Klimawandel und Anpassungsfähigkeit der Buche aus Sicht der ökologischen (Wald-)Genetik

WEIHENSTEPHAN · TRIESDORF
University of Applied Sciences

Prof. Dr. E. Hussendörfer

17.08.2022

Applied Sciences for Life

Aspekte

1) Einführung (Ökologische Waldgenetik, Variabilität)

2) Kimawandel-angepasstes Wald(Genetik)management

3) Interspezifische genetische Systeme

4) Resümee

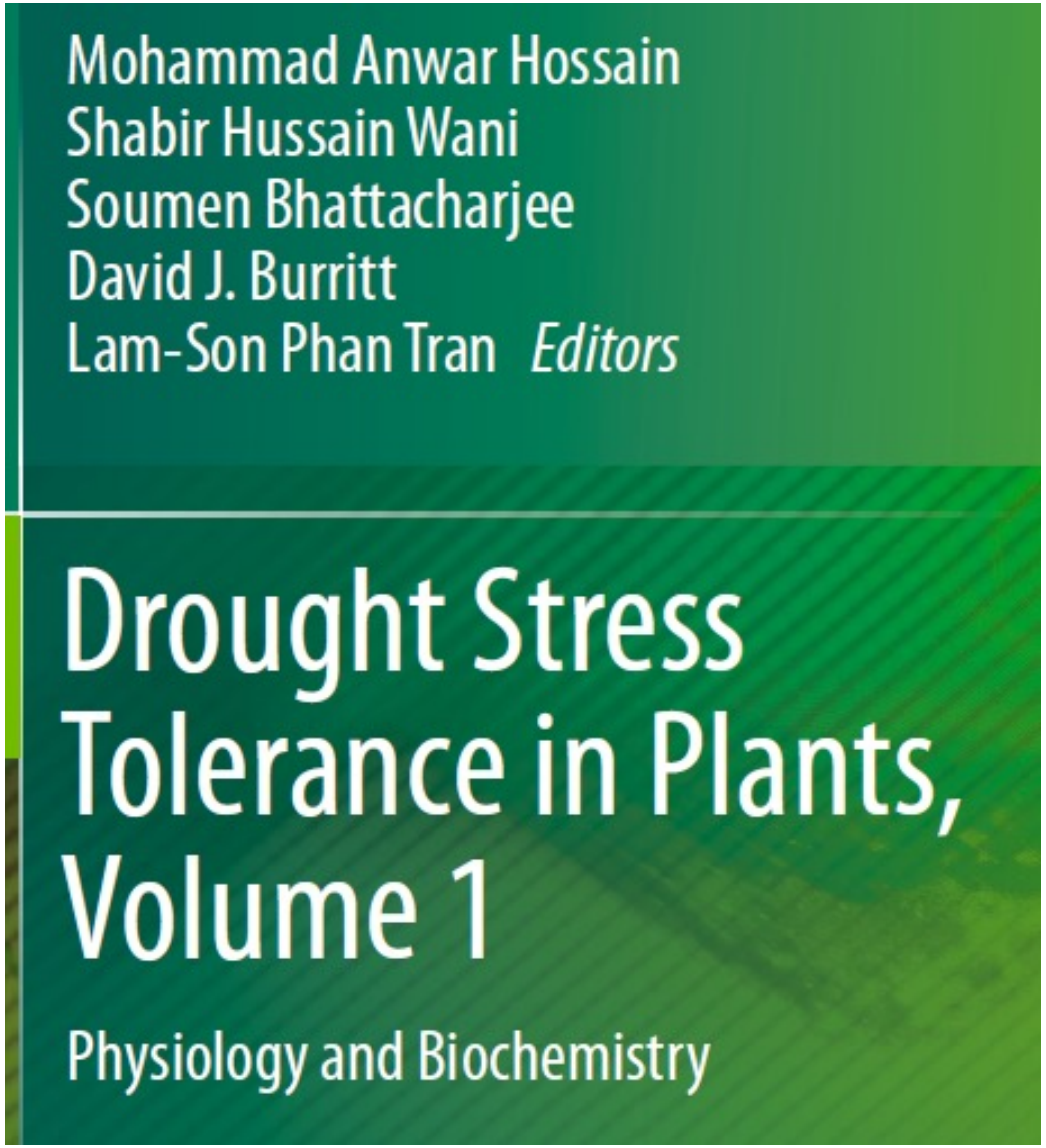
Die Ökologische (Wald-)Genetik befasst sich unter anderem mit

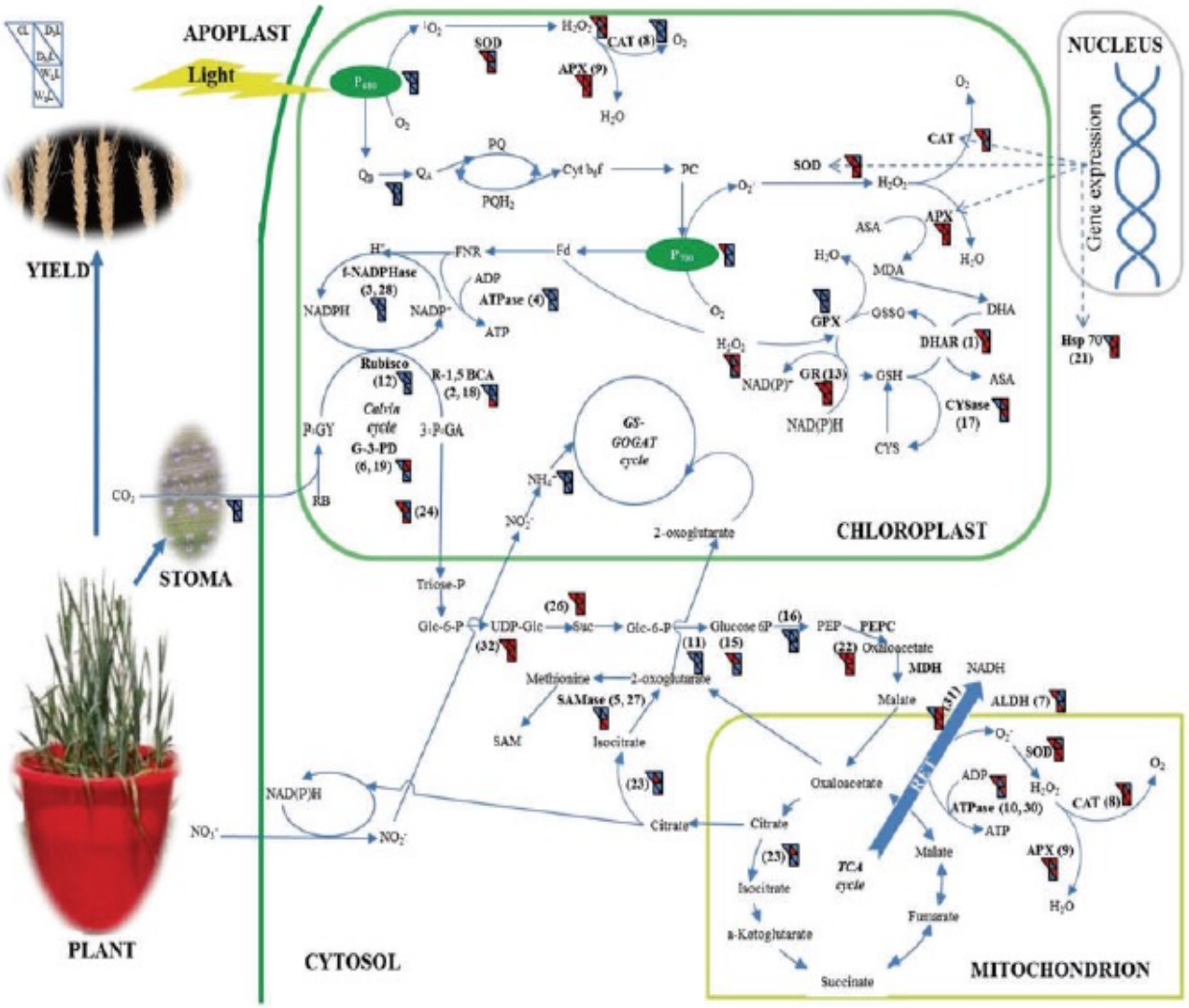
- der Entstehung, dem Zustand und der Dynamik genetischer Information von Waldbaum-Populationen

- mit Fragen zur genetischen Anpassungsfähigkeit von Waldbäumen an sich verändernde Umweltbedingungen (Waldsterben, Climate Chance…).

Physiologische Variabiltät bei "Trockenstress"

„Trockenstress“





Physiologische Variabiltät bei "Trockenstress"

Reaktionsnorm/Anpassungsfähigkeit?

Genotyp-Umwelt-Interaktionen?

Reaktionsnorm - Anpassungsfähigkeit

Die physiologische und/oder morphologische Variabilität bzw. der Anpassungsfähigkeit eines oder mehrerer Individuen ist ein Ausdruck der genetisch determinierten Reaktionsnorm

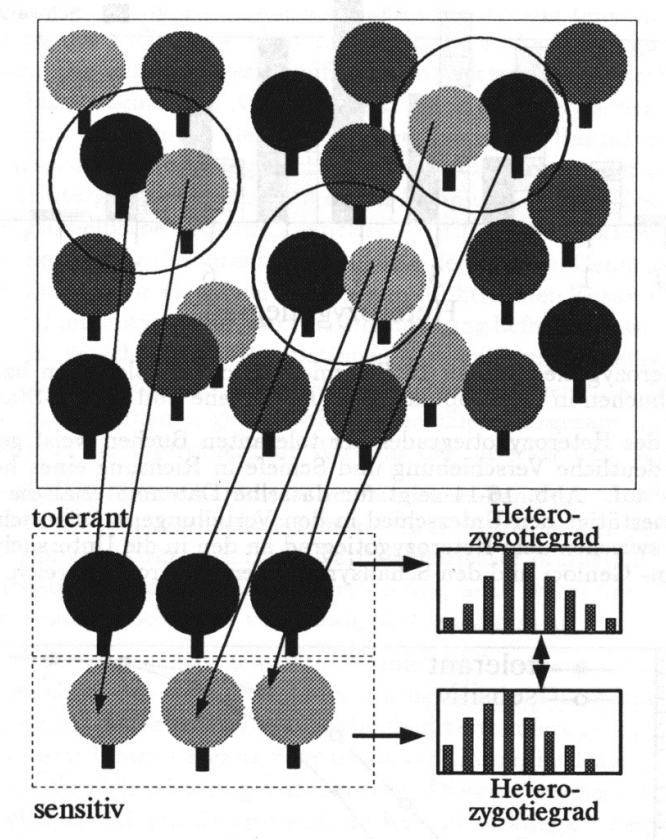
Die Reaktionsnorm und damit die Anpassungsfähigkeit „streut“ innerhalb und zwischen Populationen („Ökotypen“, Herkünfte)

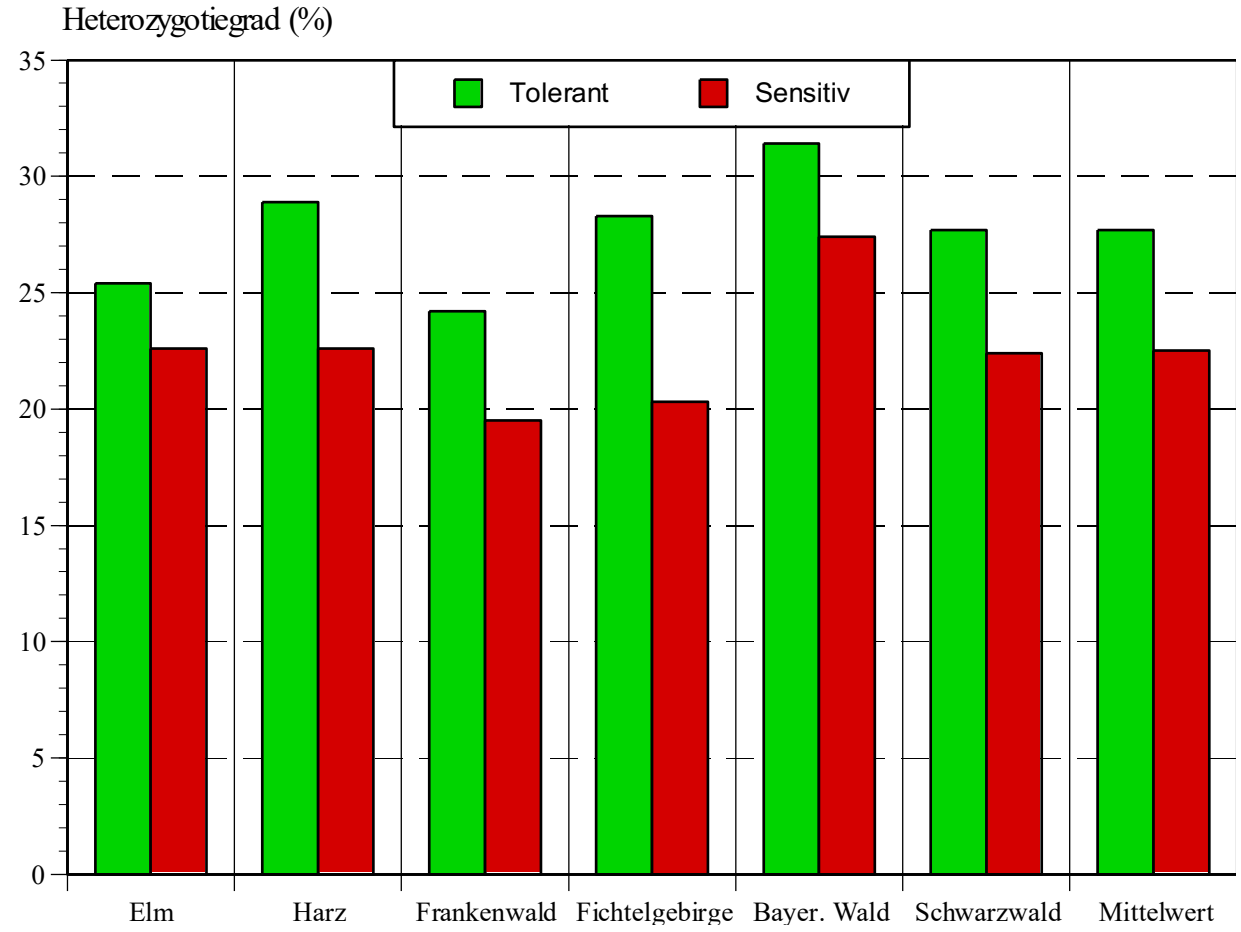
Die Reaktionsnorm und damit die Anpassungsfähigkeit unterliegt komplexen Genotyp-Umwelt-Interaktionen

Reaktionsnorm - Anpassungsfähigkeit

Die Voraussetzung für eine breite Reaktionsnorm und damit eine hohe Anpassungsfähigkeit ist die genetische Variation innerhalb eines Individuums, innerhalb von Populationen und zwischen Populationen!

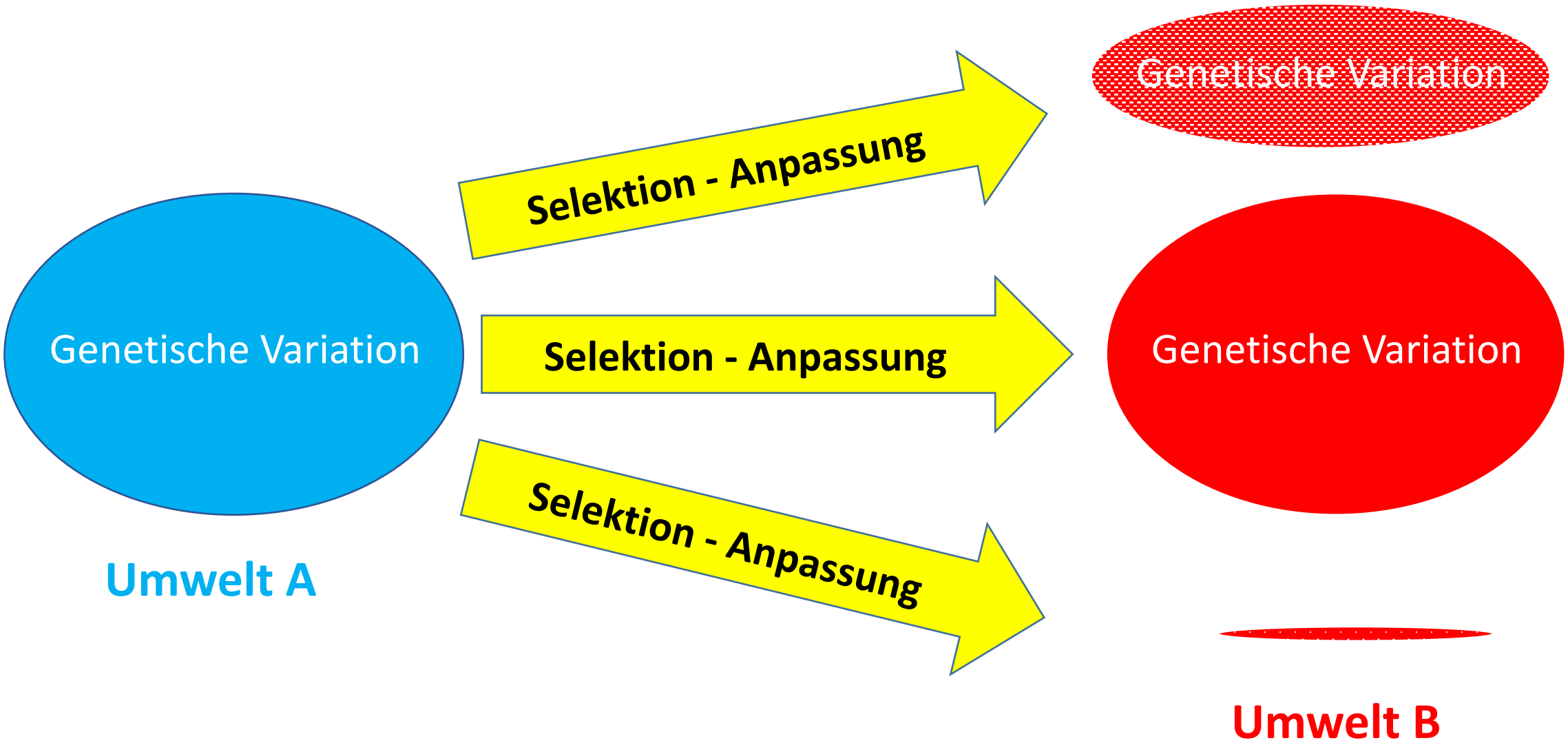
Waldsterben 1.0: Bedeutung genetischer Variation als «Lebensversicherung» für Waldbaumpopulationen



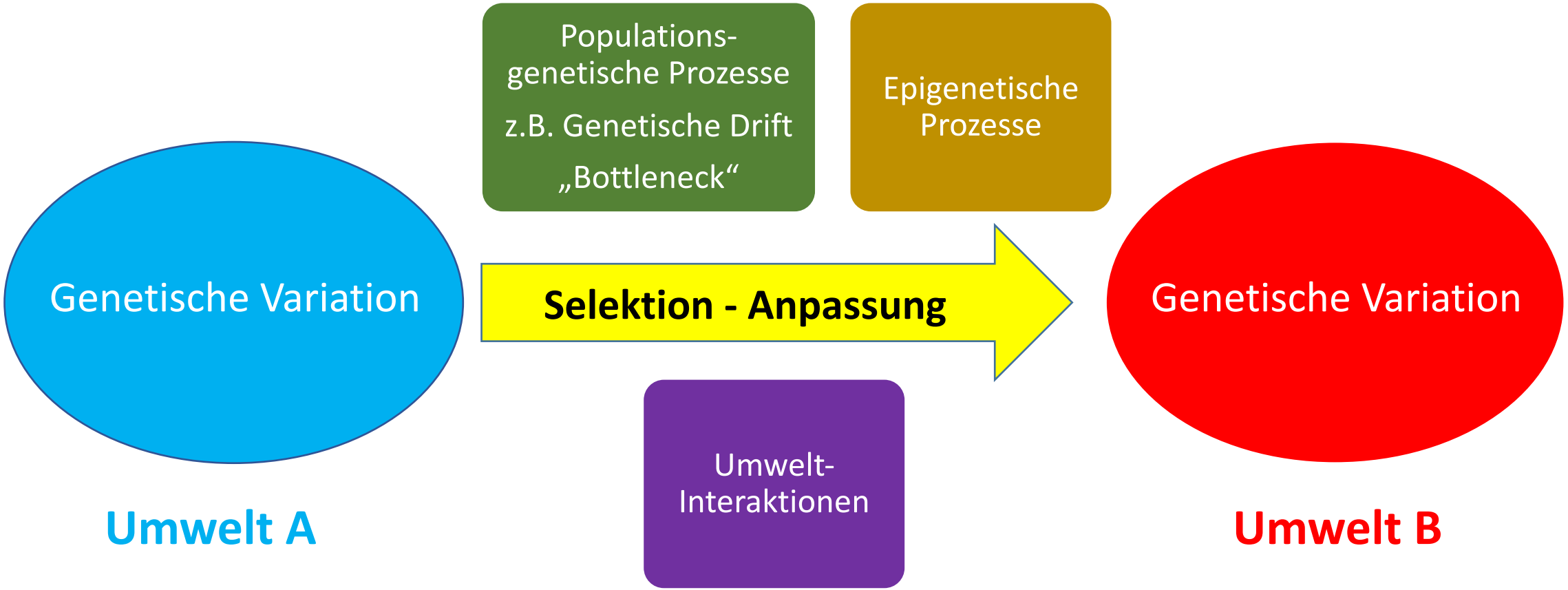


Müller-Starck, 1996

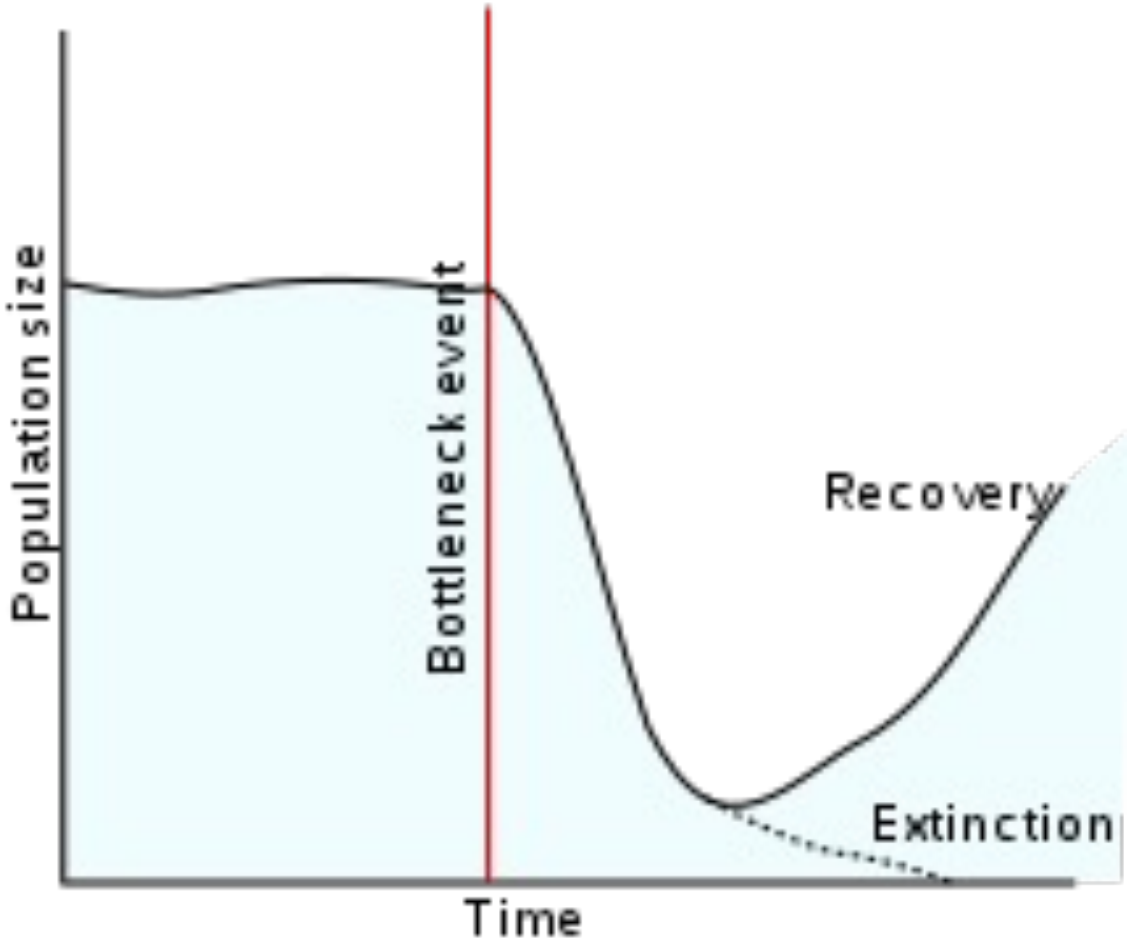
Umweltänderungen - Genetische Anpassung



Umweltänderungen - Genetische Anpassung



Populationsgenetik: Bottleneck

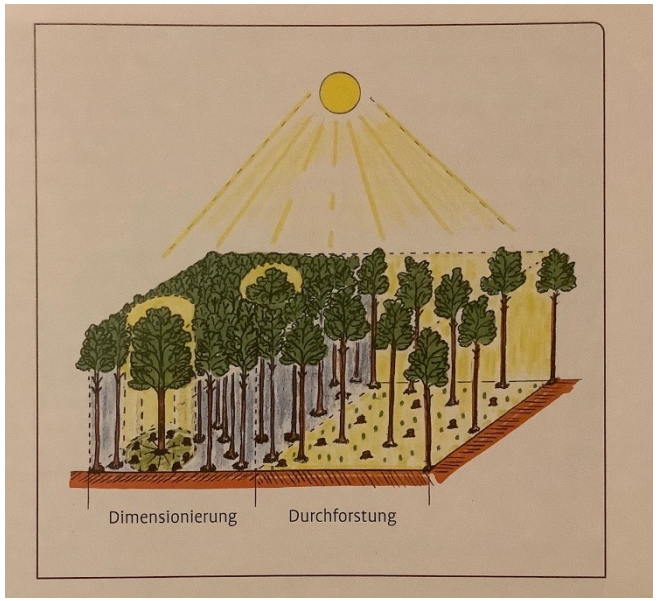


Bottleneck: Kunstverjüngung -Pflege

Saatgut-Ernte

Pflanzverbände

Stammzahlen



Reduktion der genetisch effektiven Populationsgröße –
zunehmendes Risiko für einen genetischen Bottleneck!

Genetische Diversität im Vermehrungsgut der Rotbuche

Experten am Thünen-Institut für Forstgenetik haben sich mit der Frage befasst, inwieweit die derzeit übliche Bewirtschaftung von Saatgutbeständen der Rotbuche den Anforderungen an qualitativ und genetisch hochwertigem Saatgut gerecht wird. Vorgestellt werden wissenschaftliche Ergebnisse aus dem Projekt.

Abb. 1: Der untersuchte Erntebestand: Im Vordergrund links die durchforstete Teilfläche, rechts und im Hintergrund die Vergleichsfläche

Schneller Überblick

- Die Bewirtschaftung von Saatguterntebeständen berücksichtigt bislang kaum die Auswirkungen auf die genetische Zusammensetzung und Vielfalt im Saatgut
- Auslesedurchforstung kann zur Steigerung des Leistungs- und Anpassungspotenzials des Saatguts genutzt werden
- Genetisch hochwertiges Saatgut trägt zur Leistungsfähigkeit und Klimastabilität der Wälder bei

Eusemann P, Preuß A, Liesebach M, Liesebach H (2019) Genetische Diversität im Vermehrungsgut der Rotbuche. *AFZ*-Der Wald 74 (1):35–37

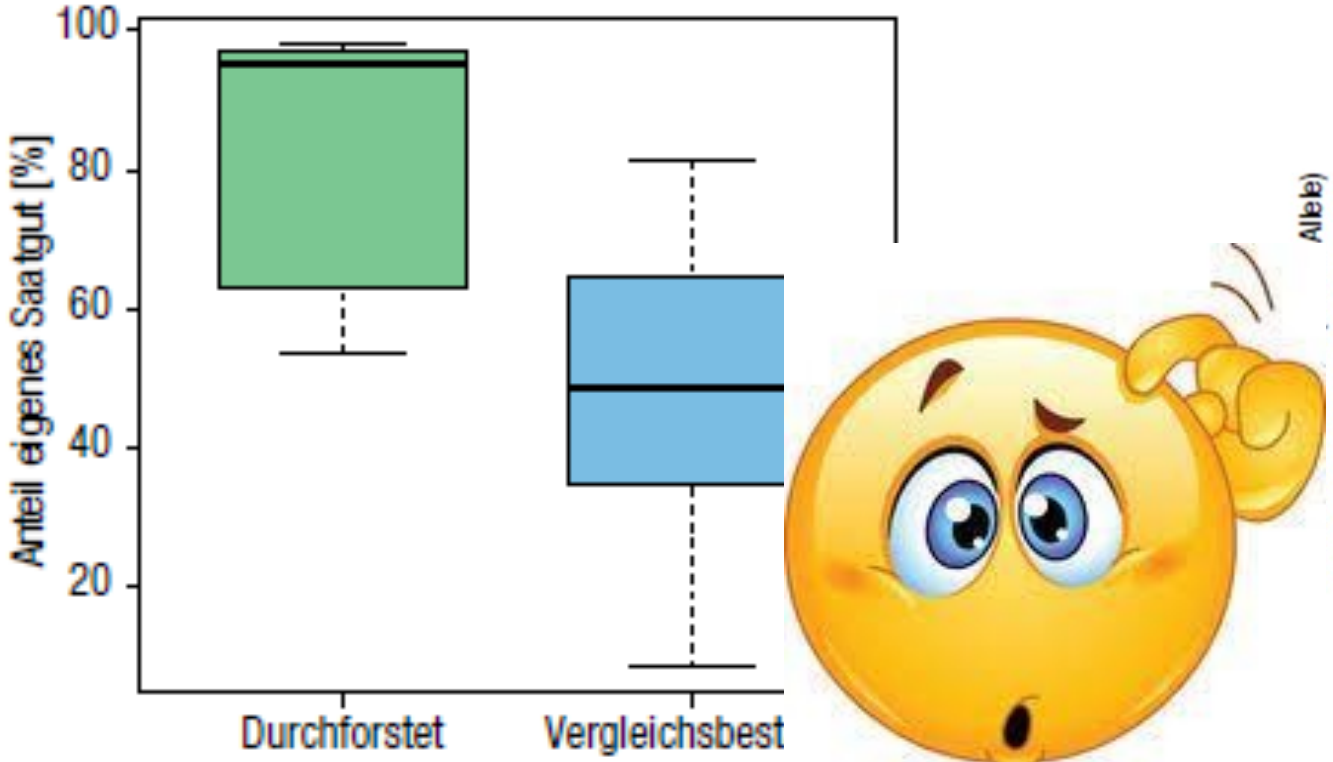


Abb. 2: Anteil Saatgut hochwertiger Mutterbäume an der Ernte im durchforsteten und im Vergleichsbestand

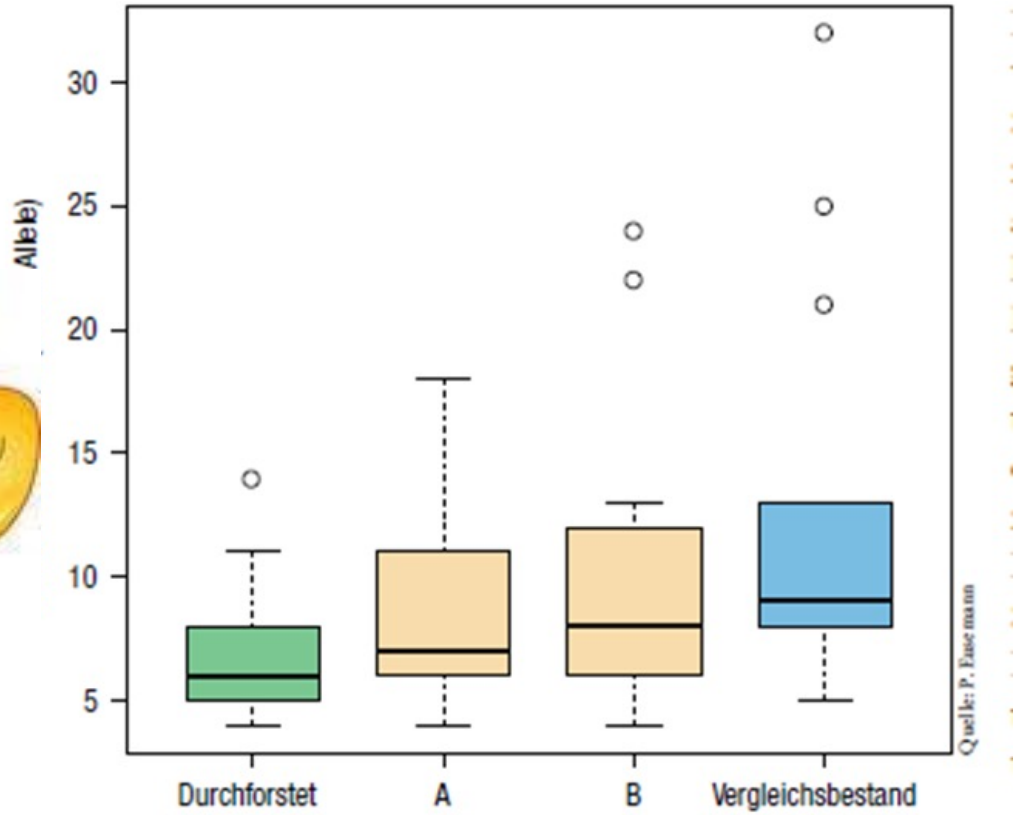


Abb. 4: Abhängigkeit der genetischen Diversität von der Bestandsgröße. Von links: durchforstete Fläche (27 Bäume); sämtliche hochwertigen Bäume der Gesamtfläche (A, 81 Bäume); sämtliche hochwertigen und Ersatzbäume der Gesamtfläche (B, 141 Bäume); Gesamtbaumbestand der Vergleichsfläche (452 Bäume)

	AB	NV	KV
Allellische Vielfalt (A/L)	2.29	2.36	1.93
Potentielle Genotypische Vielfalt (M_G)	14 Mio.	71 Mio.	0.4 Mio

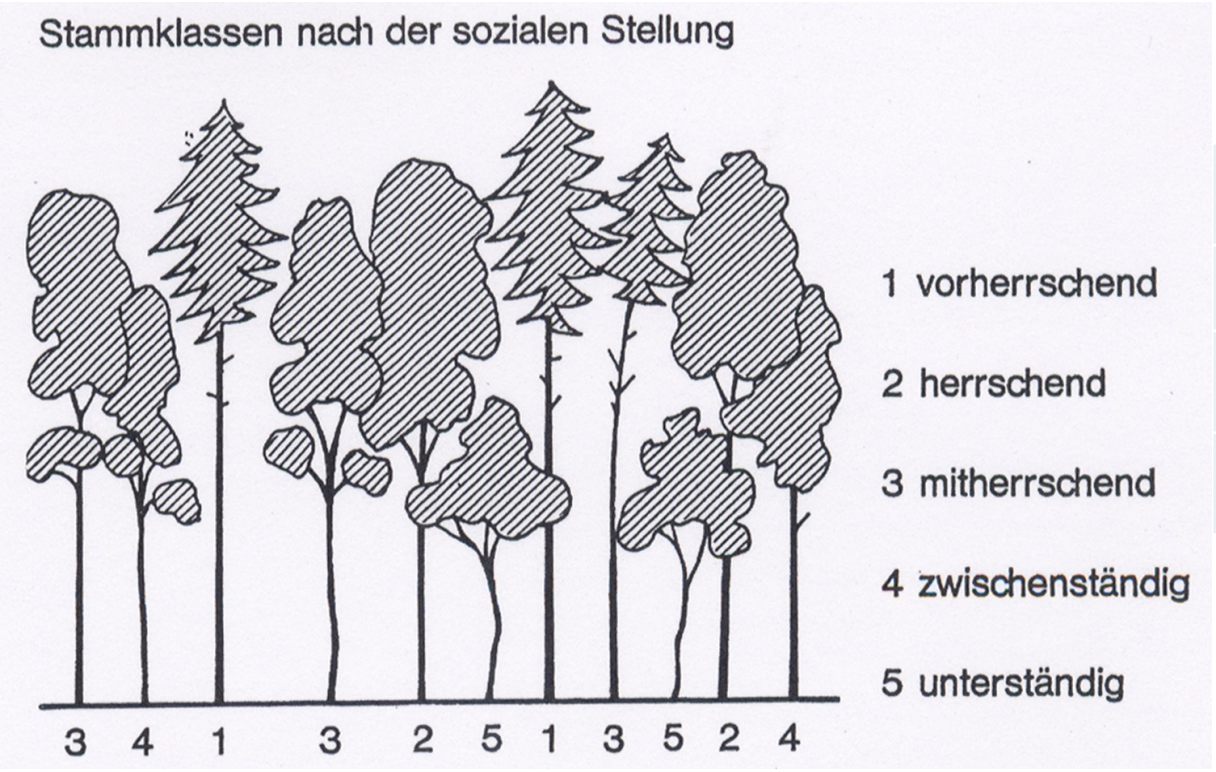
Bottleneck: Pflegestrategie Z-Baumauswahl

Kollektiv	Genetische Parameter			
	M	Mα (α > 5 %)	ν_{gam}	Ha %
Z-Bäume	2.36	1.71	79.48	20.7
Entnahme	**2.64**	**1.93**	**103.89**	**24.1**
	12 %	**12 %**	**30 %**	**19 %**

Hussendörfer, 2005

Bottleneck: Auslesekriterien

Bäume unterschiedlicher soziologischer Stellung (Kraft'sche Klassen)



Kollektiv	Kraft 1/2	Kraft 3	Kraft 4/5
Allelische Vielfalt (A_L)	2,29	2,57	2,29
Diversität (ν_{gam})	39,81	45,39	37,01
Heterozygotie (H_A)	18,0	20,8	19,8

Hussendörfer, 2005

Phänotypische Vitalität ≠ Genetische «Vitalität»

!!

!!

Genetischer Bottleneck : Naturverjüngung

Schirmschlagartige Verjüngung:

- **Rasche Reduktion der potenziellen Elternbäume**
- **„Relativ“ kurze Verjüngungs-Zeiträume**
- **Verjüngung „aus einem Guss“**
- **…**

Reduktion der genetisch effektiven Populationsgröße –

zunehmendes Risiko für genetischen Bottleneck!

Genetik im Waldbau - Betriebsformen

Kollektiv	Stichproben-umfang	Genetische Vielfalt A_L	Diversität ν_{gam}	Heterozygotie H_A
Alttannen	959	2,29	20,85	16,84
Schirmschlag-NV	200	2,00	12,31	13,29
Femelschlag-NV	200	2,14	20,01	15,79

aus: Hussendörfer, 2005

Eltern-Bäume vererben ihr Gedächtnis an Nachkommen

▲ Jungpflanzen aus einem Langzeitversuch brachten Forschende auf die Spur der vererbten Erinnerung von Bäumen. Ulrich Wasem/WSL sda-ats

20. Februar 2020 - 08:00

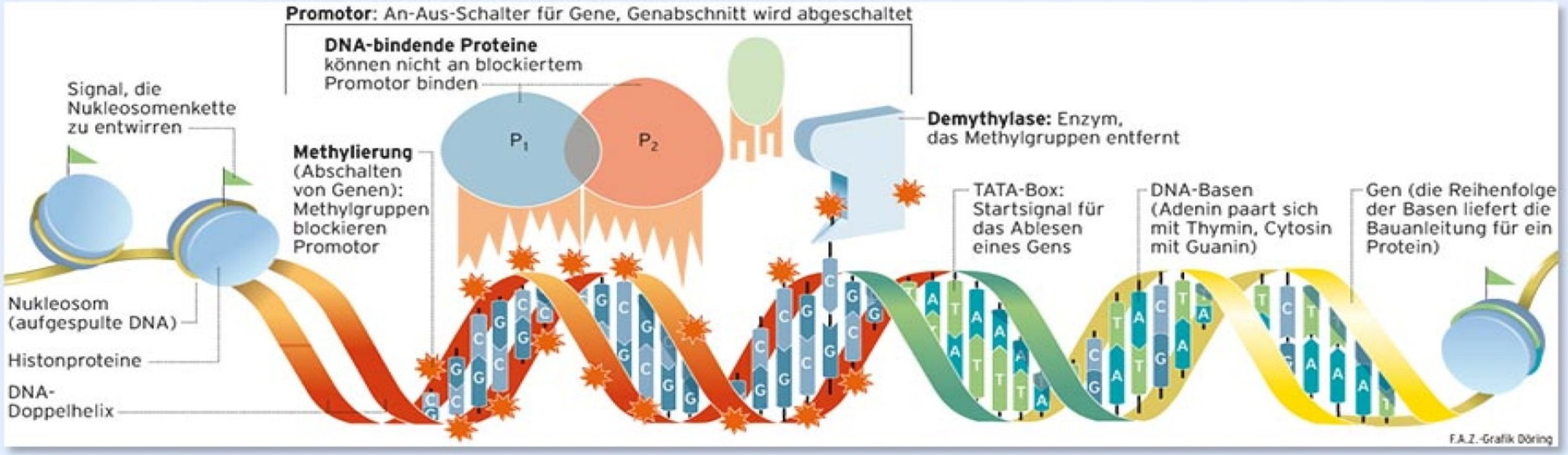
(Keystone-SDA) Möglicherweise kommen Bäume mit der Klimaerwärmung besser klar als gedacht. Zu einem gewissen Mass können sie sich nämlich an neue Bedingungen anpassen. Und die "Erinnerung" an diese Anpassung sogar an ihre Nachkommen weitergeben, wie WSL-Forschende zeigen.

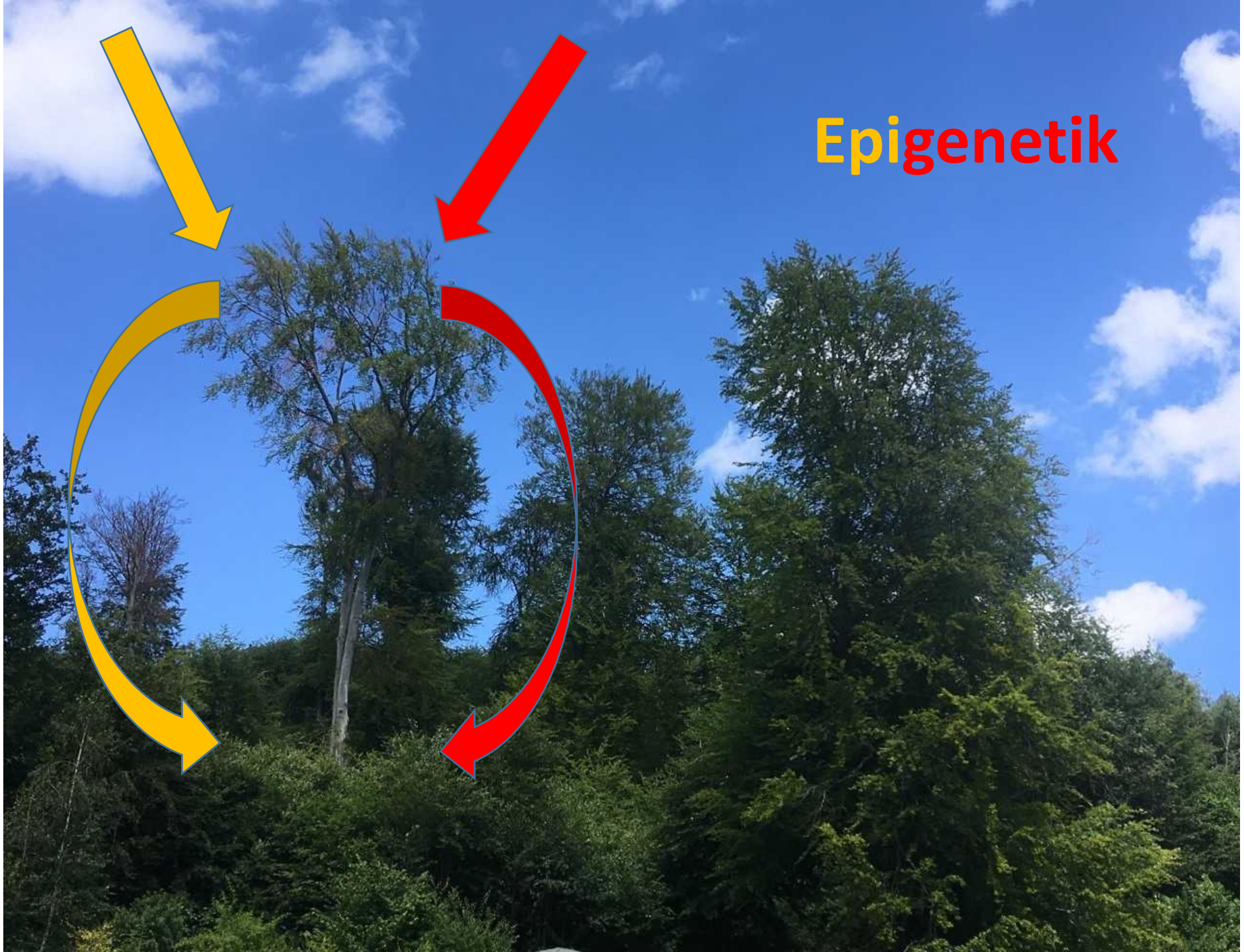
Im Zuge des Klimawandels geraten einige Baumarten in der Schweiz unter Druck. Trockene Sommer wie 2018 dürften immer häufiger werden. Abgestorbene Bäume zeichneten in der Folge die Wälder in der Schweiz und anderen Ländern. Manche empfindlichen Baumarten wie die Fichte dürften über kurz oder lang aus tieferen Lagen verschwinden.

Nun regt sich jedoch Hoffnung, dass sich Waldbäume vielleicht doch besser an den Klimawandel anpassen könnten als bisher vermutet: Sofern die trockenen Bedingungen nicht so extrem werden wie 2018, können sich Bäume anpassen, indem sie mehr Wurzeln bilden. Und - anders als bisher vermutet - die "Erinnerung" an diese Anpassung an ihre Nachkommen vererben, wie Wissenschaftler im Fachblatt "Plant, Cell & Environment" berichten.

https://www.swissinfo.ch/ger/eltern-baeume-vererben-ihr-gedaechtnis-an-nachkommen/45569578 (Zugriff 15.10.21)

Der epigenetische Mechanismus




Epigenetik

Epigenetische Eigenschaften können nur wirksam werden, wenn sie bei den Eltern (Müttern) vorhanden sind!

Die Grundlage auch epigenetischer Eigenschaften sind genetische Merkmale und deren Variabilität!

Epigenetische Eigenschaften unterliegen damit auch populationsgenetischen Prozessen!

ANPASSUNG AN DEN KLIMAWA

In ihrer jeweiligen Umwelt sind Bäume einer Vielzahl von Umweltvariablen ausgesetzt. Transferexperimente mit der Fichte zeigen, dass die Verbringung von Genotypen in eine andere Umwelt mit anderen Tageslängen oder veränderten Klimabedingungen dazu führt, dass dieselben Genotypen Sämlinge mit unterschiedlichen Eigenschaften produzieren. Beispielsweise verloren Genotypen aus dem hohen Norden Norwegens durch einen Transfer in den Süden einen Teil ihrer Frosthärte und waren für den Anbau im Norden ungeeignet (Johnsen 1989). In einem Transferexperiment mit Fichten von Tirol nach Norwegen konnte wiederum gezeigt werden (Skroppa et al. 2010), dass Sämlinge, die aus Befruchtungen in Norwegen abstammen sich wie norwegischen Fichten verhalten und ihr Wachstum schon Ende August einstellen. Die in Tirol befruchteten Fichten stellen ihr Wachstum dagegen erst 10-15 Tage später ein. Als Ursache für diese schnellen Anpassungen sind bisher vor allem der Einfluss von Temperatur und Tageslänge auf Befruchtung und Samenbildung identifiziert worden.

Das Wood Wide Web: (meist) nicht sichtbare Waldlebensgemeinschaften

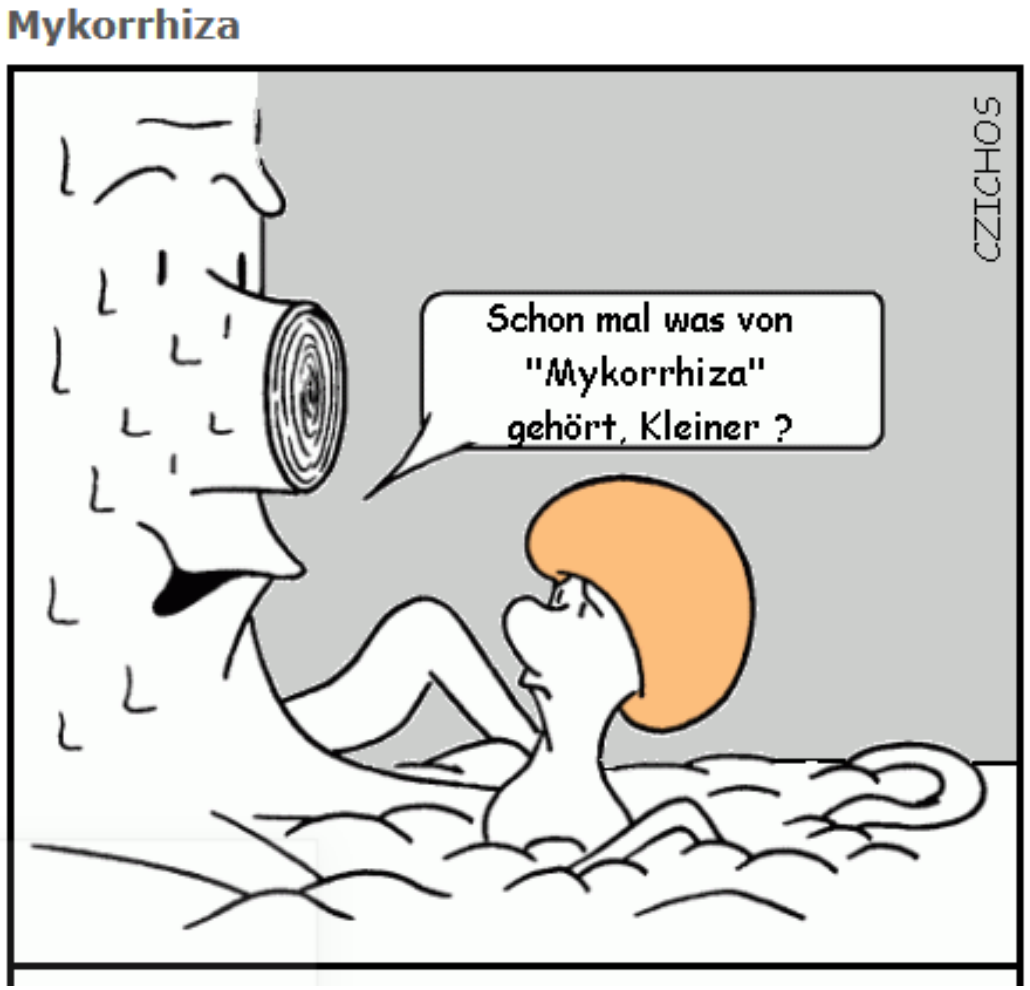
Versuchsmotivation: Störung Lothar – Etablierung der Weißtanne
(DFG Verbundprojekt HSWT – Uni Marburg)

Weißtannen-Ökotypen im Freiland-Versuch

Ökotyp Südosteuropa
«warm – trocken»

Ökotyp Schwarzwald
«kühl – feucht»

Interspezifische Systeme



Die Bedeutung adaptierter Lebensgemeinschaften und deren genetische Assoziationen

Mykorrhizierung und Stresstoleranz von Ökotypen der Buche (Fagus sylvatica L.): "Conventwaldprojekt “

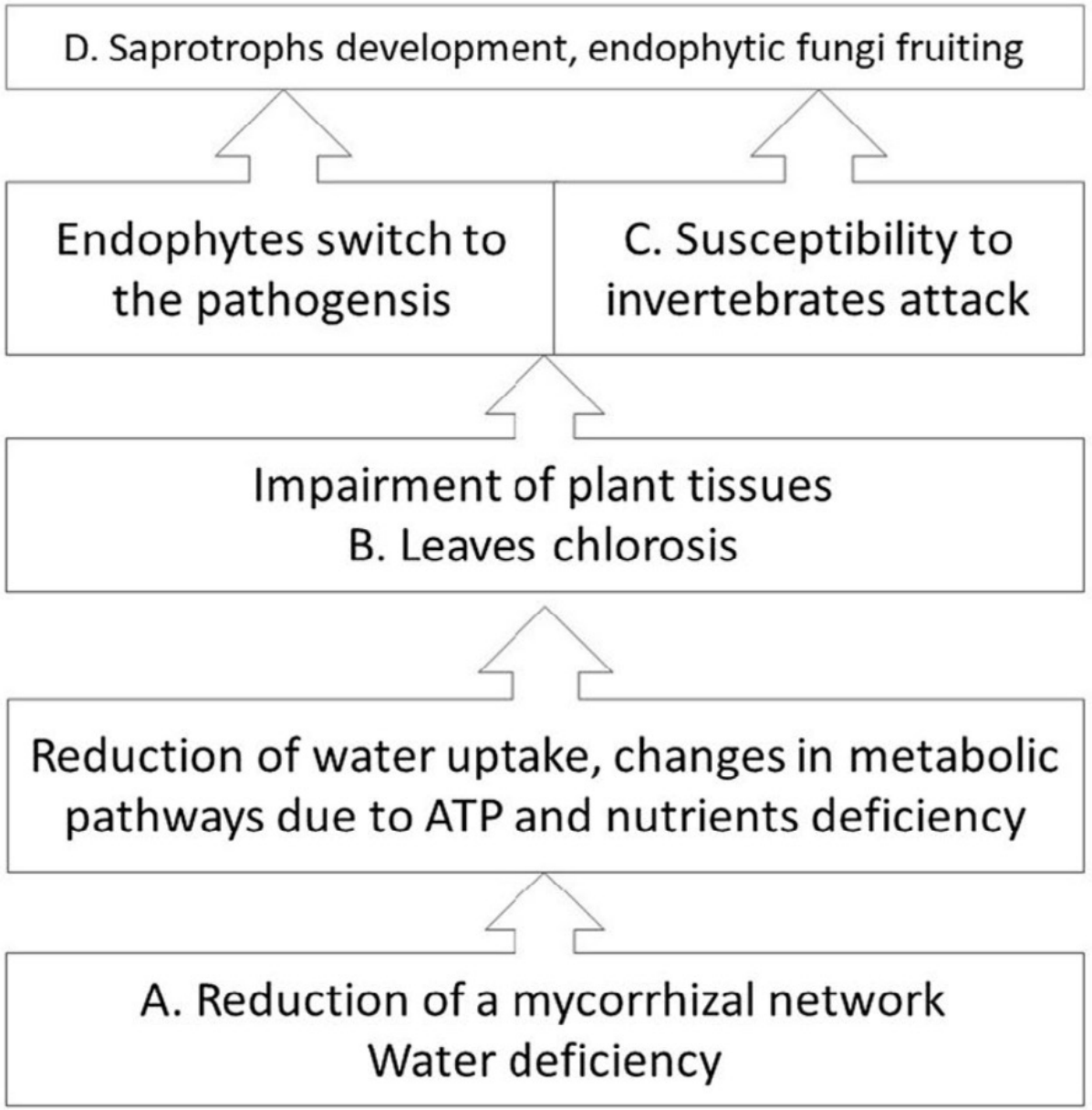
R. HAMPP , L. S HI, M. GUTTENBERGER , U. NEHLS
Institut für Botanik, Physiologische Ökologie der Pflanzen
Universität Tübingen (Förderkennzeichen: PEF 1.96.007)

Unsere Daten stützen die oben dargestellte Arbeitshypothese in etwas abgewandelter Form, wobei die jeweiligen klimatischen Bedingungen von nicht zu unterschätzender Bedeutung zu sein scheinen:

(a) Unter ausgeprägten Trockenstress-Bedingungen (Proben von 1997) sind Ökotypen der Buche, die mit bestimmten Pilzen eine Symbiose eingehen können, gegenüber Trockenstress weniger anfällig.

(b) Kann die Wirtspflanze trotz Trockenstress in ausreichendem Umfang Photoassimilate für den Wurzelbereich zur Verfügung stellen, kommt es zu Anpassungsreaktionen der mykorrhizierten Feinwurzeln: das stärker negative Wasserpotential der Bodenlösung wird durch die Anreicherung von osmotisch wirksamen Zuckeralkoholen in den Pilzhyphen kompensiert, und damit die Mykorrhiza offensichtlich funktionsfähig gehalten.

C
D
A
B


D. Saprotrophs development, endophytic fungi fruiting
Endophytes switch to the pathogensis
C. Susceptibility to invertebrates attack
Impairment of plant tissues
B. Leaves chlorosis
Reduction of water uptake, changes in metabolic pathways due to ATP and nutrients deficiency
A. Reduction of a mycorrhizal network
Water deficiency

Wissensstand

- **Das Vorhandensein von Ecto-Mykorhizza erleichtert die Etablierung und das Überleben von Bäumen insbesondere unter „Stressbedingungen“**

- **„ECM-Gesellschaften“ sind sehr stark beeinflussbar: Wasser, Baumarten Naturnähe!**

- **Lokale Ökotypen „nutzen“ die vorhanden ECM besser als entfernte Ökotypen**

- **Signifikante Hinweise auf genetische Assoziationen (Co-Adaption)!**

Empfehlungen für ein Kimawandel-angepasstes Wald(Genetik)management

- **Erhaltung/Förderung/Nutzung der genetischen Variation:**
  genetisch effektive Populationsgröße, Vermeidung von Bottlenecks

- **Erhaltung/Förderung/Nutzung großer Selektionspotenziale:**
  Vorrang: natürliche «trial & error» - Selektion
  Z-Baum-Strategie >>>> Zufalls-Baum-Strategie?

- **Epigenetische Potenziale nutzen: z.B. lange und kleinflächig differenzierte Verjüngungszeiträume mit erfahrenen (alten) Elternbäumen**

- **Adaptierte interspezifische genetische Systeme erhalten, fördern, nutzen (ECM sind auf Totholz angewiesen!)**

„Eine gesunde und entwicklungsfähige Waldbaulehre kann nur von der Biologie des Urwaldes ausgehen.“
H. Leibundgut 1948

LIGNOHUMUS
lignokel

Zur Sicherung, Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der genetischen und evolutiven Anpassungsfähigkeit bedarf es eines „Genetischen Prozessschutz“!

Schutz alter, „genetisch erfahrener“ Bäume/Wälder

Genetische Prozessschutzwälder, Naturwälder

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!