



Universität für Bodenkultur Wien  
Department für Wald- und Boden-  
wissenschaften

# Klimafitte Wälder durch gelenkte Naturverjüngung

- *Waldbauliche Perspektiven - Chancen und Risiken*
- **Schritt für Schritt in Richtung klimafitter Wald**

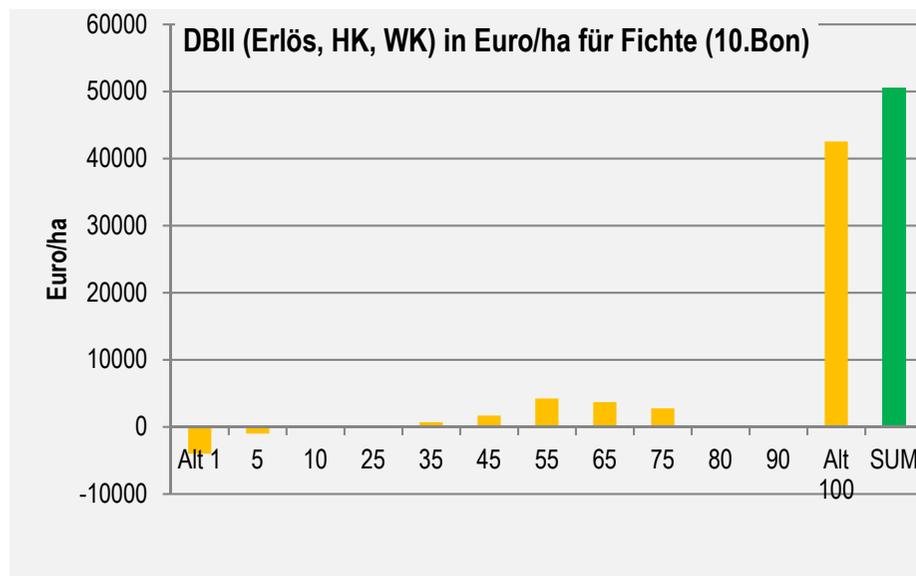
**31.03.2023 | 14:00 Uhr**

**GH Preinfalk Reichenthal**

**Eduard Hochbichler, Institut für Waldbau**



# Produktionsrisiko der Fichte: Vergangenheit - Gegenwart - Zukunft



Schneedruck/Eisbruch->

Windwurf ->

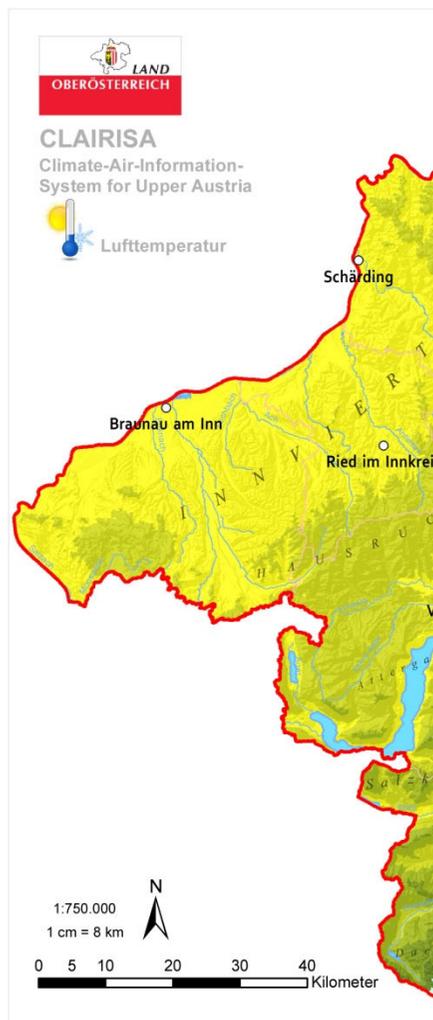
Trockenheit -> -> Borkenkäfer

- **Fichtenbestände auf Laubmischwald-Standorte der kollin-submontanen Höhenstufe**

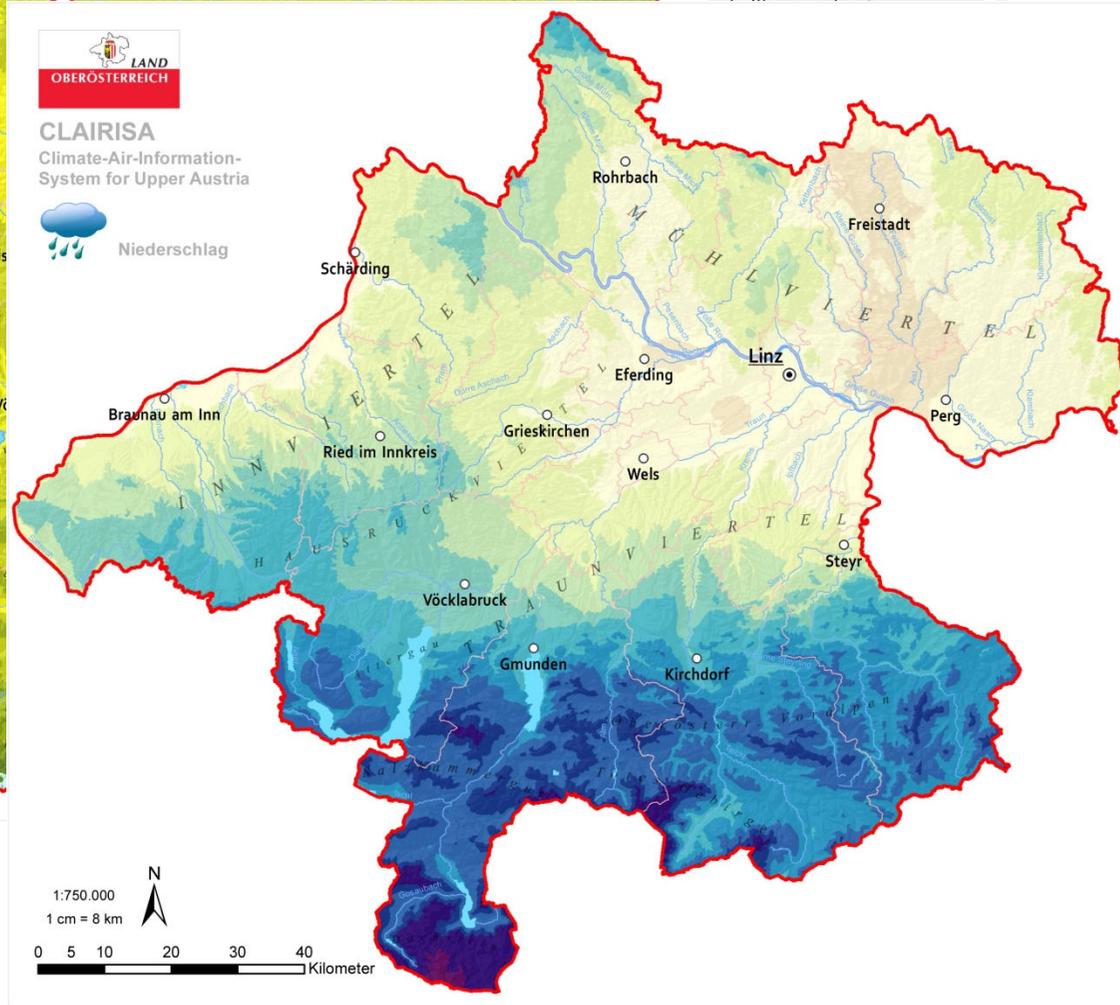


## Reichenthal

- Seehöhe
- Temperatur
- Niederschlag



*Klima Oberösterreich*  
**Lufttemperatur Jahr**  
 mittlere jährliche



*Klima Oberösterreich*  
**Niederschlagssumme Jahr**  
 mittlere jährliche Summe des gemessenen Niederschlages im Zeitraum 1981 bis 2010

Millimeter (mm)

- 600 - 700
- 700 - 800
- 800 - 900
- 900 - 1.000
- 1.000 - 1.100
- 1.100 - 1.200
- 1.200 - 1.400
- 1.400 - 1.600
- 1.600 - 1.800
- 1.800 - 2.000
- 2.000 - 2.500
- 2.500 - 3.000

**DORIS**  
http://doris.zamg.gub.at  
 Österreichs Geographisches Informations-System

**ZAMG**

Datenquellen: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Abteilung Klimaforschung im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung, DORIS Bearbeitung: Oltzl, Sykora, Mai 2015 Kartographienummer: 87984

<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Klima+Oberösterreich>

**Lage:** Seehöhe: 683 m

Jahresmittel: Temperatur 7,2 °C Niederschlag: 690 mm (Freistadt)

**Wuchsgebiet und natürliche Waldgesellschaften:**

**Wuchsgebiet 9.1. Mühlviertel**

Leitwaldgesellschaften:

submontan: ~ 200 – 500 (700)m

Stieleichen-Hainbuchenwald

Rotföhren- Eichenwald

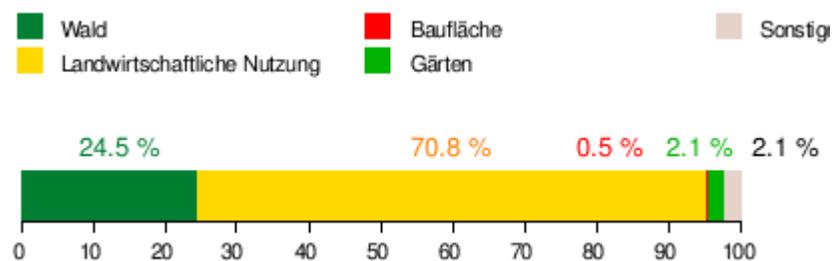
Tiefmontan: 500 – 800 m (950)m

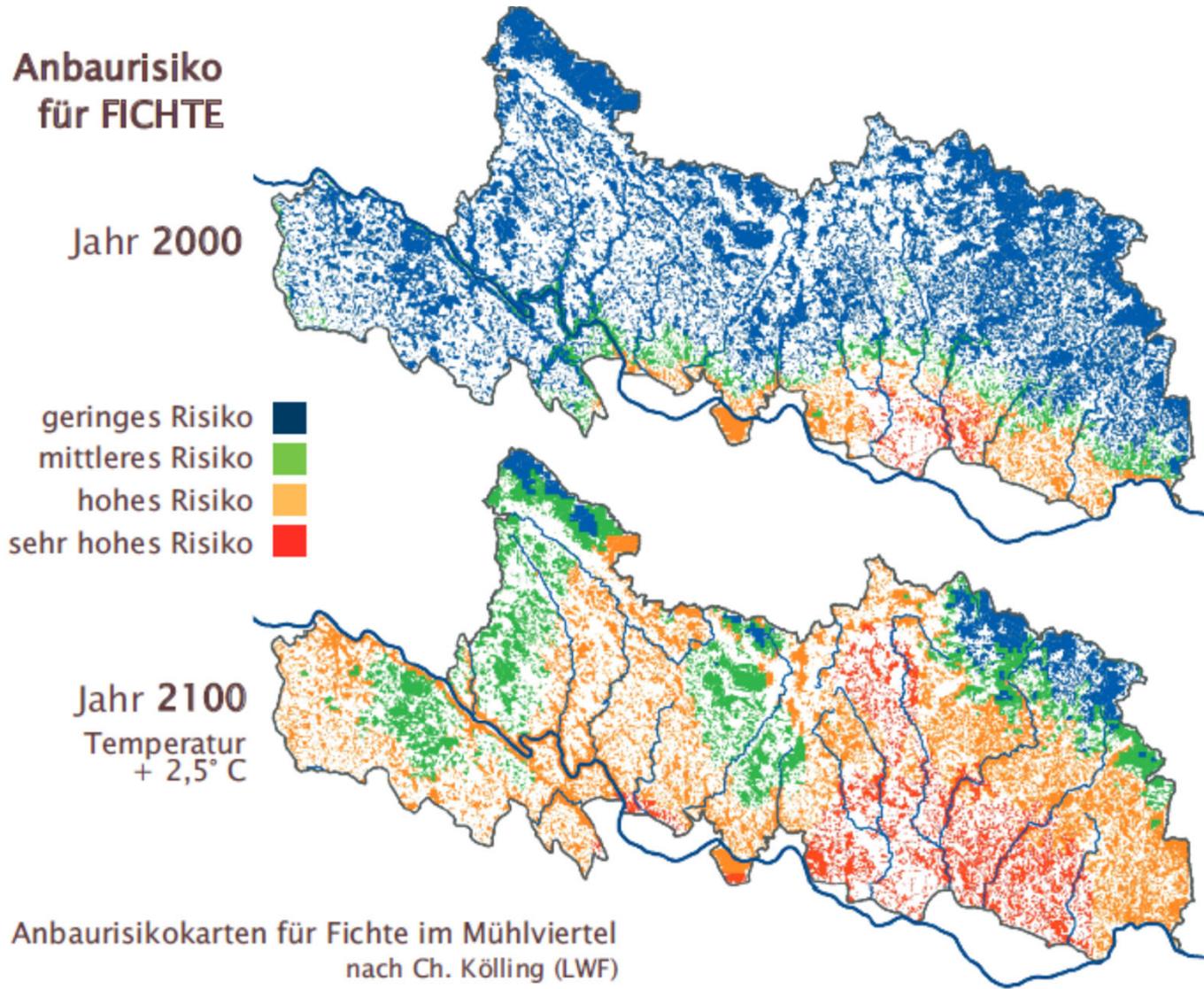
Buchenwald mit Ta (Fi,Ei)

Rotföhrenwald

Mittelmontan; (650) 800 – 1000 m

Fichten-Tannen-Buchenwald





Anbaurisikokarten für Fichte im Mühlviertel  
nach Ch. Kölling (LWF)

## Risiko

### Risiko und Ungewissheit (Gigerenzer 2013)

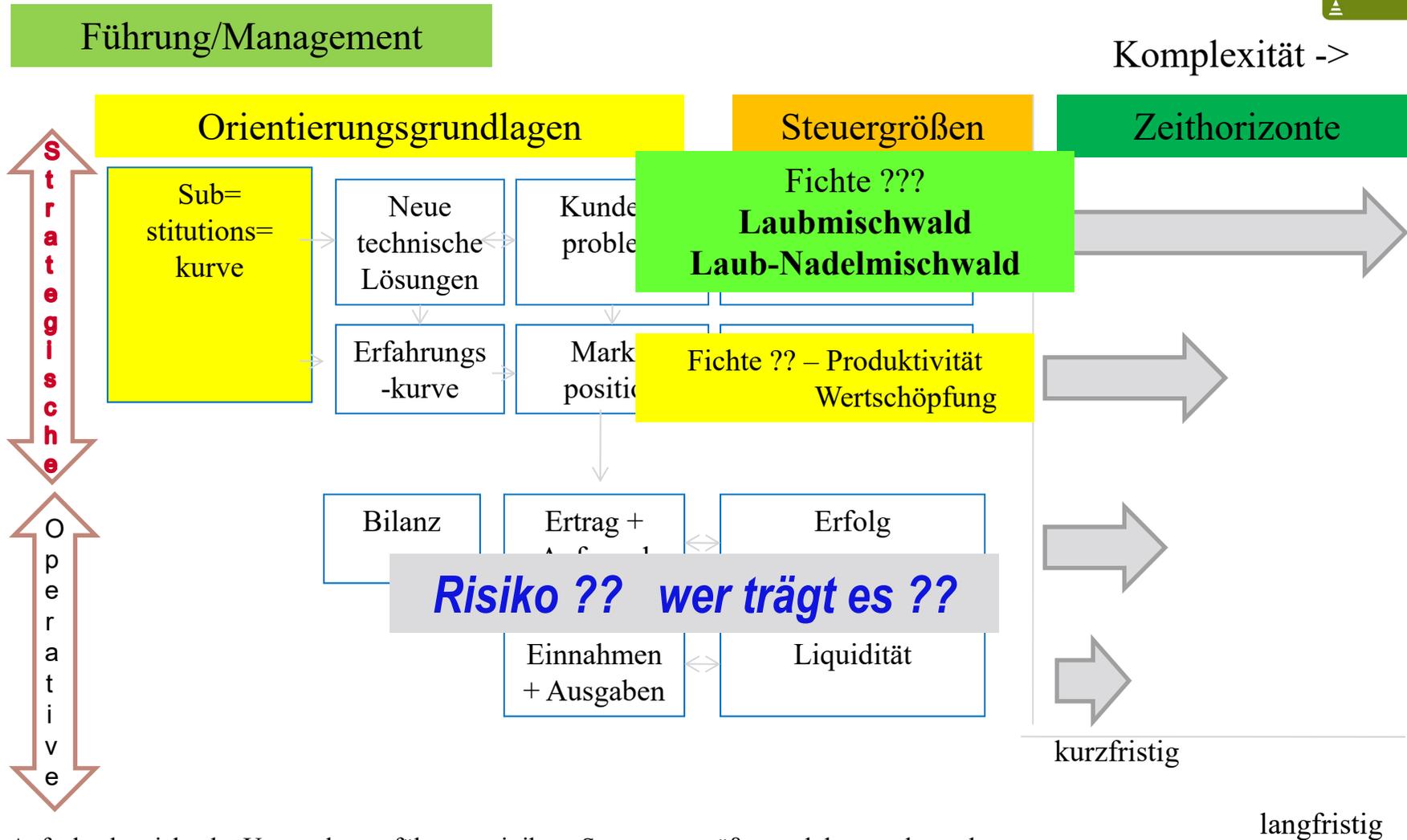
**Risiko** läßt sich als Zahlenwert - in Form einer Wahrscheinlichkeit oder einer Häufigkeit - auf der Basis empirischer Fakten ausdrücken  
[Überzeugungsgrad, Design, Häufigkeit]

abiotische, biotische und handlungsbedingte Risiken

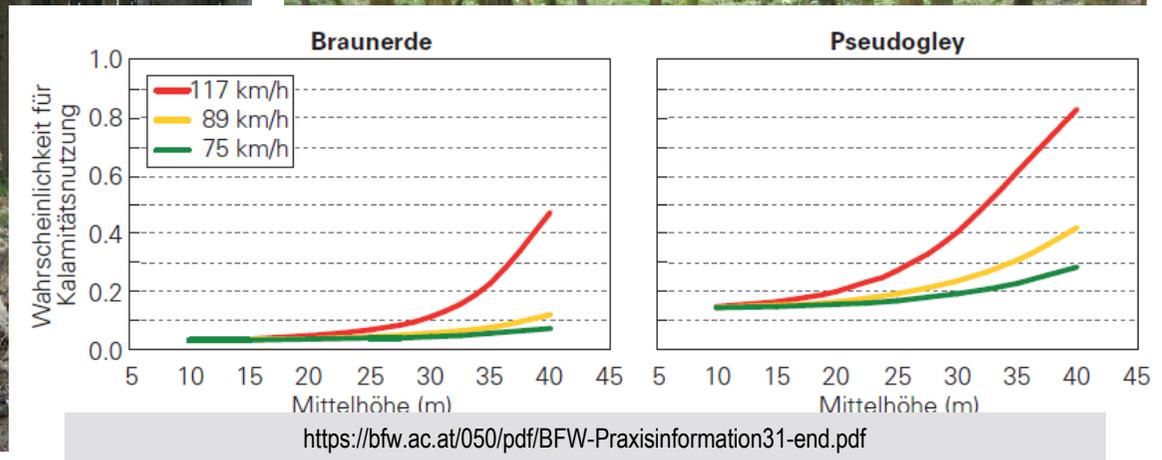
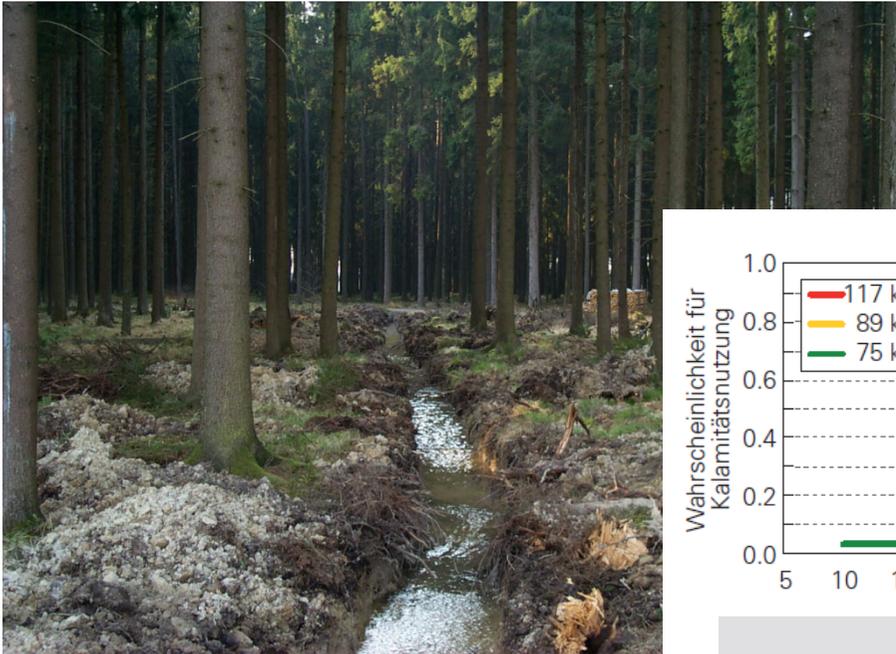
- Schnee- Eisdruck
- Trockenheit
- Windwurf
- Borkenkäfer
- Verbiss- Schälgrad
- Produktivität
- Holzqualität

**Verlustrisiko sollte gering sein (Betriebsziel)**

# Erfolgspotenziale für die Waldbewirtschaftung



Aufgabenbereiche der Unternehmensführung mit ihren Steuerungsgrößen und der zunehmenden Komplexität der jeweiligen Orientierungsgrundlagen (**Gälweiler 2005**)



- Standort: - > wechselfeucht bis staunaß
- Bestand: Baumart: Fichte > Douglasie > Lärche, Kiefer > Tanne
  - Mischungsform (kleinflächig)
  - Bestandeshöhe und Vorrat - > Alter
  - H/D- Wert; Kronenprozent

# Entscheidungsfindung 1974 -1976 und 2019



Fichte-Ersatz und Forstgesellschaften ((Mayer, 1974)

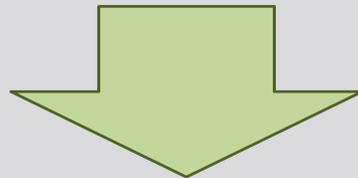
große standörtliche Resistenz	geringe standörtliche Resistenz
stabile Standorte mit geringer „Degradierungsneigung“	labile Standorte mit größerer „Degradierungsneigung“
bodenbasische bis schwach bodensaure Gesellschaften	bodensaure Luzula-Gesellschaften
natürlich fichtenreichere Gesellschaften	natürlich fichtenreichere bis fichtenärmere Gesellschaften
nachschaffende Hänge (Gewinnlagen)	Ebene Standorte und Verlustlagen (Kuppen, Oberhänge)
Boden höherer Basensättigung	Böden geringer Basensättigung
Mull-Moder-Humus	Moder-Rohhumus
ausgeglichener Wasserhaushalt	extremer Wasserhaushalt
tiefgründige gut durchlüftete Böden	flachgründige schlecht durchlüftete oder sehr durchlässige Böden

abnehmende Umbaudringlichkeit

Moosreicher Seegrass-Fichtenforst

Typischer Seegrass – Fichtenforst

Krautreicher Seegrass-Fichtenforst



Krapfenbauer 1976/77 Seminar über die Baumartenwahl auf wechselfeuchten Standorten im Alpenvorland



Bestände, welche 1974 begründet wurden, sind heute

45 Jahre - > III.AKL

„was man strategisch verabsäumt, kann operativ nicht/schwer korrigiert werden

## Trockenheit – Dürre (Empfindlichkeit)

Standort: Fichte - > trocken bis mäßig trocken, wechselfeucht bis staunauß

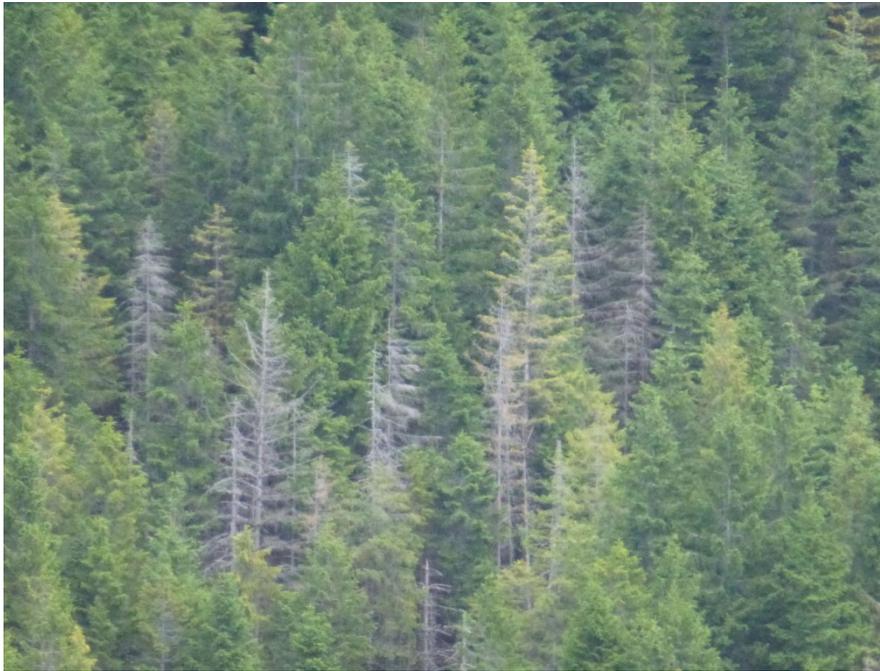
**Fichte > Buche > Lärche > Tanne > Eiche > Kiefer (Wki,Ski)**



Zingg und Bürgi (2008): **Fichte > Buche > Tanne > Eiche**  
(Reinbestand > Mischbestand)

Trockenperioden seit 1900 und Wachstum von Waldbeständen:  
Eine Analyse langfristiger Datenreihen  
Andreas Zingg, Anton Bürgi  
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 8903 Birmensdorf  
*„Es ist schwierig, Prognosen zu machen, vor allem für die Zukunft“.*

Flury (1927) und Ellenberg (1996): **Fichte > Buche > Tanne > Traubeneiche > Stieleiche**



Standort: Fichte - > trocken bis mäßig trocken,  
wechselfeucht bis staunäß

Fichte > Buche > Lärche > Tanne > Eiche > Kiefer  
(Wki,Ski)

- Tanne erschließt enormen Wurzelraum mit Wasser- und Nährstoffvorräte
- weniger trockenheitsanfällig und höhere Resilienz gegenüber Trockenstress im Vergleich zu Fichte
  - Lärche: im sommerwarmen Osten kommt Lärche an Grenzen)

Standort: trocken bis mäßig trocken, wechselfeucht bis staunäß

FI-Bestand: Trockenstress der Wirtsbäume → geringe Abwehr

- *Alter (40) 60 – 80 Jahre*
  - BHD > 30 cm
  - Windwurf-,
- Schneedruck-, Schneebruchholz
  - Schäl-Schadholz



Standort: trocken bis mäßig trocken, wechselfeucht bis staunäß

FI-Bestand: **Trockenstress der Wirtsbäume** → geringe Abwehr

- *Alter (40) 60 – 80 Jahre*
- BHD > 30 cm
- Windwurf-,
- Schneedruck-, Schneebruchholz
- Schäl-Schadholz



zum Beispiel:

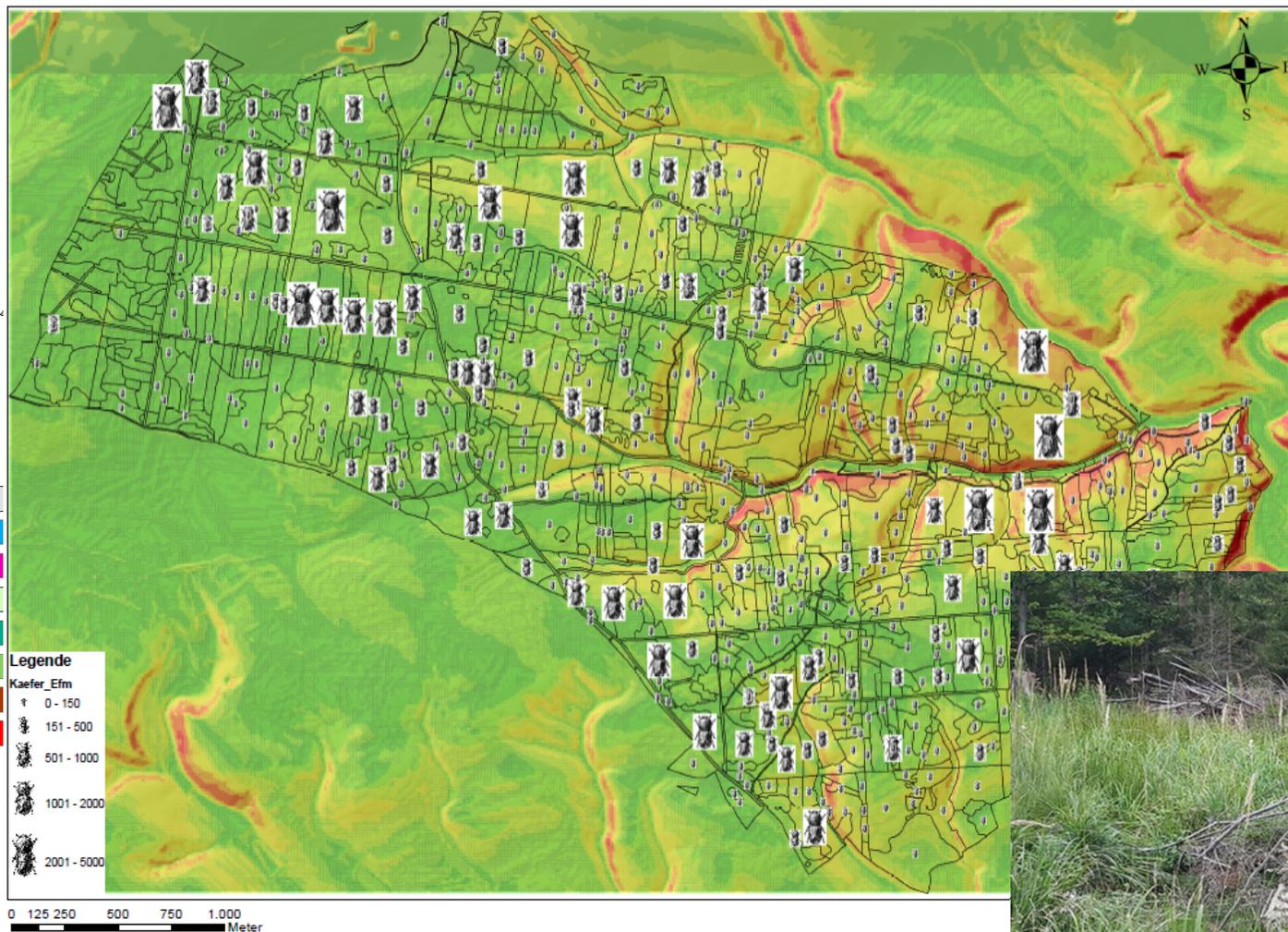
Schwerdtfeger (1944):

- 1868/75 im Böhmerwald und Bayrischen Wald nach Wind- und Schneebrüchen rund 4 Mio fm nach Käferfraß
- 1917/23 in der Steiermark und Oberdonau rund 1,5 mio. fm als Folge eines Sturmwurfs und der Unmöglichkeit Holz aufzuarbeiten



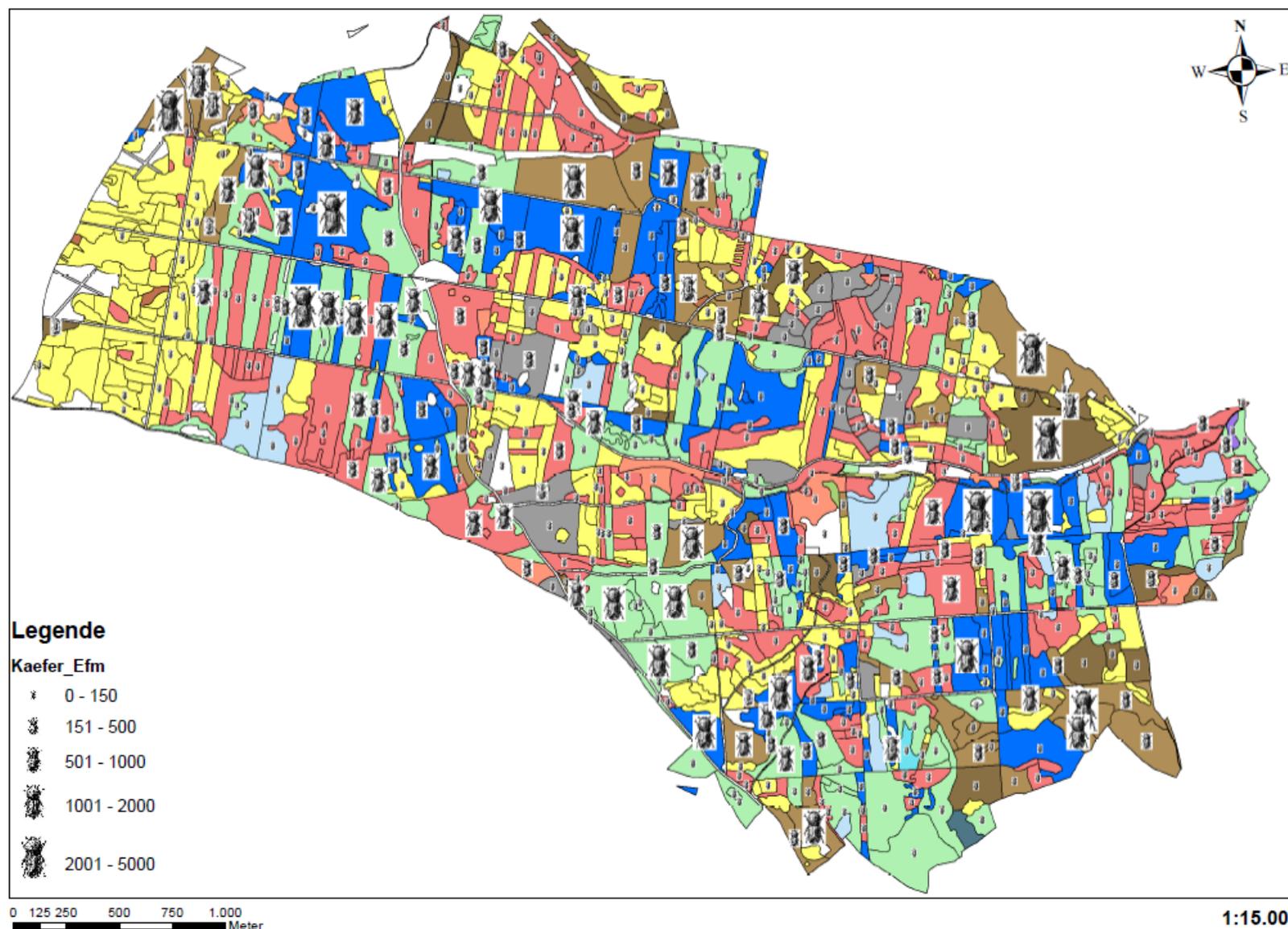
# Borkenkäfer-Befall: Schadholzanfall nach Neidunungsklassen

## Forest site type



Projekt: Waldumbau – Revierteil Riegersburg (2020)  
[ÖBf AG: Forstbetrieb Waldviertel – Voralpen]

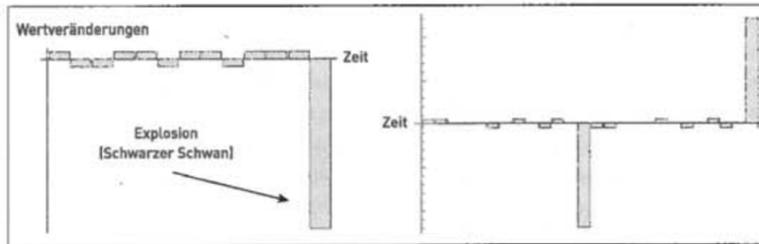
# Borkenkäfer-Befall: Schadholzanfall nach Altersklassen



Projekt: Waldumbau – Revierteil Riegersburg (2020)  
[ÖBf AG: Forstbetrieb Waldviertel – Voralpen]

Abbildung von Fragilitäten

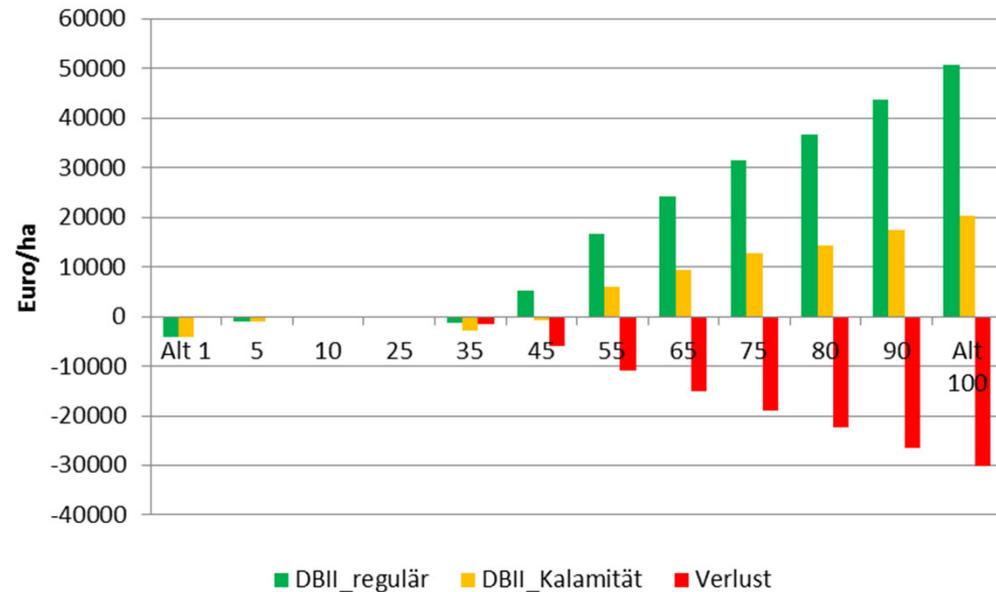
Im Zeitverlauf



Ungewissheit kann einen hart treffen.  
Der Verlust kann jederzeit eintreten  
und die zuvor angesammelten  
Gewinne überstiegen

## der „schwarzer Schwan“

DB II (Erlös, HEK, WBK) in Euro/ha für Fichte (ET; 10.Bon.):  
VN+EN nach Alter x (Umtriebszeit)

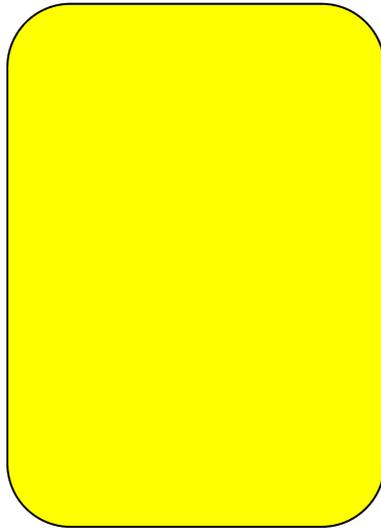


- **Schneebruch - > Windwurf -- > Borkenkäfer** **Eschentriebsterben**

Nutzen und Schaden können hoch sein, aber begrenzt  
(schwache Antifragilität in biologischen Systemen)

## Risiko und Ungewissheit (Gigerenzer 2013)

Risiko



**Risiko** läßt sich als Zahlenwert - in Form einer Wahrscheinlichkeit oder einer Häufigkeit - auf der Basis empirischer Fakten ausdrücken  
[Überzeugungsgrad, Design, Häufigkeit]

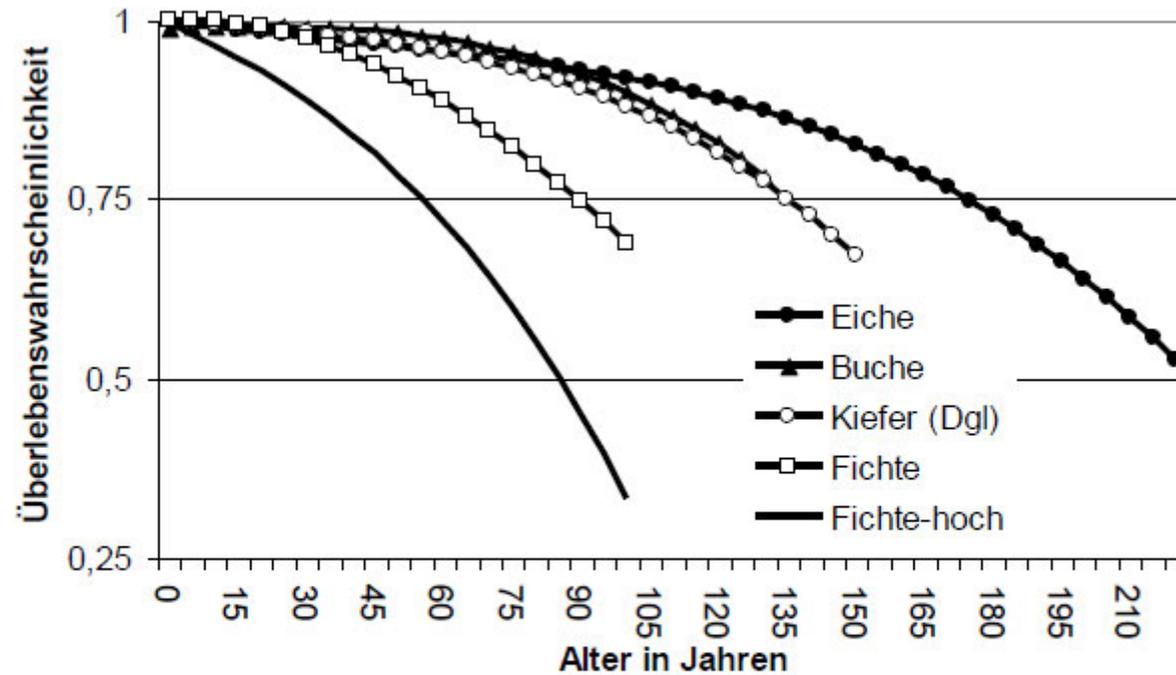


Abb. 1. Altersabhängige Überlebenswahrscheinlichkeiten der unterschiedlichen Baumarten (Beinhofer 2008a, b, Knoke und Seifert 2008, Beinhofer 2010a).  
Age dependent survival probabilities for the different tree species (Beinhofer 2008a, b, Knoke and Seifert 2008, Beinhofer 2010a).

- **FI-TA:** Mischbestand mit Tanne liegt auf dem Niveau eines Fichtenreinbestandes auf gutwüchsigem Standort – Tanne im Mischbestand kann zu einer Produktivitätssteigerung beitragen (Pretzsch 2003; Utschig 2004)
  - Mehrleistung der Tanne kompensiert geringeren Preis für Tanne gegenüber Fichte („nur bei hohem Tannenanteil“)
- **FI-KI:** auf Standorten mit ausgeglichenem Wuchsverhalten von Fichte und Kiefer leistet der Mischbestand von Kiefer- Fichte mehr im Vergleich zu Reinbeständen (Wellhausen und Pretzsch, 2017)

*Höhere Vielfalt im Wald (Arten- und Strukturdiversität) steigert die Produktivität „Mischbestände leisten im Mittel um ca. 20% mehr als Reinbestände“* (vgl. Pretzsch 2005, Liang et al. 2016)

➤ **Funktionelle Diversität - > ökologische vs. ökonomische Bewertung**



Folgende NUTS III-Regionen gehören zum Programmgebiet:

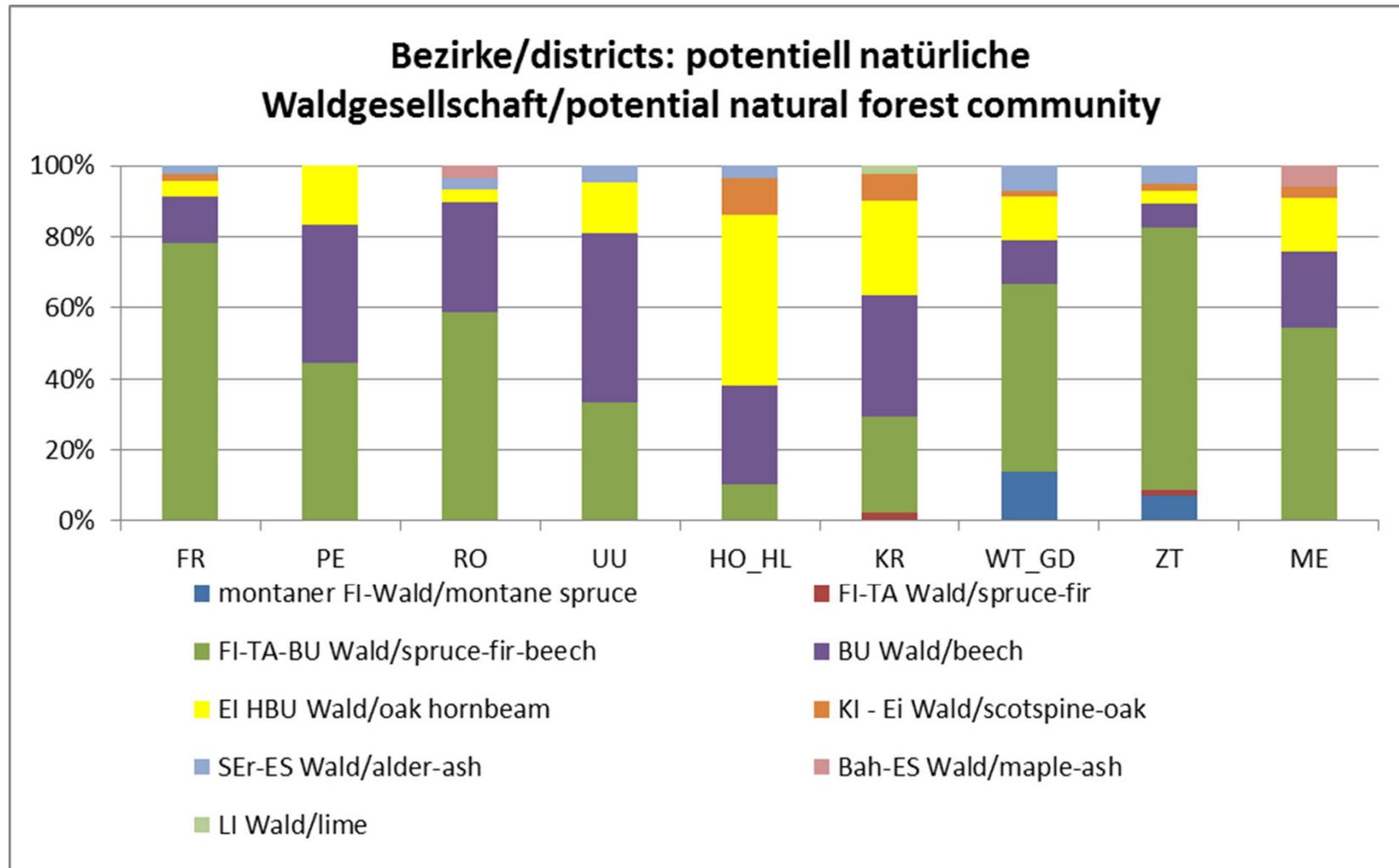
**Österreich:**

Mostviertel-Eisenwurzen, Sankt Pölten, Waldviertel, Weinviertel, Wiener Umland-Nordteil, Wien, Innviertel, Linz-Wels, Mühlviertel, Steyr-Kirchdorf

**Tschechische Republik:**

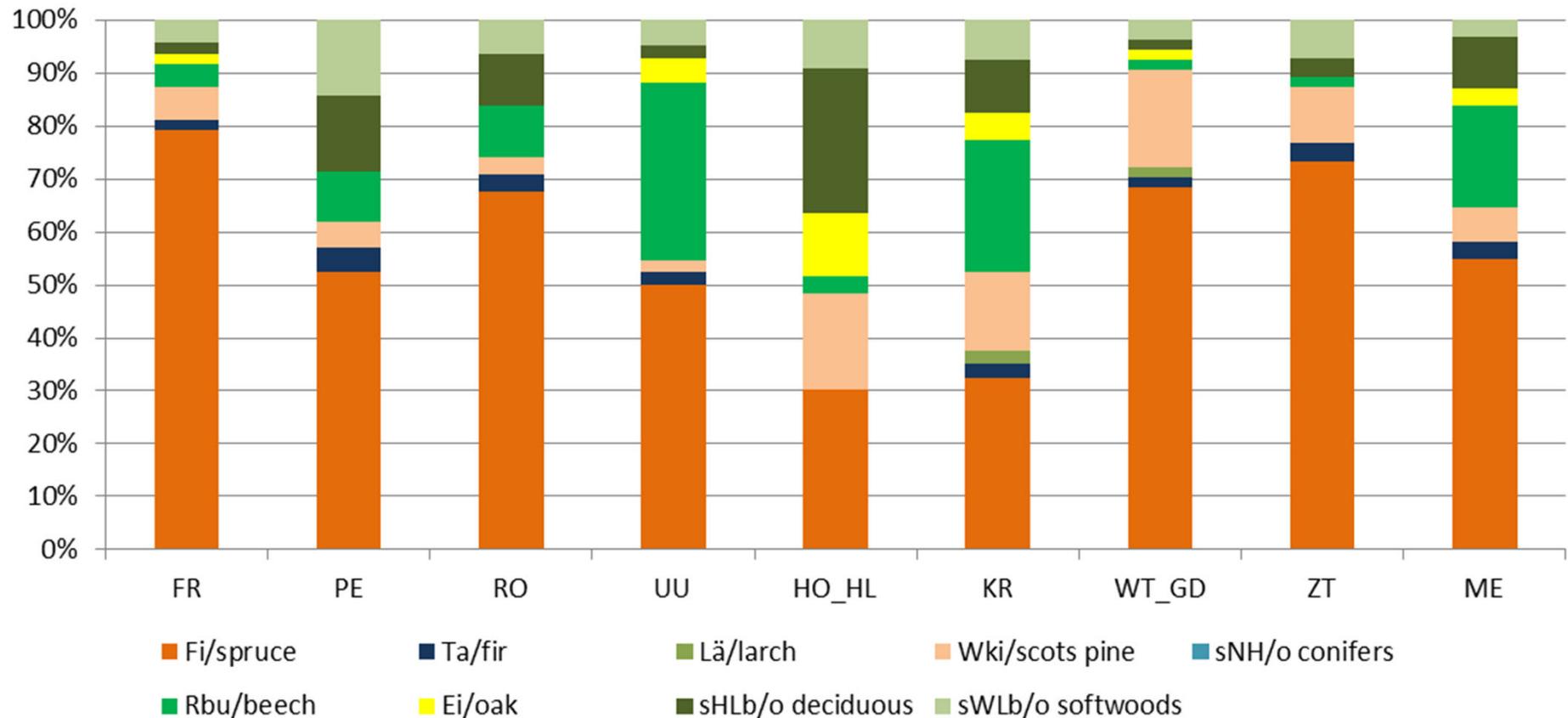
Jihočeský kraj, Kraj Vysočina, Jihomoravský kraj

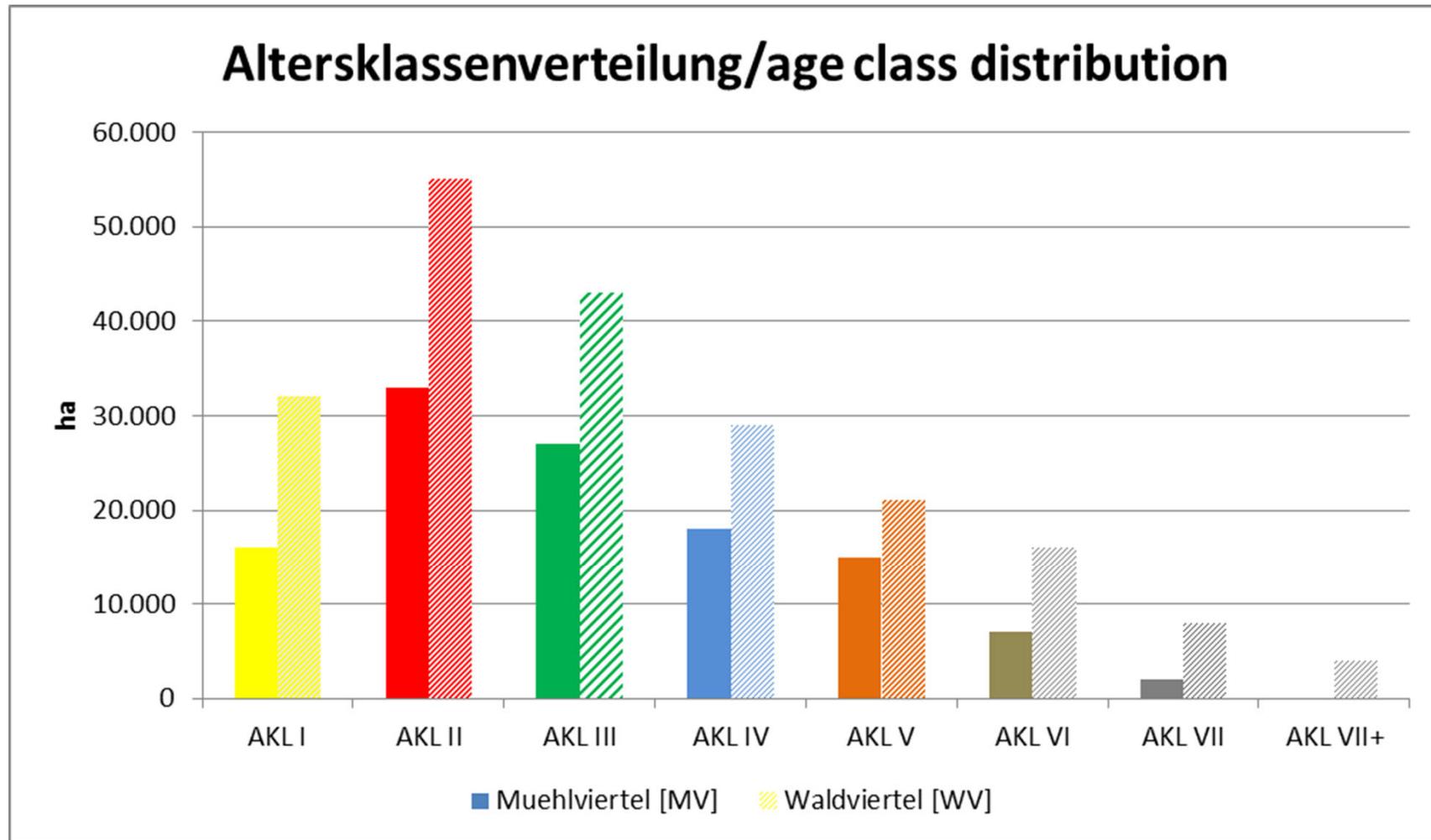
Region	total [ha]
<b>Jihocesky Kraj [SB]</b>	<b>368.800</b>
<b>Jihomoravsky Kraj [SM]</b>	<b>189.700</b>
<b>Vysocina Region</b>	<b>201.100</b>
<b>Mühlviertel</b>	<b>127.000</b>
<b>Waldviertel</b>	<b>127.000</b>
	<b>1.013.600</b>



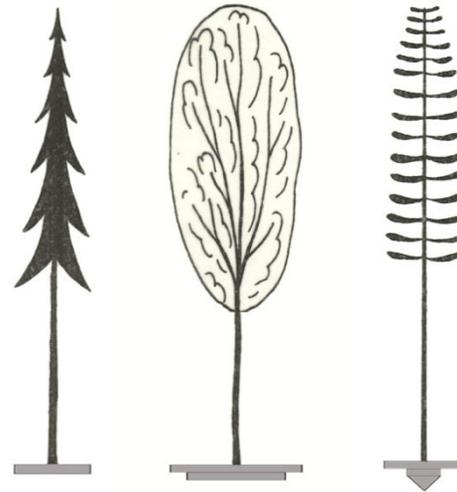


## Bezirke/districts: Baumartenverteilung/composition of tree species



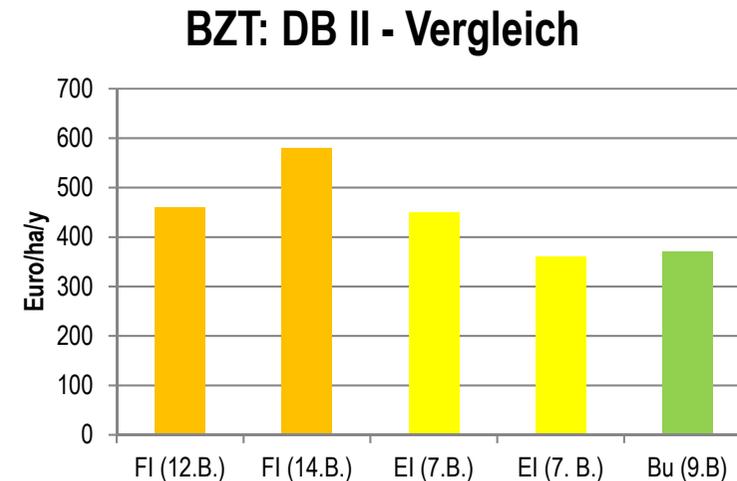
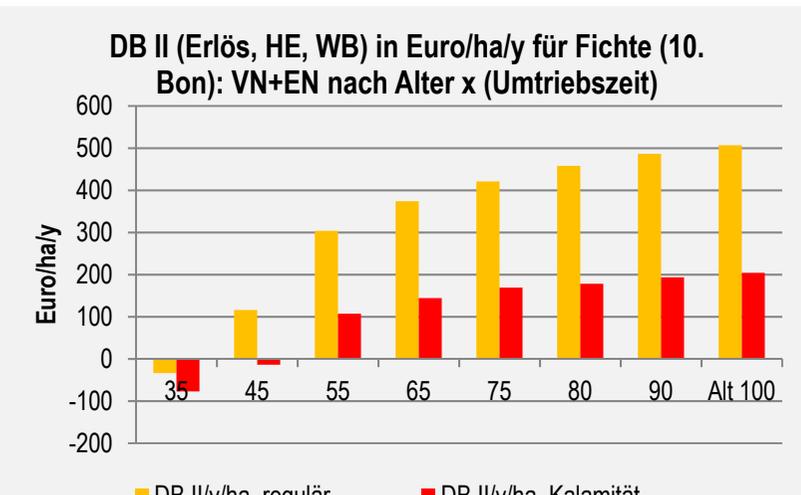


# Management (Gestaltung) (Planung – Umsetzung – Controlling)



*Die Entscheidung liegt bei der Waldeigentümerin und dem Waldeigentümer !!!*

# Betriebswirtschaftliche Bewertung: Risiko - Zukunft



- Risiko: durch Minimierung des Verlustrisikos das Erfolgs(Gewinn)-potenzial erhalten
- Wir wissen wesentlich besser was falsch ist, als was richtig (zukünftig) ist !!!

## Risiko und Ungewissheit (Gigerenzer 2013)

### Ungewissheit

*Wann, wo, wie häufig ist mit Ereignis zu rechnen ?*

*Wann, wo tritt welcher Schaden bzw. welche Schadenshöhe ein ?*

- **Schnee**
- **Eisanhang/Rauhreif**
- **Sturm/Orkan**
- **Trockenheit**
  
- **Klimawandel-Wirkungen**
- **Modellfehler/-unsicherheit**

# Entscheidung bei Ungewissheit = Unsicherheit



## Heuristik (Faustregel)

*.....in einer Welt, in der nicht alle Risiken bekannt sind (Ungewissheit),.....*

Verteile dein Geld gleichmäßig auf N Fonds: **1/N**

(Gigerenzer 2013)

## „No-regret-Maßnahme“

*= Maßnahmen, die man nicht bereut*

Maßnahme, die man vorsorglich ergreift um den Schaden eines **Ereignisse** abzuwenden oder zu lindern und **die ergriffen man auch nicht bereut**, wenn sich der eigentliche Grund für die Wahl sich im Nachhinein als nicht stichhaltig erweist

# Entscheidung bei Ungewissheit = Unsicherheit



## Heuristik (Faustregel) : $1/N$ (Gigerenzer 2013)

Risiko/Wahrscheinlichkeit: Baumarten-, Schichtungs-Alterstruktur		1-schichtig oder 1-altrig	2-schichtig oder 2-altrig	3-schichtig oder 3-altrig
Baumarten		$1/1 = 1,00$	$1/2 = 0,50$	$1/3 = 0,33$
1/Fichte	$1/1 = 1,00$	$1/1 * 1/1 = 1/1 = 1,00$	$1/1 * 1/2 = 1/2 = 0,50$	$1/1 * 1/3 = 1/3 = 0,33$
1/Fichte, Tanne	$1/2 = 0,50$	$1/2 * 1/1 = 1/2 = 0,50$	$1/2 * 1/2 = 1/4 = 0,25$	$1/2 * 1/6 = 1/6 = 0,17$
1/Fichte, Tanne, Buche	$1/3 = 0,33$	$1/3 * 1/1 = 1/3 = 0,33$	$1/3 * 1/2 = 1/6 = 0,17$	$1/3 * 1/3 = 1/9 = 0,11$

Mischbestände  $1/N$

[vgl. auch Knoke, 2009: *BA-Mischung*  $1/2 : 1/2$  od  $1/3:1/3:1/3$ ]

# Saum- und Femelhieb

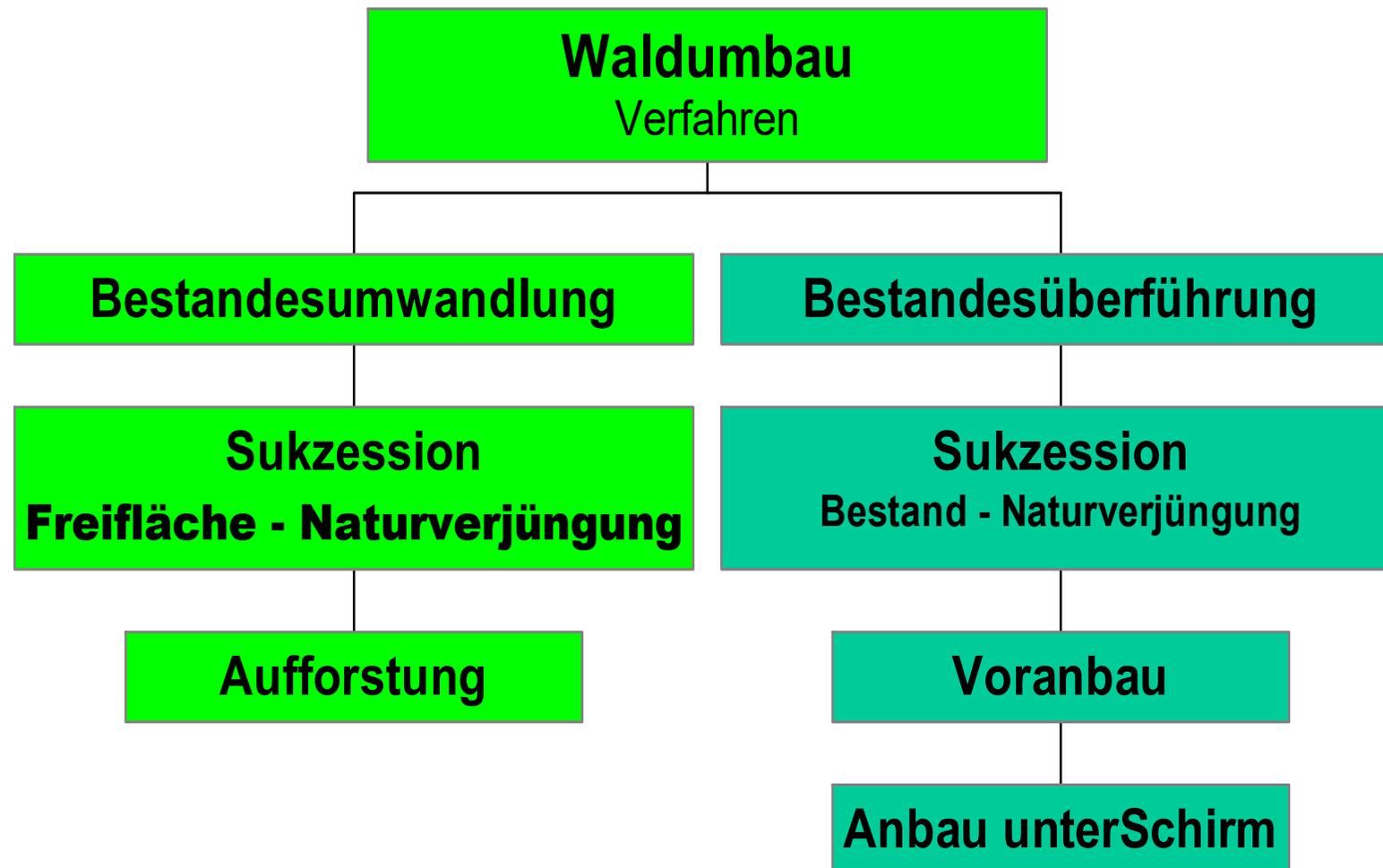


## Buche, Fichte, Tanne, Lärche, Weißkiefer

Waldbausystem	schlagweise					schlagfrei		
	Altersklassenwald					Dauerwald		
Maßnahmen	<i>Kahlhieb</i>	<i>Lochhieb</i> <i>0,1 ha</i>	<i>Saumhieb</i>	<i>Schirmhieb</i>	<i>Femelhieb</i>	<i>Einzelbaum</i>	<i>Gruppe</i> <i>0,05 - 0,1 ha</i>	<i>Horst (flächig)</i> <i>0,1 - 0,5 ha</i>
Kahlhieb								
Vorlichtung								
Lichtungshieb								
Nachlichtung								
Räumung								
Pflanzung								
Kulturpflege								
Kulturschutz								
Dickungspflege								

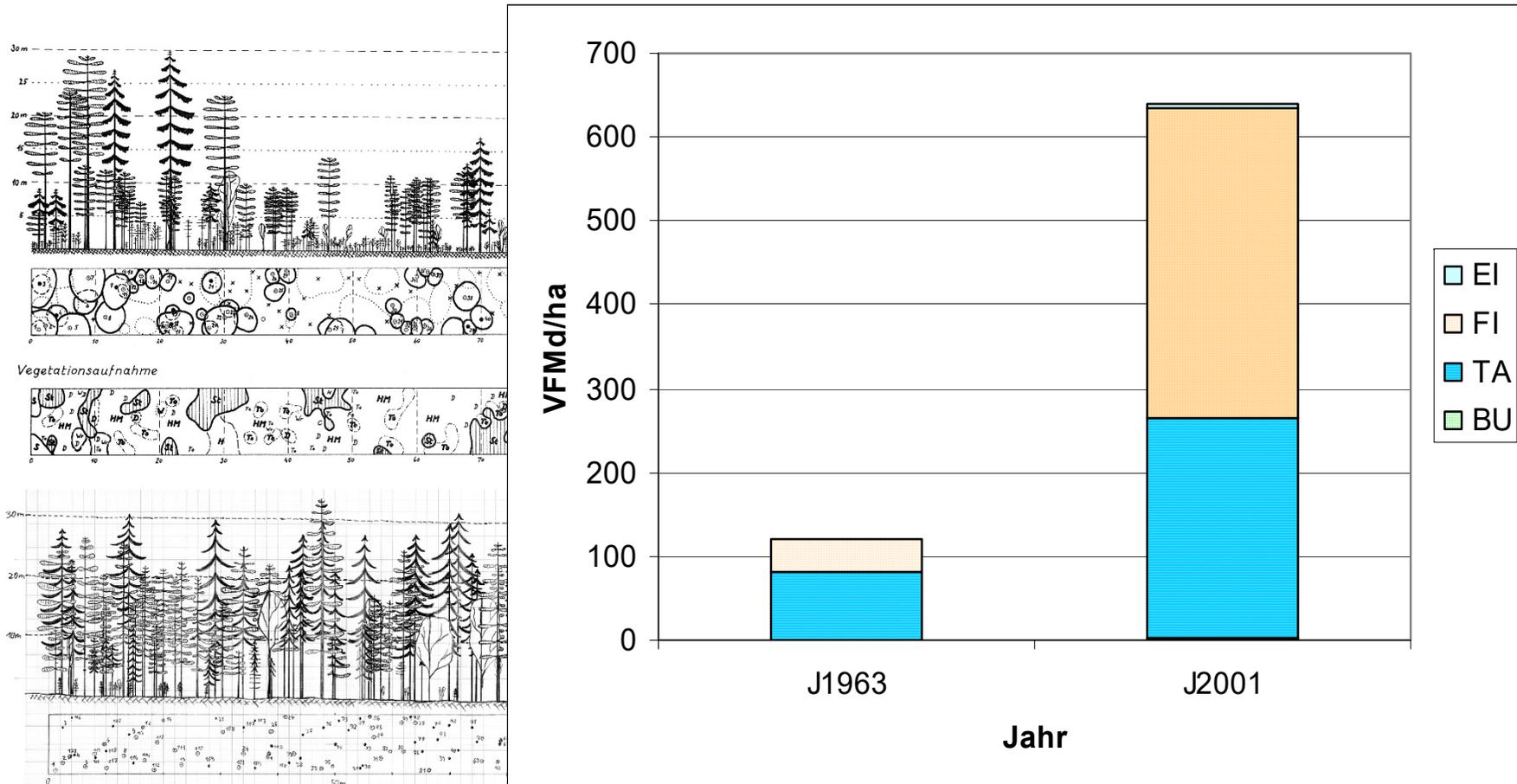
**Wirtschaftlicher Erfolg**

[LK OOE; Reh M.]



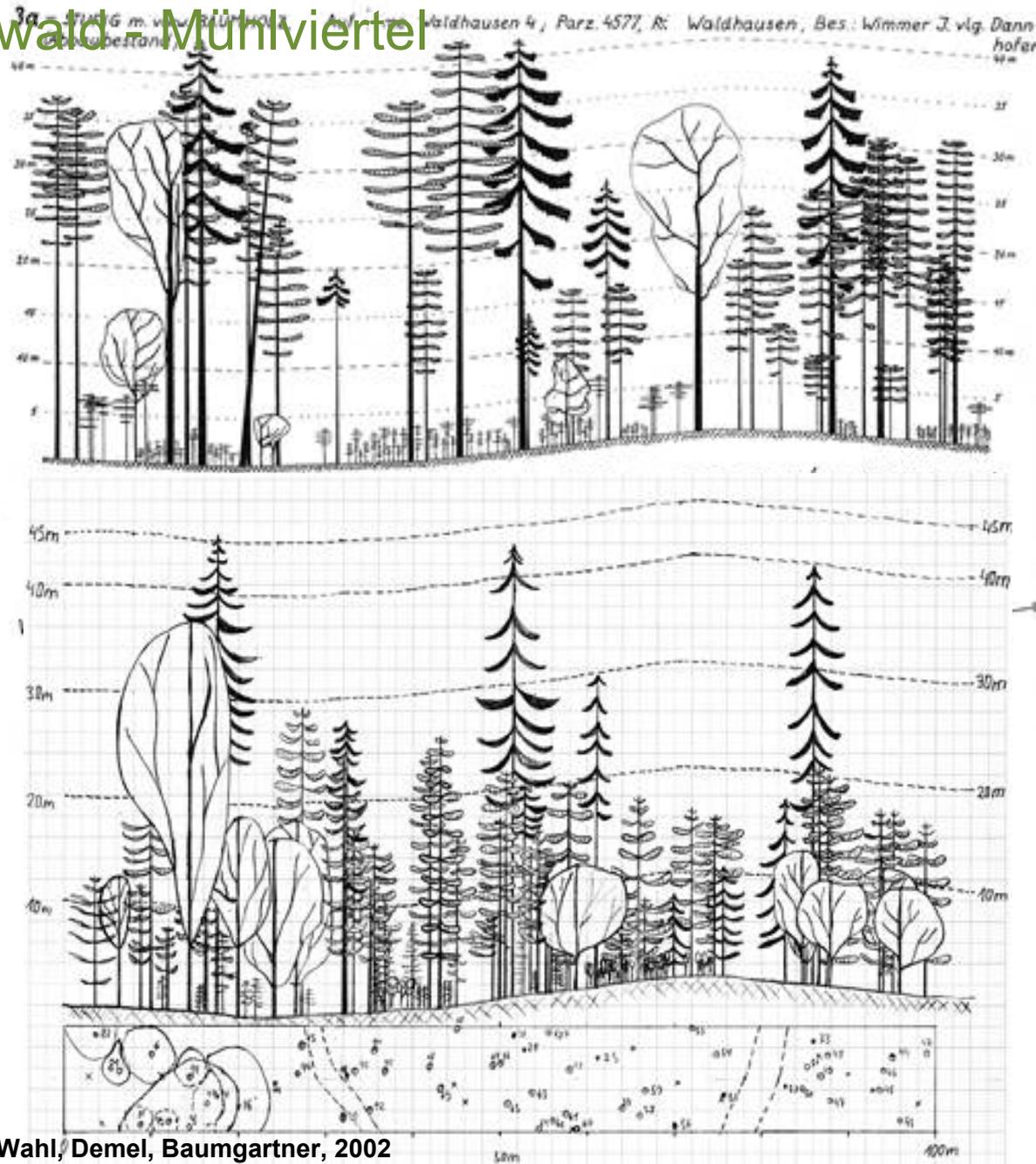
# Plenterwald - Mühlviertel

## - permanente Untersuchungsflächen - (Demel 1963)



# Plenterwald Mühlviertel

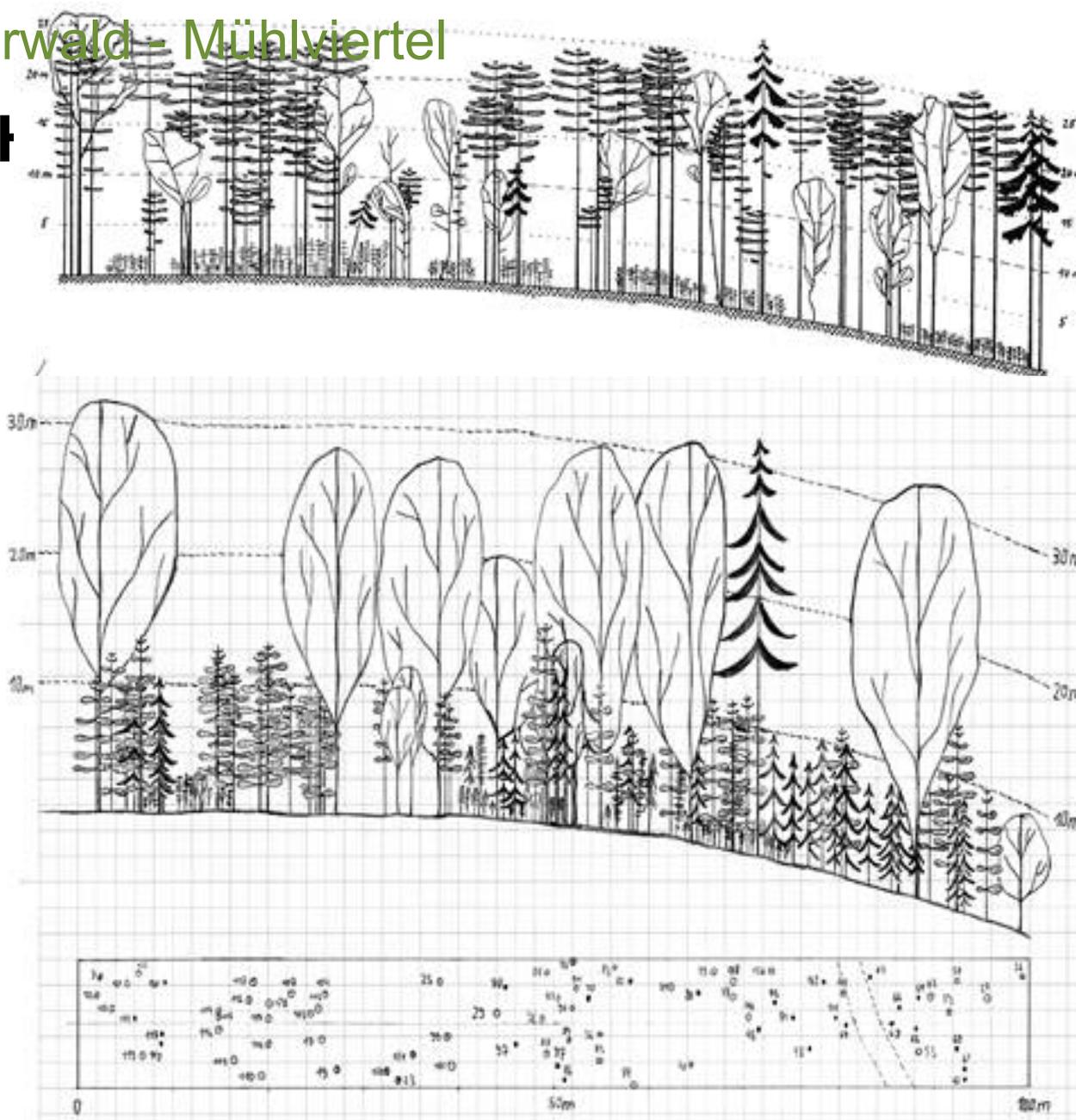
## TWAI



Hochbichler, Wahl, Demel, Baumgartner, 2002

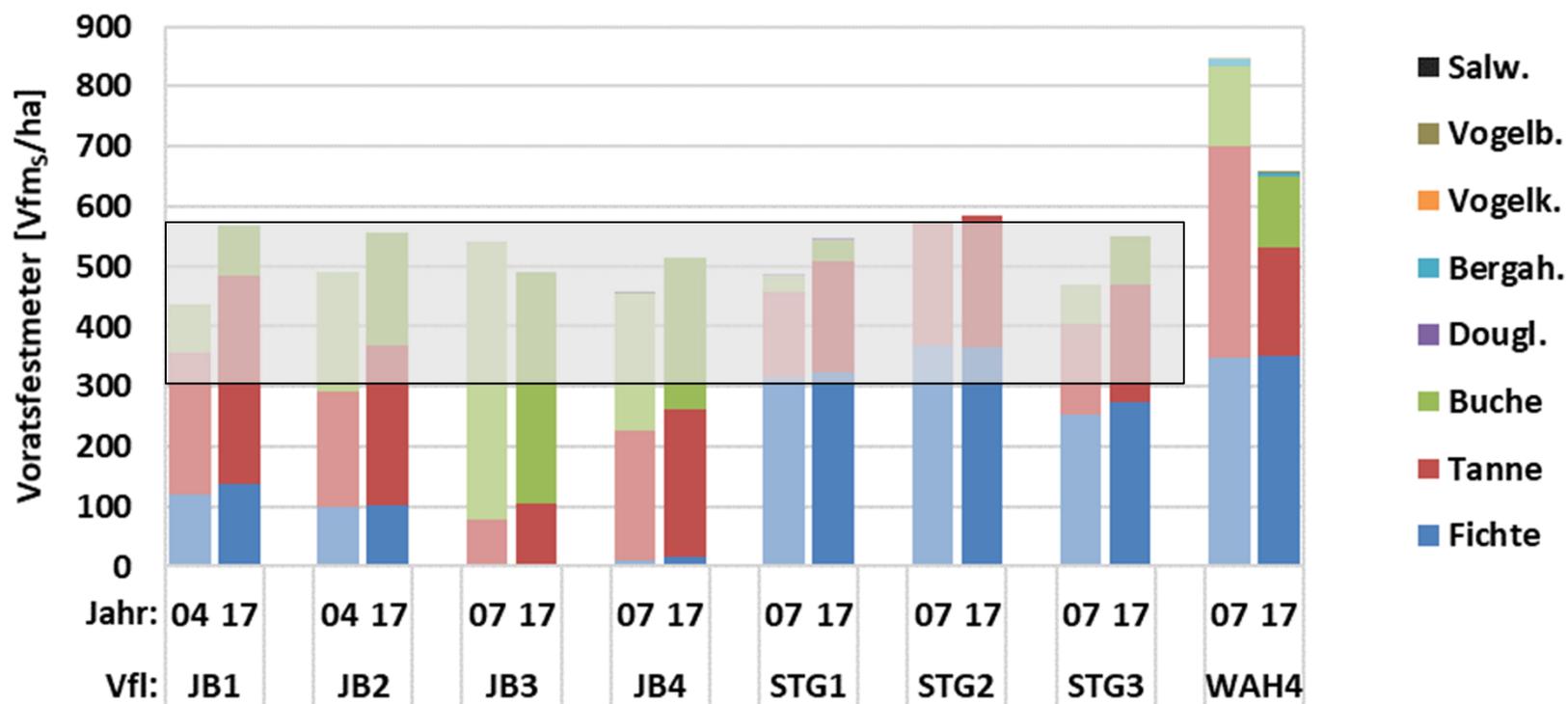
# Plenterwald - Mühlviertel

## TWA



Demel, 1963

# Vorrat



- 500 – 600 Vfm<sub>s</sub>/ha
- Zunahme auf fast allen Flächen
  - Starke Reduktion auf WAH4

Vergleich der Vorräte (Vfm<sub>s</sub>/ha) nach Baumarten, Versuchsflächen und Erhebungsjahren

# Nachwuchs

- Enorme Schwankungen zwischen den Versuchsflächen
  - 745 (JB4) und rd. 60.000 (STG2)
  - trotz ähnlicher Vorratshaltung
  - Buchenstangenholz
- JB1-4
  - Tanne fehlt ab JW 2 weitgehend
  - Buche sehr dominant
- STG1-3
  - Sehr stark verjüngt, kaum Buche
- WAH4
  - Wenig Verjüngung, Buche dominant

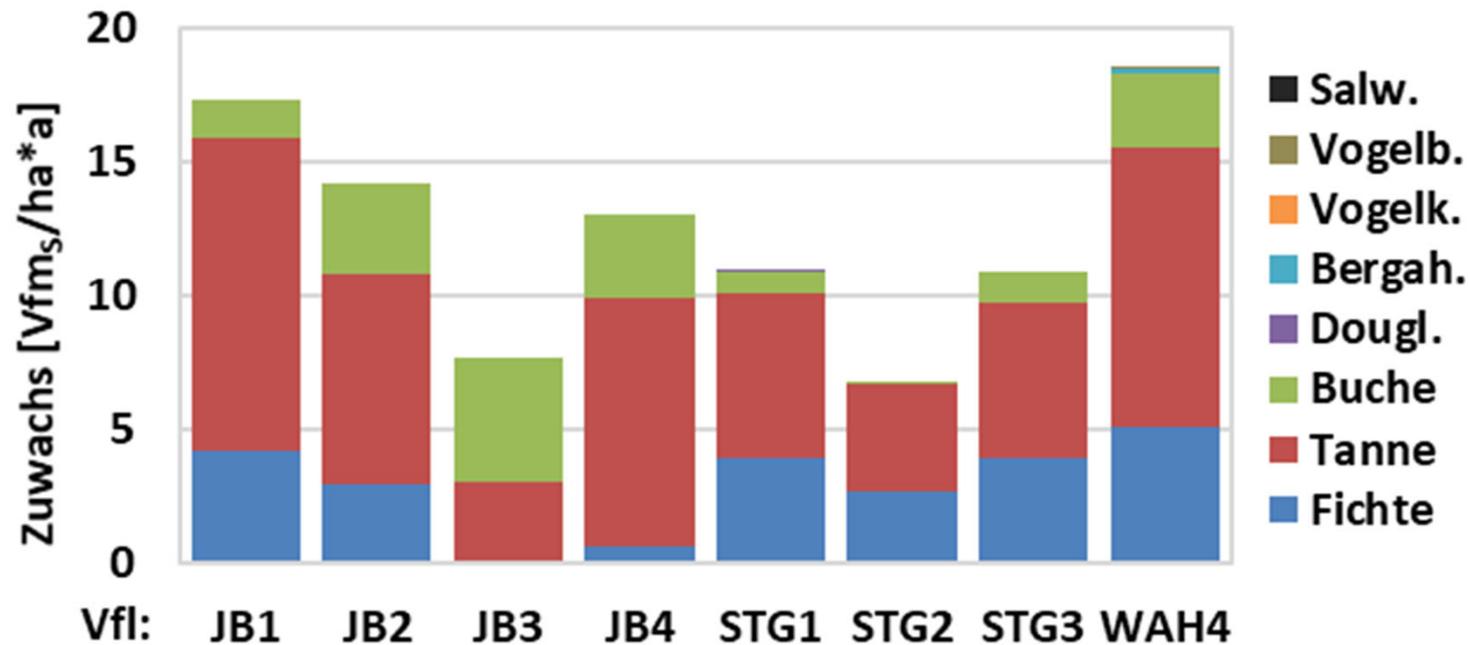


JB4



STG1

# Zuwachs



- **Beträchtliche Unterschiede zwischen den Versuchsflächen**

- 7 Vfm<sub>s</sub>/ha\*a (STG2)

- 19 Vfm<sub>s</sub>/ha\*a (WAH4)

Durchschnittlicher jährlicher Volumszuwachs der Periode nach Baumarten für die acht Plenterwaldversuchsflächen

## Zuwachs

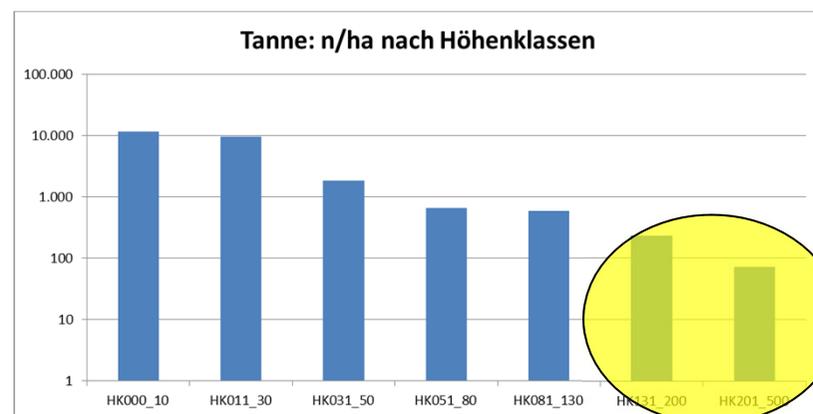
- Vorratsunabhängig!
- Ø jährliches Zuwachsprozent d. Periode
  - JB1-4: 2,4%
  - STG 1-3: 1,7 %
  - WAH4: 2,8 %

# Genossenschaftsjagd Natternbach

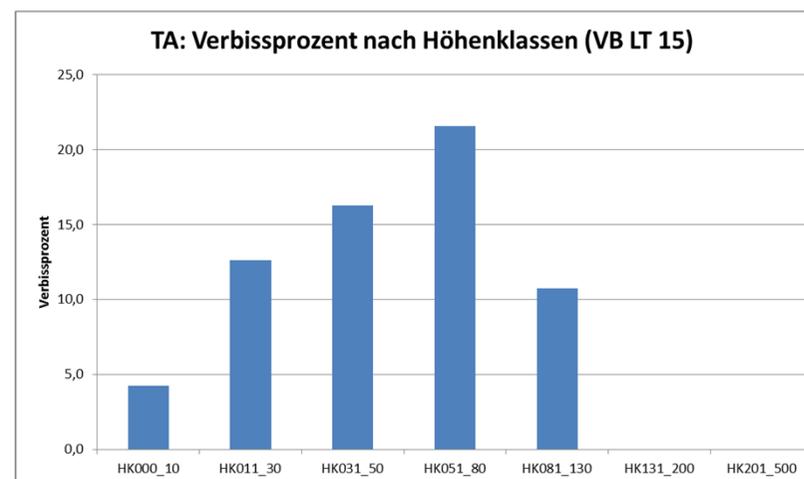
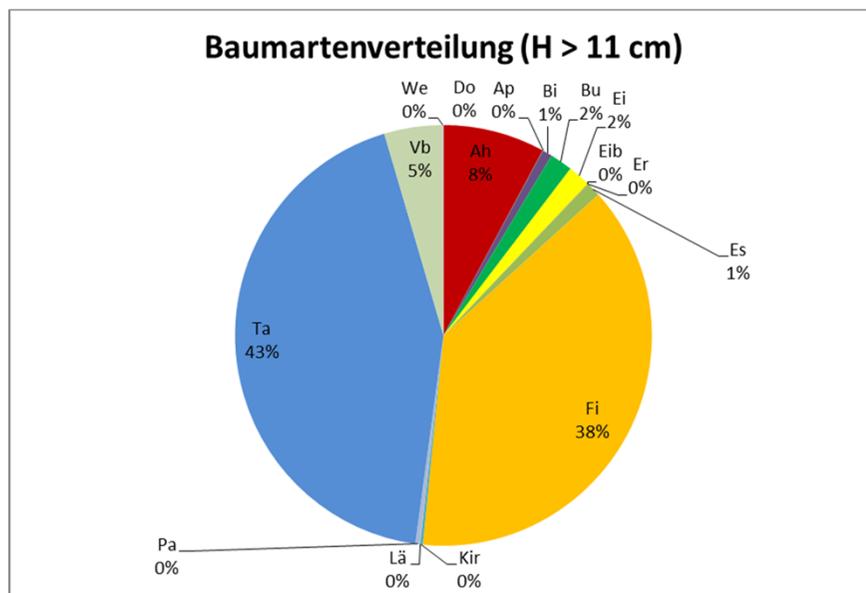
Auswirkungen von kontinuierlicher erfolgsorientierter Wald- und Wildbewirtschaftung sowie Jagdmanagement

## mittleres Tannen – Verbissprozent 2016

<b>MW</b>	<b>12,9</b>
<b>S</b>	<b>21,5</b>
<b>SX</b>	<b>3,5</b>
<b>sx%</b>	<b>26,9</b>

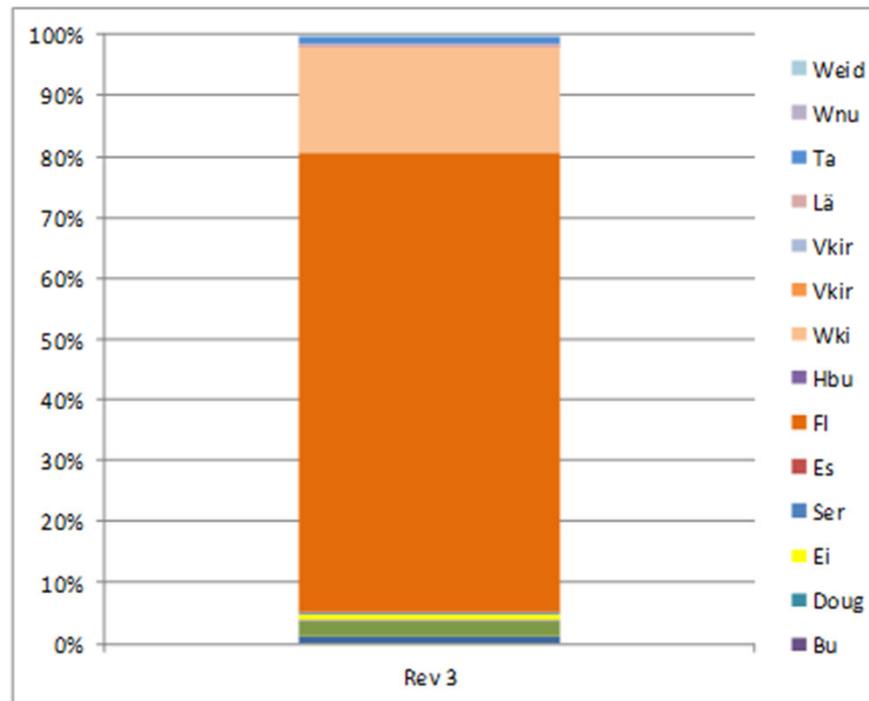


## Artendiversität im Jungwuchs



# Ausgangslage für Vorausverjüngung/Voranbau -> Überführung

BA	Rev 3
Bah	1,3
Bul	0,0
Bi	2,3
<b>Bu</b>	<b>0,3</b>
Doug	0,0
<b>Ei</b>	<b>1,0</b>
Ser	0,3
Es	0,0
<b>Fl</b>	<b>75,5</b>
Hbu	0,0
<b>Wki</b>	<b>17,0</b>
Vkir	0,3
Vkir	0,0
Lä	0,5
<b>Ta</b>	<b>1,3</b>
Wnu	0,0
Weid	0,3



Genossenschaftsjagdgebiet  
Waldburg

- Vorausverjüngung: Buche, **Tanne**
- Eiche
- Voranbau: Tanne, Schattbaumarten [Außensaum: Halbschatt/-Lichtbaumarten]
- Wildeinfluss - > Zäunung

Aufforstung ?  
Naturverjüngung ?

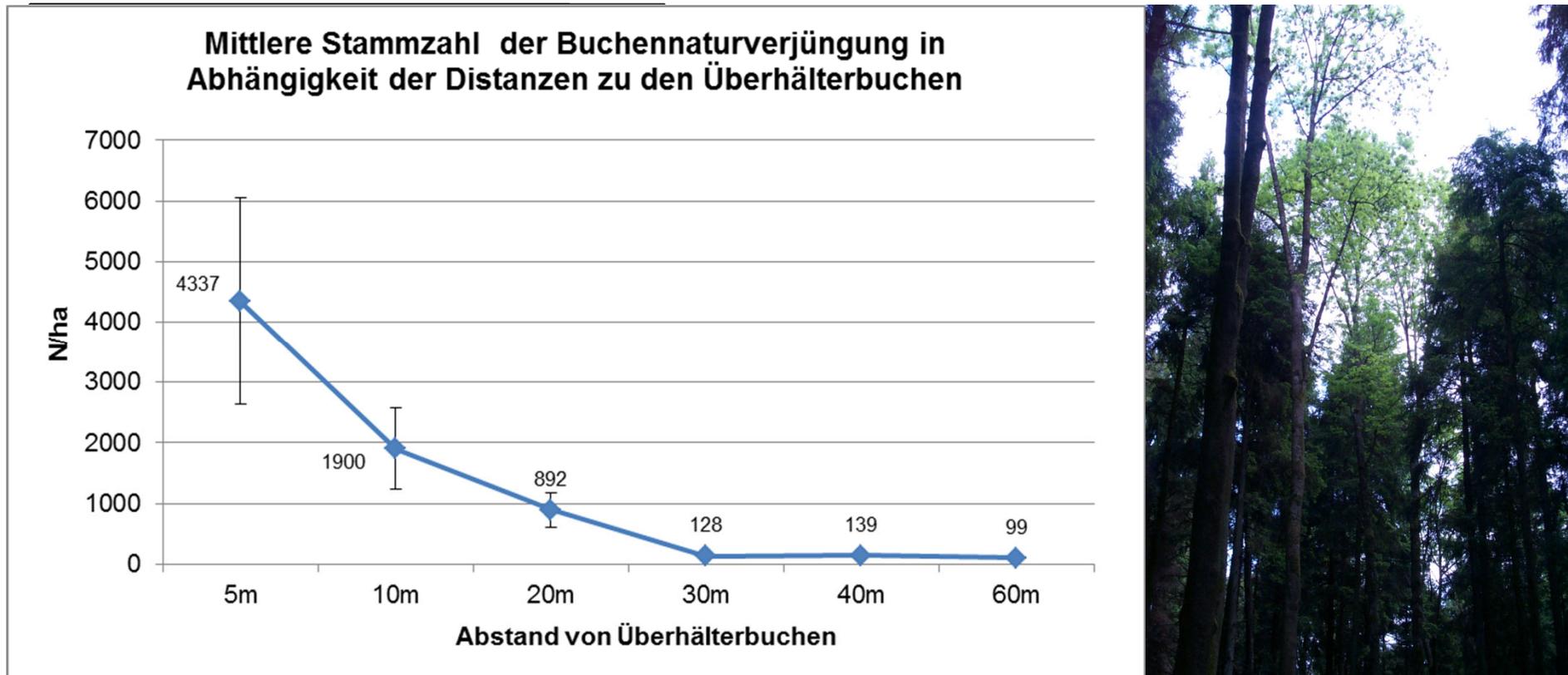




# Waldumbau: Überführung

## Naturverjüngung vs. Voranbau (Anbau unter Schirm)

Waldbauliche Untersuchung zur Verjüngungsdynamik von Buchen auf Windwurfllächen im Waldviertel (Hahn 2013)

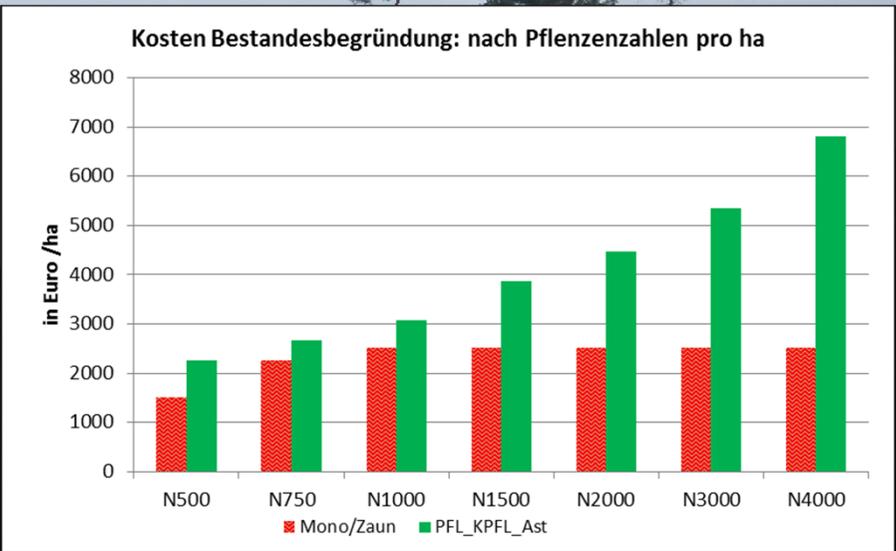
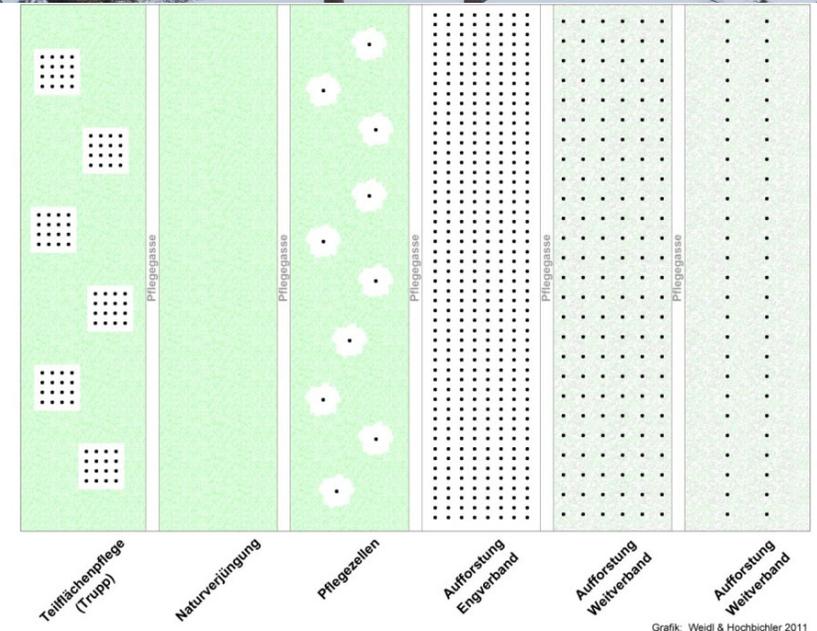


- Vorausverjüngung und/der Überführung durch Voranbau von Tanne, Laubbäume
- Samenbäume erhalten
- Wildeinfluss - > Zäunung

# Bestandesbegründung: Pflanzung vs. Naturverjüngung



Mischwaldbegründung  
 Naturverjüngung (Sukzession)  
 Pflanzung



# Überführung mit Naturverjüngung (Sukzession)



# Überführung mit Naturverjüngung (Sukzession)



# Überführung mit Eichelhäher [Naturverjüngung – Sukzession]



(Stift Altenburg; Schmid, Zotter, Hochbichler, 2019)

# Erhaltung, zielorientierte Behandlung - > Naturverjüngung



## Fichten- und fichtendominierte Bestände

(frisch/feuchte (nass) und stark wechselfeuchte Standorte)

**Schadflächen:** ab Horstgröße - > 0,1 ha - > Waldumbau -> Baumartenwechsel  
Naturverjüngung < > Pflanzung

**Dickung:** Stammzahlreduktion und/oder Mischungsregulierung

Erhaltung/Förderung von  
Mischbaumarten !!!

**Stangenholz – schwaches Baumholz**

- **Durchforstung** (mäßig starke, oft); **Erhalt/Förderung von Mischbaumarten** (Buche, Tanne, Bah, Eiche...);
- Ausnutzen von Störungen („Schneedruck-Windwurf-Borkenkäferlöcher“)
- **Vorausverjüngung: Naturverjüngung und/oder Voranbau (Ta, Bu) (Überführung)**

**Baumholz: Waldumbau -> Baumartenwechsel - >**

**Produktionszeitraum: fichtendominiert** > (60 –) 80 Jahre (Betriebszielsetzung)

**zu NB-LB Mischbeständen (Fi, TA, Serle)**

- Dringlichkeit abhängig Bestandesstabilität /Alter
- mittel-hoch (BG > 0,6) - > Saum-Femelhieb und Naturverjüngung/Pflanzung
- gering (BG < = 0,6) saumweise Hiebsführung/Kahlhieb und Pflanzung

**zu LB-Mischbeständen (Eiche, (m Ta), Serle)**

- Permanenter, praeventiver Forstschutz !  
    **[Waldhygiene wie „früher“ ?]**
- Wildeinfluss/-schaden verringern –  
    **Naturverjüngung sicherstellen**

**Danke für die Einladung !!!**