt¹⁰.

Der Nationalpark Harz, beziehungsweise das Gebirge Harz befindet sich knapp 90 Kilometer von Kassel in Richtung Norden entfernt. Das Gebiet um den Brocken herum wird in dieser Arbeit beschrieben, der Harz mit seinem Forst. Man erkennt schnell, dass der überwiegende Teil des Harzes ein bewaldetes Gebiet ist. Doch dieser Wald, beziehungsweise der Fichtenforst, stirbt in Folge des Klimawandels immer weiter ab. Man erkennt Kahlstellen, die das altbekannte Landschaftsbild zerstören. Diese Kahlstellen entstehen, wenn der Mensch die vom Borkenkäfer befallenen Bäume schnell aus dem Wald entfernt, um gegen den Schädling vorzugehen. Betrachtet wird ein Stück des Waldes zwischen dem Brocken, der Stadt Schierke und der Stadt Wernigerode. In diesem Waldstück wird untersucht, welche Schäden die Trockenheit hinterlässt.

Die Fichten im Harz leiden besonders unter dem Trockenstress. Durch ihre flachen Wurzeln schaffen sie es nicht, genügend Wasser aus dem Boden aufzunehmen. Die Folge ist, dass der Baum nicht mehr genügend Harz produzieren kann, wodurch er schutzlos gegenüber dem Borkenkäfer ist.

Die Abbildungen zeigen die Ausmaße der Trockenheit im Harz.

Auf den Flächen der Abbildungen 1 und 2 hatte man sich dazu entschieden, die abgestorbenen Fichten stehen zu lassen, sodass sich eventuell neue Fichten-Spontanvegetation bildet; dazu allerdings später mehr. Auf anderen Flächen werden die toten Bäume jedoch weggeräumt, um zu verhindern, dass sich der Borkenkäfer weiter ausbreitet.

Ziele und eigene Überlegungen

Ziel der Arbeit war es eine Lösung zu finden, durch welche die Wälder des Harzes in naher Zukunft wieder durch Baumbestand geprägt sind. Anhand von Bewertungsbögen wurde ermittelt, welche heimischen und ausländischen Baumarten sich für die Waldflächen des Harzes eignen würden. In einem ersten Schritt wurden zwei Landschaftsbilder als Zielvegetation erzeugt. Das Landschaftsbild „Den Fichten ganz nah“¹¹ soll, wie der Name schon sagt, an den Wald mit Fichten erinnern, Bewirtschaftung ermöglichen und dadurch an das gewohnte Landschaftsbild anschließen. Dafür wurden eigene Kriterien aufgestellt. Diese teilen sich in Eigenart, Schönheit, Vielfalt, Erholungswert und Anpassung auf. Für den Punkt Schönheit bedeutet dies, dass der Betrachter ein ausgewogenes und kulturell geprägtes Gesamtbild von Landschaft erleben sollte.

8 Hullen, 1992, S. 14 - 16

9 Hullen, 1992, S. 14 - 16

10 Hoffmann, 1995, S. 22 - 39

11 Fotos: türkische Tanne: J. Gerdes, virginischer Wacholder: F. Gyssling, sibirische Lärche: T. Krukenberg, Troja Tanne: K. Hine, Kaukasus-Fichte: Van den Berk Baumschulen, serbische Fichte: D. Klöckner



Abb. 1 Auswirkungen der Trockenheit (Foto: M. Kreyer)



Abb. 2 Silberner Wald des Harzes (Foto: M. Kreyer)

Außerdem ist festgelegt, dass das Relief und sonstige bauliche und natürliche Elemente nicht verändert werden dürfen. Das ganze Landschaftsbild ist aus Nadelbaumarten anderer geografischer Herkunft zusammengesetzt. Dies sind die Kaukasus-Fichte, die

serbische Fichte, die türkische Tanne, die sibirische Lärche, die Troja-Tanne und der virginische Wacholder. Außerdem wurde darauf geachtet, dass alle der genannten Baumarten, außer dem virginischen Wacholder, theoretisch dazu in der Lage wären, sich durch ihre geographische Lage, (auf lange Sicht) von selbst nach Deutschland zu versäen. Das Landschaftsbild „Der Vergangenheit auf der Spur“,¹² soll an den historischen Buchenwald vor und zwischen den Bergbauphasen, also einen Laubwald, erinnern. Dazu wurden neben der spontan auftretenden Buche heimische Laubbaumarten ausgewählt, wie die Hainbuche, die Winterlinde, der Spitzahorn und die Stieleiche. Wie schon bei dem ersten Landschaftsbild, wurden eigene Kriterien aufgestellt. Es ist die Idee das Bild eines „Urwaldes“ zu kreieren und ab einem bestimmten Punkt, die Natur in Ruhe zu lassen, wie es aktuell auf manchen Flächen der Harz-Wälder schon versucht wird. Allerdings wird mit dieser Variante dem Wald eine Hilfestellung gegeben, damit er sich auch während des Klimawandels entwickeln kann.



Abb. 3 Trockene Wälder (Foto: M. Kreyer)

Aktuell spontan auftretende Gehölze

Obwohl die Baumbestände der Harz-Wälder flächig absterben, findet man dennoch Spontanvegetation vor. Es fällt auf, dass die Fichte versucht, sich manche Flächen zurückzuerobern. Andere Flächen werden durch die Rotbuche geprägt. Des Weiteren findet man die Eberesche und den Bergahorn auf manchen Flächen vor. Ob die Rotbuche und die Fichte eine Zukunft haben, bleibt abzuwarten. Berichten zufolge fangen im Südharz die Buchen wie die Fichte an zu sterben^{13,14}. Es heißt, dass die Trockenheit den Buchen stark zu schaffen macht. Auf den ersten Blick sei dies nicht immer zu erkennen. Schaut man jedoch genauer hin, so entdeckt man trockenes, totes Holz. Auch aus dem Habichtswald bei Kassel gibt es Berichte darüber, dass die Buchen deutliche

12 Fotos: Winterlinde: Roloff, Hainbuche: Willow, Spitzahorn: Van den Berk Baumschulen, Stieleiche: D. Unger

13 Glashagel, 2020

14 Kürscher, 2019



Abb. 4 Den Fichten ganz nah (Foto: M. Kreyer)



Abb. 5 Der Vergangenheit auf der Spur (Foto: M. Kreyer)

Schäden durch die Trockenheit erlitten haben. Schon der Pflanzensoziologe Ellenberg erwähnte, dass Rotbuchen nicht wirklich trockenheitsresistent sind und sich aus diesem Grund in kühlere Regionen zurückziehen¹⁵. Deshalb sollte geschaut werden, an welchen Stellen die Buche, wie auch die Fichte möglicherweise überleben und sich aufs Neue an die veränderten Bedingungen anpassen könnten. Aus diesem Grund werden die Baumarten auch nicht komplett aufgegeben.

Aus der Idee der Landschaftsbilder entwickelte sich im nächsten Schritt die Idee einer Saatgutmischung (ergänzend könnte man bei größeren Samen wie Eicheln auch auf die bewährte Methode von Futterstellen zurückgreifen, aus denen sich z. B. Vögel und Eichhörnchen bedienen und die Samen verbreiten).

Saat als ergänzende Wiederbesiedelungshilfe

Insgesamt wurden drei Saatgutmischungen angefertigt.

In der ersten Saatgutmischung wurden beide Baumarten, sowie die Eberesche und der Bergahorn berücksichtigt. Ziel der Saatgutmischung ist es, dass Pioniergehölze ein vorübergehendes Landschaftsbild erzeugen, beziehungsweise ein Waldbild. Wie bei einer Staudenansaat nehmen die Pioniergehölze den Platz der kurzlebigeren Pflanzen (bei Staudensaat Ein- und Zweijährige) ein. Am Schluss soll der Wald durch die

¹⁵ Ellenberg, 1978, S. 21

Hauptbaumarten geprägt sein. Die erste Saatgutmischung ermöglicht ein diverses Landschaftsbild und verbindet das Landschaftsbild „Den Fichten ganz nah“ mit dem Landschaftsbild „Der Vergangenheit auf der Spur“.

Die zweite Saatgutmischung setzt sich aus Baumarten zusammen, die aus Regionen stammen, in denen die bei uns prognostizierten klimatischen Bedingungen bereits herrschen. Pionierbaumarten wie der Eschenahorn und die Rotesche bilden wie bei der ersten Saatgutmischung ein vorrübergehendes Waldbild. Diese Saatgutmischung ist eine Weiterentwicklung des Landschaftsbilds „Den Fichten ganz nah“ mit Baumarten anderer geographischer Herkunft. Sommergrüne Baumarten ermöglichen ein diverses Landschaftsbild, welches sich stetig verändern kann.

Die dritte Saatgutmischung wird auch heimisch-fremde Saatgutmischung genannt, weil neben schon vorhandenen wiederum Arten aus Gebieten mit prognostizierten Klimabedingungen ergänzt werden. Sie verbindet die beiden Saatgutmischungen zu einer einzigen. Für den Fall, dass der Klimawandel die Temperaturen weiter ansteigen lässt, sollte die Mischung zum Einsatz kommen, um zu beobachten, wie sich die Vegetation entwickeln wird. Ziel ist es, dass sich ein robuster Wald entwickelt, der gegen Trockenheit resistent ist, aber auch mit Starkregenereignissen zurechtkommt. Fällt eine Baumart aus, ist nicht der gesamte Baumbestand, wie bei einer Monokultur, verloren, sondern nur ein kleiner Teil. Die Lücken könnten durch andere Bäume wieder geschlossen werden. Die Idee ist die Saatgutmischung auf allen Höhenlagen zu verteilen, um zu beobachten, wie sich die neuen Baumarten entwickeln werden. Es ist nicht klar, ob die Pionierbäume parallel die Entwicklung von Arten der Schlussgesellschaft zulassen oder ob überhaupt ein Pionierwald aufwächst, der sich verjüngt, bis die langlebigen Arten übernehmen. Außerdem kann man noch nicht sagen, ob sich wirklich alle Baumarten der Mischung durchsetzen werden. Tatsache ist, dass der Lösungsansatz eine Maßnahme der Not ist, da nicht genug Zeit bleibt, längere Versuchsreihen aufzubauen.

Der Naturschutz würde gerne abwarten und den Bäumen die Chance geben, sich von allein nach Deutschland zu versäen. In der Theorie ist dieser Ansatz nachvollziehbar, bei der prognostizierten Klimaentwicklung müsste im Harz aber unkalkulierbar lange auf die Ankunft der Arten gewartet werden.



Abb. 6 Fichten als Spontanvegetation
(Foto: M. Kreyer)



Abb. 7 Rotbuche als Spontanvegetation
(Foto: M. Kreyer)



Abb. 8 Eberesche als Spontanvegetation
(Foto: M. Kreyer)

deutscher Name	botanischer Name	TKG	KG	Prozent	Körner	Auswahl Korn/m²	g/m²
Pioniergehölze							
Waldkiefer	<i>Pinus sylvestris</i>	6,8	147,05882	15	22,058823	600	0,68
Europäische Lärche	<i>Larix decidua</i>	3,5	285,71428	2	5,7142856	80	0,35
Feldahorn	<i>Acer campestre</i>	80	12,5	20	2,5	800	8
Eberesche	<i>Sorbus aucuparia</i>	20	50	5	2,5	200	2
Birke	<i>Betula pendula</i>	0,2	5000	3	150	120	0,02
Espe	<i>Populus tremula</i>	0,01	100000	4	4.000	160	0,001
Salweide	<i>Salix caprea</i>	0,1	10000	1	100	40	0,1
				50	2000		
Hauptbaumarten							
Traubeneiche	<i>Quercus petraea</i>	805	1,24223	10	0,124223	400	80,5
Winterlinde	<i>Tilia cordata</i>	32	31,25	15	4,6875	600	3,2
Europäische Eibe	<i>Taxus baccata</i>	64	15,625	4	0,625	160	6,4
Bergahorn	<i>Acer pseudoplatanus</i>	100	10	1	0,1	40	10
Rotbuche	<i>Fagus sylvatica</i>	200	5	1	0,05	40	20
Spitzahorn	<i>Acer platanoides</i>	110	9,0909	8	0,727272	320	11
Hainbuche	<i>Carpinus betulus</i>	47	21,27659	5	1,0638295	200	4,7
Stieleiche	<i>Quercus robur</i>	3500	0,28571	5	0,0142855	200	350
Gewöhnliche Fichte	<i>Picea abies</i>	8	125	1	1,25	40	0,8
				50	2000		

Abb. 9 Saatgutmischung 1 – Die heimische Saatgutmischung (Erstellt durch: M. Kreyer)

deutscher Name	botanischer Name	TKG	KG	Prozent	Körner	Auswahl Korn/m²	g/m²
Pioniergehölze							
Sibirische Lärche	Larix sibirica	3,9	256,41025	10	25,641025	400	0,39
Serbische Fichte	Picea omorika	2,16	462,96296	5,5	25,462963	220	0,216
Schwarzkiefer	Pinus nigra	41,6	24,03846	12	2,8846152	480	4,16
Eschenahorn	Acer negundo	125	8	10,5	0,84	420	12,5
Essigbaum	Rhus typhina	10	100	5,5	5,5	220	1
Rotesche	Fraxinus pennsylvanica	35	28,57142	6,5	1,8571423	260	3,5
				50			2000
Hauptbaumarten							
Türkische Tanne	Abies bornmuelleriana	60	16,66666	15	2,499999	600	6
Griechische Tanne	Abies cephalonica	65	15,38461	10	1,538461	400	6,5
Spanische Tanne	Abies pinsapo	62	16,12903	2,5	0,4032258	100	6,2
Virginischer Wacholder	Juniperus virginiana	20	50	1,5	0,75	60	2
Troja-Tanne	Abies equi trojani	60	16,66666	5,5	0,9166663	220	6
Gelb-Kiefer	Pinus ponderosa	50	20	1,5	0,3	60	5
Kaukasus-Fichte	Picea orientalis	6	166,66666	1	1,6666666	40	0,6
Sibirische Ulme	Ulmus pumila	7	142,85714	11	15,714285	440	0,7
Wald-Tupelo	Nyssa sylvatica	140	7,14285	1,5	0,1071428	60	14
Schuppenrinden-Hickory	Carya ovata	4.000	0,25	0,5	0,00125	20	400
				50			2000

Abb. 10 Saatgutmischung 2 – Die fremde Saatgutmischung (Erstellt durch: M. Kreyer)

Probleme der Einwanderung von Arten benachbarter geographischer Regionen

Baumarten wie die türkische Tanne, die griechische Tanne oder auch die serbische Fichte hätten durch ihre geographische Lage eventuell die Chance sich langfristig von allein nach Deutschland zu versäen. Ob das wirklich der Fall ist, muss in diesem Schritt geklärt werden. Werden die Samen durch den Wind verbreitet, handelt es sich dabei um einen anemochoren Ausbreitungsweg. Sind stattdessen Tiere, wie zum Beispiel Vögel für die Ausbreitung verantwortlich, handelt es sich um zoochore Verbreitung¹⁶. Bei der Kaukasus-Fichte und der serbischen Fichte, werden die Samen durch den Wind verbreitet. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit nicht sehr hoch, dass die Samen kilometerweit entgegen der Hauptwindrichtung (Westen) befördert werden. Dass die Samen anemochor verteilt werden, erkennt man daran, dass sich an den Samen kleine Flügelchen befinden. Auch bei den übrigen Baumarten, wie der sibirischen Ulme, der österreichischen Schwarzkiefer, der sibirischen Lärche, der türkischen Tanne, sowie

16 Willig, 2021

deutscher Name	botanischer Name	TKG	KG	Prozent	Körner	Auswahl Korn/m²	g/m²	Höher in m
Pioniergehölze								
Waldkiefer	<i>Pinus sylvestris</i>	6,8	147,05882	14	9,9999998	560	0,68	35
Europäische Lärche	<i>Larix decidua</i>	3,5	285,71428	1,5	9,9999998	60	0,35	50
Feldahorn	<i>Acer campestre</i>	80	12,5	20	3,125	800	8	15
Eberesche	<i>Sorbus aucuparia</i>	20	50	2	1	80	2	15
Birke	<i>Betula pendula</i>	0,2	5000	3	150	120	0,02	30
Espe	<i>Populus tremula</i>	0,01	100000	1,5	1.500	60	0,001	35
Salweide	<i>Salix caprea</i>	0,1	10000	2	200	80	0,1	10
Sibirische Lärche	<i>Larix sibirica</i>	3,9	256,41025	1	2,5641025	40	0,39	45
Serbische Fichte	<i>Picea omorika</i>	2,16	462,96296	0,5	2,3148148	20	0,216	35-50
Schwarzkiefer	<i>Pinus nigra</i>	41,6	24,03846	0,5	0,1201923	20	4,16	25
Eschenahorn	<i>Acer negundo</i>	125	8	2	0,16	80	12,5	15
Essigbaum	<i>Rhus typhina</i>	10	100	1	1	40	1	6
Rotesche	<i>Fraxinus pennsylvancia</i>	35	28,57142	2	0,2857142	40	3,5	25
				50	2000			
Hauptbaumarten								
Traubeneiche	<i>Quercus petraea</i>	805	1,24223	3	0,0248446	120	80,5	30
Winterlinde	<i>Tilia cordata</i>	32	31,25	10	3,125	400	3,2	30
Europäische Eibe	<i>Taxus baccata</i>	64	15,625	1,5	0,234375	60	6,4	15
Bergahorn	<i>Acer pseudoplatanus</i>	100	10	0,5	0,05	20	10	30-40
Rotbuche	<i>Fagus sylvatica</i>	200	5	2	0,1	80	20	30
Spitzahorn	<i>Acer platanoides</i>	110	9,0909	2	0,181818	80	11	30
Hainbuche	<i>Carpinus betulus</i>	47	21,27659	4	0,8510636	160	4,7	20
Stieleiche	<i>Quercus robur</i>	3500	0,28571	1,5	0,0042857	60	350	35
Gewöhnliche Fichte	<i>Picea abies</i>	8	125	1	1,25	40	0,8	30-60
Türkische Tanne	<i>Abies bornmuelleriana</i>	60	16,66666	5	0,833333	200	6	50
Griechische Tanne	<i>Abies cephalonica</i>	65	15,38461	0,5	0,0769231	20	6,5	30
Spanische Tanne	<i>Abies pinsapo</i>	62	16,12903	0,5	0,0806452	20	6,2	30
Virginischer Wacholder	<i>Juniperus virginiana</i>	20	50	2	1	80	2	20-40
Troja-Tanne	<i>Abies equi trojani</i>	60	16,66666	2	0,3333332	80	6	30
Gelb-Kiefer	<i>Pinus ponderosa</i>	50	20	1	0,2	40	5	40
Kaukasus-Fichte	<i>Picea orientalis</i>	6	166,66666	1	1,6666666	40	0,6	33
Sibirische Ulme	<i>Ulmus pumila</i>	7	142,85714	10	14,285714	400	0,7	30
Wald-Tupelobaum	<i>Nyssa sylvatica</i>	140	7,14285	1,5	0,1071428	60	14	30
Schuppenrinden-Hickory	<i>Carya ovata</i>	4.000	0,25	1	0,0025	40	400	25-40
				50	2000			

Abb. 11 Saatgutmischung 3 – Die heimisch-fremde Saatgutmischung (Erstellt durch: M. Kreyer)

der Spanischen-, Griechischen- und der Troja-Tanne handelt es sich um anemochore Samen¹⁷. Es gibt allerdings Berichte darüber, dass die Geschwindigkeit der Wanderung von Bäumen mit Schwierigkeiten verbunden ist, wenn man sie mit der Geschwindigkeit des Klimawandels vergleicht¹⁸. Es wird davon ausgegangen, dass bis zum Jahre 2050 viele heimische Baumarten, aber zum Teil auch in ganz Europa, durch die klimatischen Veränderungen, aus ihren aktuellen Verbreitungsgebieten verschwinden werden. Somit ist damit zu rechnen, dass die Biodiversität hier immer weiter abnehmen wird¹⁹. So schreibt auch B. Henning, dass es durch den Temperaturanstieg zu einer Verschiebung der Vegetationszonen kommen wird. Ganze Waldflächen würden verloren gehen, da der Baumbestand der Wälder an diesen Stellen wegen der Trockenheit nicht mehr überleben könnte²⁰. Es gibt dynamische Modelle, die aufzeigen, dass die zu erwartenden klimatischen Veränderungen durch den Klimawandel zu schnell für die Samenverbreitung der Bäume fortschreiten werden. Das bedeutet, dass die Fortbewegung der Bäume im Vergleich zu den klimatischen Veränderungen zu langsam ist²¹. Da es sich bei den Samen nicht um fleischige Früchte handelt, ist es unwahrscheinlich, dass sie durch Vögel ausgebreitet werden. Eine Studie des Senckenberg Instituts hat ergeben, dass sogar diese Ausbreitungsart nicht sehr erfolgreich ist. Man beobachte-

17 Henning, k.A.
18 Schöne, 2020, S. 200
19 Schöne, 2020, S. 201
20 Henning, 2020, S. 28
21 Schöne, 2020, S. 202

te in insgesamt dreizehn Wäldern in Nord-, Mittel- und Südeuropa, welche Vogelarten die fleischigen Früchte der Baumarten fraßen. Insgesamt wurden jedoch nur 35 % der Pflanzenarten, beziehungsweise der Früchte von den Zugvögeln gefressen, die anschließend wieder nach Norden fliegen. Es wurde außerdem festgestellt, dass die Früchte der Pflanzenarten von den Vögeln gefressen wurden, die auf dem Weg nach Süden waren. Der Gedanke war, dass die Zugvögel die Früchte fressen, nach Norden fliegen und die Samen wieder ausscheiden, sodass sich die Baumarten ausbreiten können, was aber tatsächlich sehr unwahrscheinlich ist. Dazu kommt, dass lediglich die Samen der Pflanzenarten gefressen werden, die während des Frühjahrszugs fruchten. Leider ist es so, dass das auf die meisten Baum- und Pflanzenarten nicht zutrifft²². Die zwingend erscheinende Lösung liegt demnach auf der Hand., die Samen von zukunfts-fähig erscheinenden Baumarten müssen künstlich auf den Flächen des Harzes ausgebracht werden.



Abb. 12 Waldflächen des Harzes im Jahr 2050 mit steigender Temperatur (Darstellung: M. Kreyer)

Die Notwendigkeit der Verbreitung hypothetisch zukunftsfähiger Arten

Durch die vorgeschlagenen Saatgutmischungen, Futterangebote und durch Pflanzungen wird die Bildung neuer Harzwälder beschleunigt. Abschließend werden zwei Szenarien dargestellt.

Szenario 1 zeigt, dass sich das heutige Klima bis zum Jahre 2050 gehalten hat, beziehungsweise nur wenig angestiegen ist. Ob sich die dritte Saatgutmischung zu einem Mischwald entwickeln kann, bleibt abzuwarten. Dennoch wird durch das Vorhaben zumindest ein Beitrag dazu geleistet, die Zukunftswälder zu untersuchen, da grund-

²² Albrecht, 2021

sätzlich mehrere Lösungs-Wege parallel begangen werden sollten, um im Wettlauf mit der klimatischen Entwicklung, erfolversprechende Ergebnisse zu erhalten.

Szenario 2 zeigt, dass sich das Klima bis zum Jahr 2050 um weitere 0,4 Grad erhöht hat. Der Gedanke ist, dass die heimischen trockenresistenten Baumarten an ihre Grenzen kommen und sterben werden. Der Wald wird anschließend durch reproduktionsfähige Arten anderer, schon heute stärker trockenheitsbelasteter Gebiete aufrechterhalten. Ob dieses Szenario eintreten wird, bleibt offen, da das Vorhaben wie schon erwähnt, einen experimentellen Charakter besitzen muss.²³

Literaturverzeichnis

- Albrecht Axel, S. D. (15. April 2008). Klimawandel und Stürme über Europa . Von <https://www.waldwissen.net/de/lebensraum-wald/klima-und-umwelt/klimawandel-und-co2/klimawandel-und-stuerme-ueber-europa> abgerufen
- Albrecht, D. J. (23. Juni 2021). Zugvögel helfen nur bestimmten Pflanzenarten in den Norden abzuwandern. Abgerufen am 13. Juli 2021 von <https://www.senckenberg.de/de/pressemitteilungen/exklusive-mitflugzentrale-in-zeiten-des-klimawandels-zugvoegel-helfen-nur-bestimmten-pflanzenarten-in-den-norden-abzuwandern/>
- Ellenberg, H. (1978). Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. Stuttgart: Eugen Ulmer Stuttgart.
- Glashagel, A. (4. Mai 2020). Hat das nächste Dürrejahr begonnen? Abgerufen am 27. Mai 2021 von https://www.nnz-online.de/news/news_lang.php?ArtNr=274573
- Hänsel, S. S. (2015). Niederschlagsveränderungen in Sachsen von 1901 bis 2100 - Starkniederschlags- und Trockenheitstrends. Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes.
- Henning, B. (2020). Waldsterben 2.0? Klimawandel, Globalisierung & Borkenkäfer. Österreich: myMorawa.
- Henning, B. (2020). Waldsterben 2.0 Klimawandel, Globalisierung & Borkenkäfer. Österreich: myMorawa.
- Henning, B. (2020). Waldsterben 2.0? Klimawandel, Globalisierung & Borkenkäfer. Österreich: myMorawa.
- Henning, B. (2020). Waldsterben 2.0? Klimawandel. Globalisierung & Borkenkäfer. Österreich: myMorawa.
- Henning, B. (k.A.). Verbreitung von Samen. Abgerufen am 13. Juli 2021 von <https://www.forestbook.info/verbreitung-von-samen/>
- Hofmann, H. (1995). Deutsche Nationalparke Harz und Hochharz. Herrsching: NATURA 2000 GmbH.
- Kommnick, B. (28. Oktober 2020). Klimawandel führt zu Waldsterben im Harz „Situation ist verheerend“. Abgerufen am 30. Oktober 2020 von <https://www.kreiszeitung.de/lokales/niedersachsen/harz-klimawandel-niedersachsen-nationalpark-wald-waldsterben-borkenkaefer-zr-90081710.html>

23 Foto: **türkische Tanne:** J. Gerdes, **griechische Tanne:** R. Lippert, **Wald-Tupelobaum:** Van den Berk Baumschulen, **Troja Tanne:** K. Hine, **spanische Tanne:** Monzon, **virginischer Wacholder:** F. Gyssling, **serbische Fichte:** D. Klöckner, **Schuppenrinden-Hickory:** Schlegel & Co., **Kaukasus-Fichte:** Van den Berk Baumschulen, **Schwarzkiefer:** umitulker, **Gelb-Kiefer:** W. Siegmund, **sibirische Ulme:** Famartin

- Kürschner, E. (26. Juli 2019). Der Wald im Harz stirbt – diesmal wirklich. Abgerufen am 27. Mai 2021 von <https://www.mdr.de/nachrichten/sachsen-anhalt/magdeburg/harz/waldsterben-einschaetzung-waldbesitzer-waldbrandgefahr-touristen-100.html>
- Meike Hullen, R. M.-M. (1992). Nationalparkplanung im Harz - Bestandsaufnahme - Naturschutz. Hannover: Niedersächsisches Umweltministerium.
- Sandra, C. (4. November 2019). Trockenheit im Wald. Abgerufen am 3. März 2021 von <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/schadensmanagement/trockenheit/trockenheit-im-wald>
- Schöne, L. (2020). Kassels Bäume der Zukunft - Welche Bäume werden mit Blick auf die Folgen des Klimawandels in Kassel zukünftig zu finden sein und wieso? Kassel.
- Schöne, L. (2020). Kassels Bäume der Zukunft - Welche Bäume werden mit Blick auf die Folgen des Klimawandels in Kassel zukünftig zu finden sein und wieso? Kassel.
- Schöne, L. (2020). Kassels Bäume der Zukunft - Welche Bäume werden mit Blick auf die Folgen des Klimawandels in Kassel zukünftig zu finden sein und wieso? Kassel.
- Stiegler, J., & Binder, F. (2013). Die Hangrichtung ist entscheidend.
- Umwelt Bundesamt. (12. August 2020). Trockenheit in Deutschland – Fragen und Antworten. Abgerufen am 03. März 2021 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/trockenheit-in-deutschland-fragen-antworten>
- Willig, H.-P. (2021). Ausbreitungsmechanismen von Pflanzen. Abgerufen am 13. Juli 2021 von https://www.biologie-seite.de/Biologie/Ausbreitungsmechanismen_von_Pflanzen

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 Auswirkungen der Trockenheit (Foto: M. Kreyer)
- Abb. 2 Silberner Wald des Harzes (Foto: M. Kreyer)
- Abb. 3 Trockene Wälder (Foto: M. Kreyer)
- Abb. 4 Den Fichten ganz nah (Darstellung: M. Kreyer)
- Abb. 5 Der Vergangenheit auf der Spur (Darstellung: M. Kreyer)
- Abb. 6 Fichten als Spontanvegetation (Foto: M. Kreyer)
- Abb. 7 Rotbuche als Spontanvegetation (Foto: M. Kreyer)
- Abb. 8 Eberesche als Spontanvegetation (Foto: M. Kreyer)
- Abb. 9 Saatgutmischung 1 - Die heimische Saatgutmischung (Erstellt durch: M. Kreyer)
- Abb. 10 Saatgutmischung 2 - Die ausländische Saatgutmischung (Erstellt durch: M. Kreyer)
- Abb. 11 Saatgutmischung 3 - Die heimisch-ausländische Saatgutmischung (Erstellt durch: M. Kreyer)
- Abb. 12 Waldflächen des Harzes im Jahr 2050 mit steigender Temperatur (Darstellung: M. Kreyer)