



---

# Effizienz in der Waldbewirtschaftung

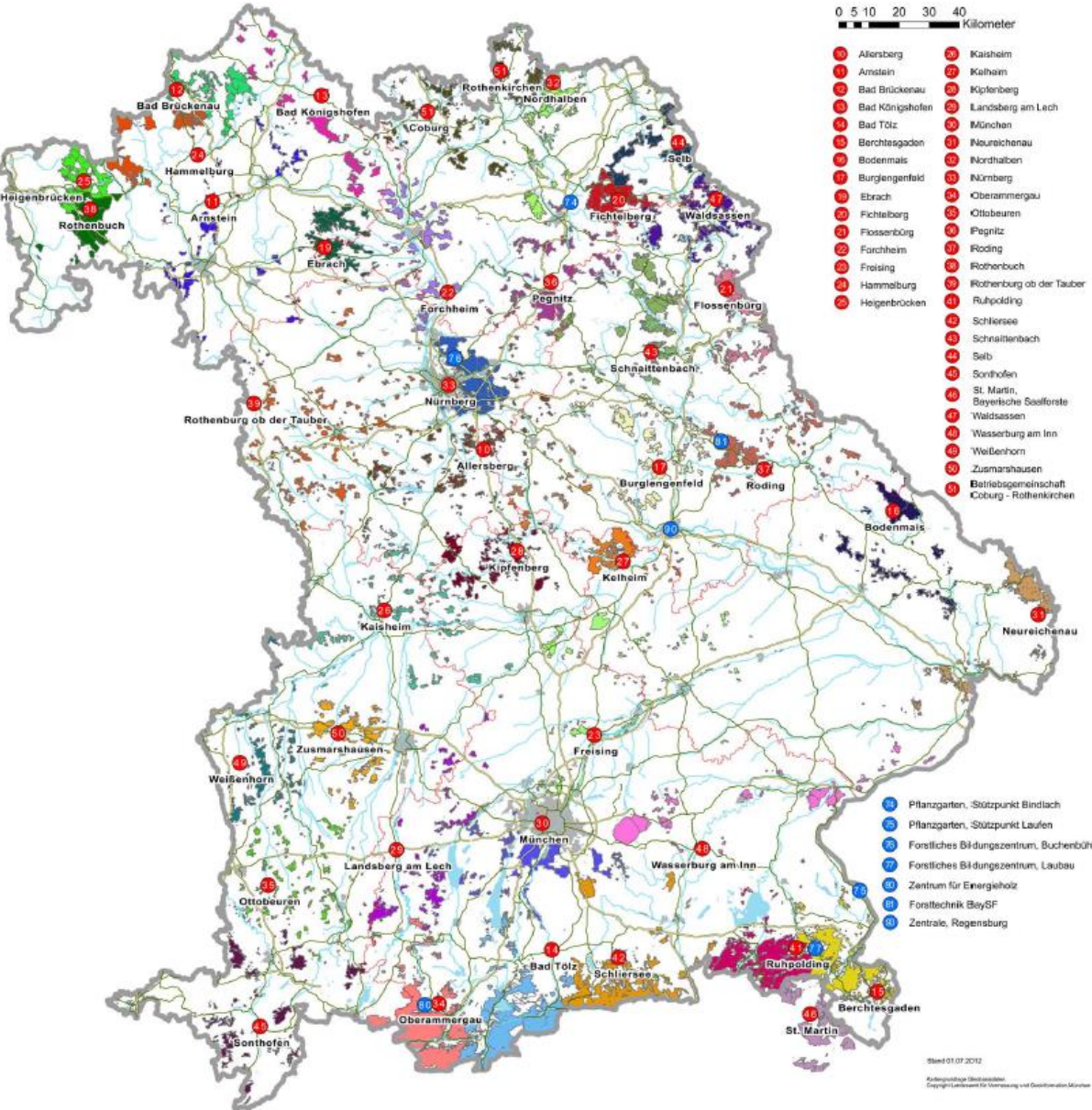
oder

# Was bitte sollen „eh da-Kosten“ sein?

---

[Dr. Roman Koster | Forstbetrieb Landsberg am Lech | Bayerische Staatsforsten AÖR]

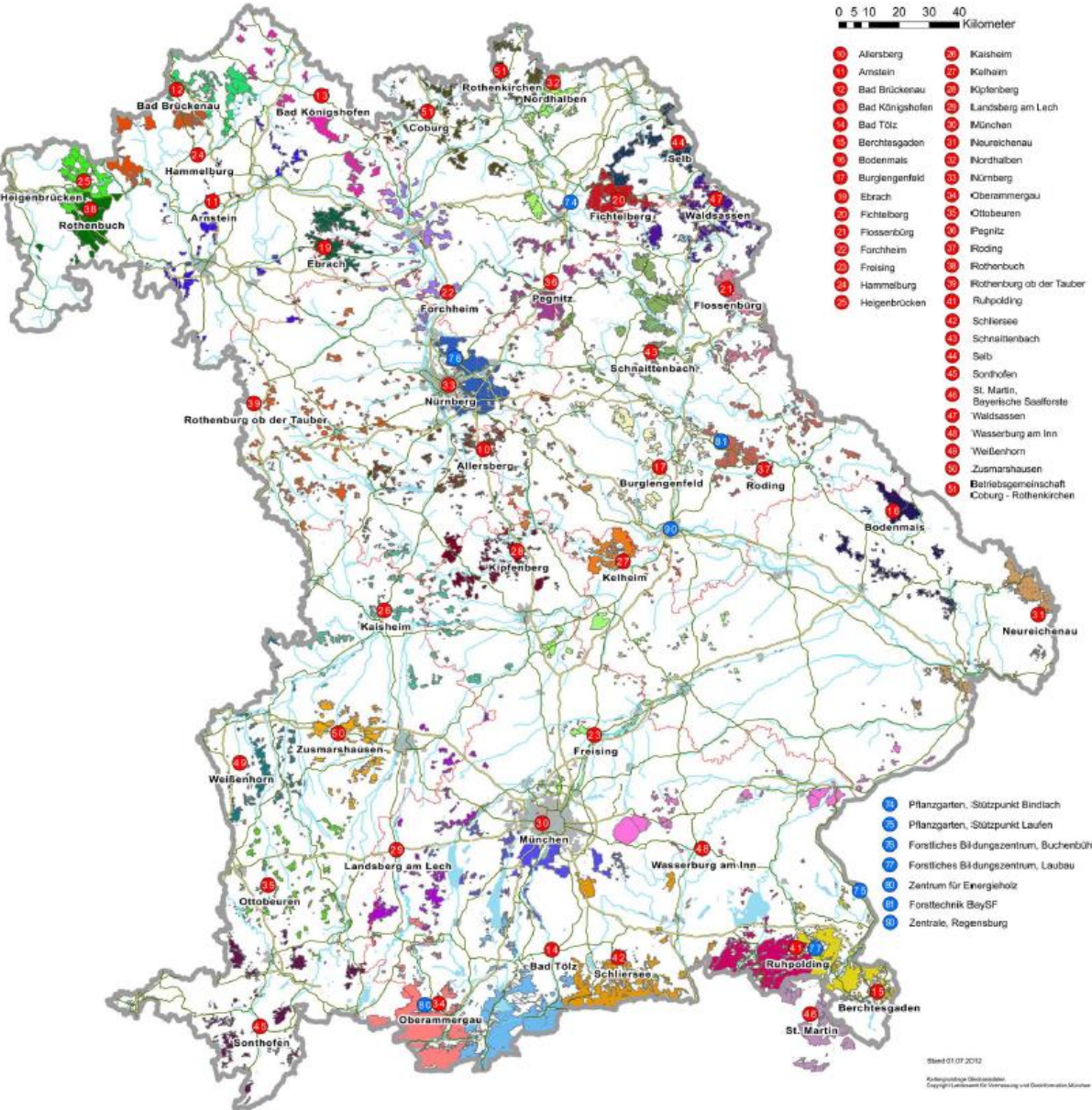
# Bayerische Staatsforsten AÖR



**BAYERISCHE  
STAATSFORSTEN**  
*Nachhaltig Wirtschaften.*

Stand 01.07.2012  
Kartenherstellung: GeoInformation  
Copyright: Landesamt für Vermessung und Geoinformation München

# Bayerische Staatsforsten AÖR



*„...ist der effiziente Umgang mit knappen Ressourcen.“*

# Knappheit im forstbetrieblichen Alltag



# Übersicht

**01** Einleitung

**02** Kapital- und  
Wuchsraumeffizienz

**03** Zeiteffizienz

**04** Fazit



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

## Forest Policy and Economics

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/forpol](http://www.elsevier.com/locate/forpol)



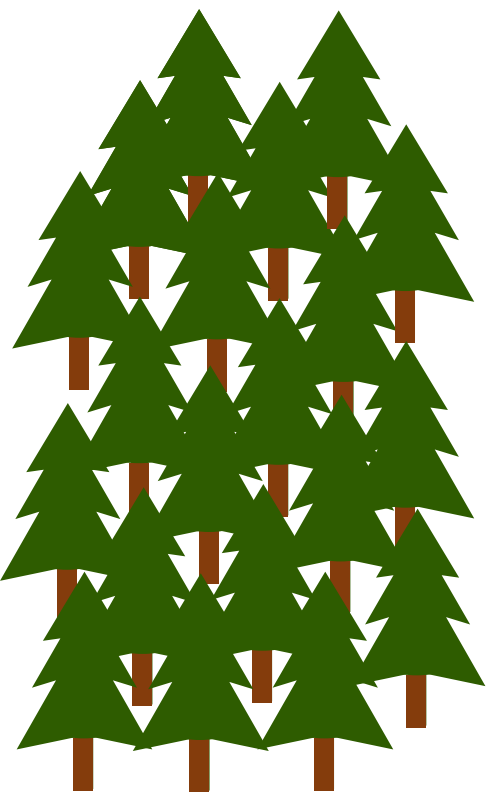
## Opportunity costs of growing space – an essential driver of economical single-tree harvest decisions

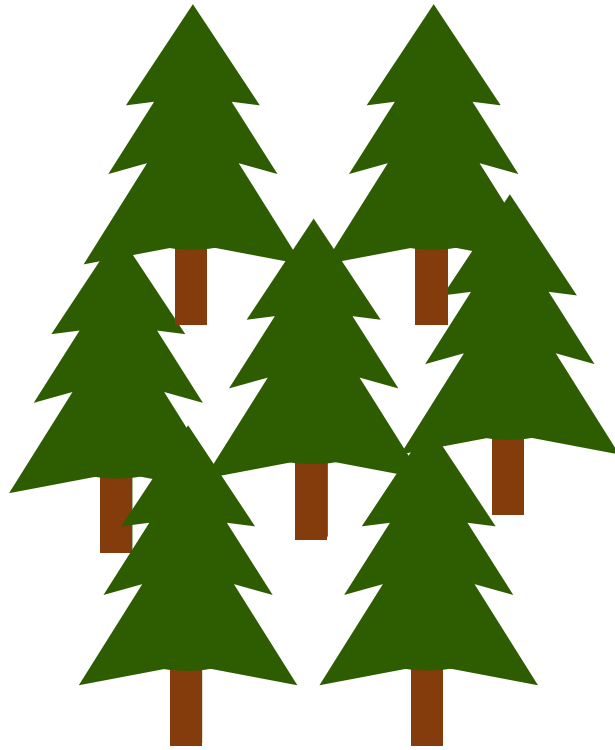
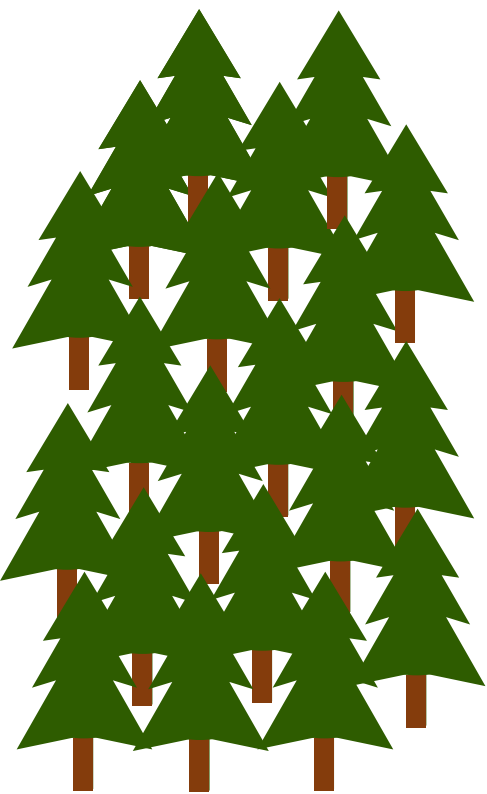
Roman Koster<sup>a,b,\*</sup>, Jasper M. Fuchs<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Department of Forest Economics, Georg-August-Universität Göttingen, Büsingenweg 3, 37077 Göttingen, Germany

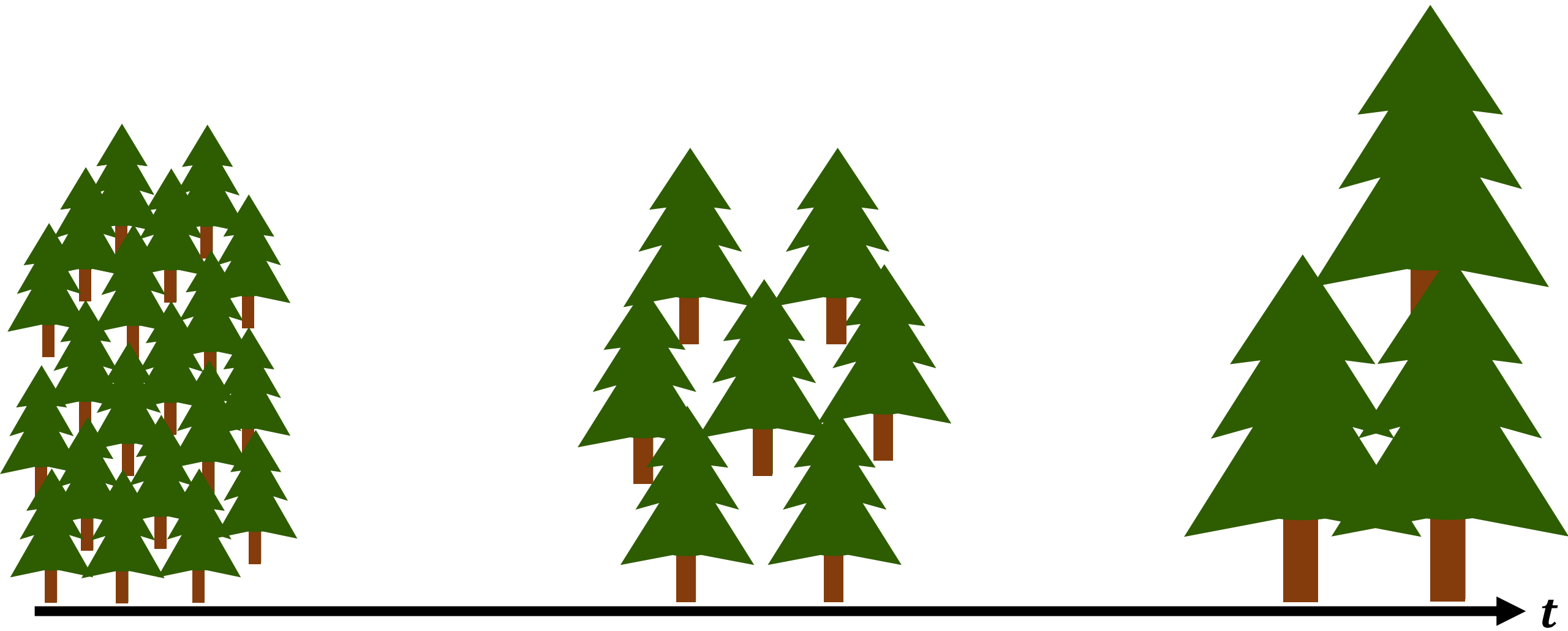
<sup>b</sup> Bavarian State Forest Enterprise, Tillystraße 2, 93053 Regensburg, Germany

<sup>c</sup> Department of Forest Economics and Sustainable Land-use Planning, Georg-August-Universität Göttingen, Büsingenweg 1, 37077 Göttingen, Germany









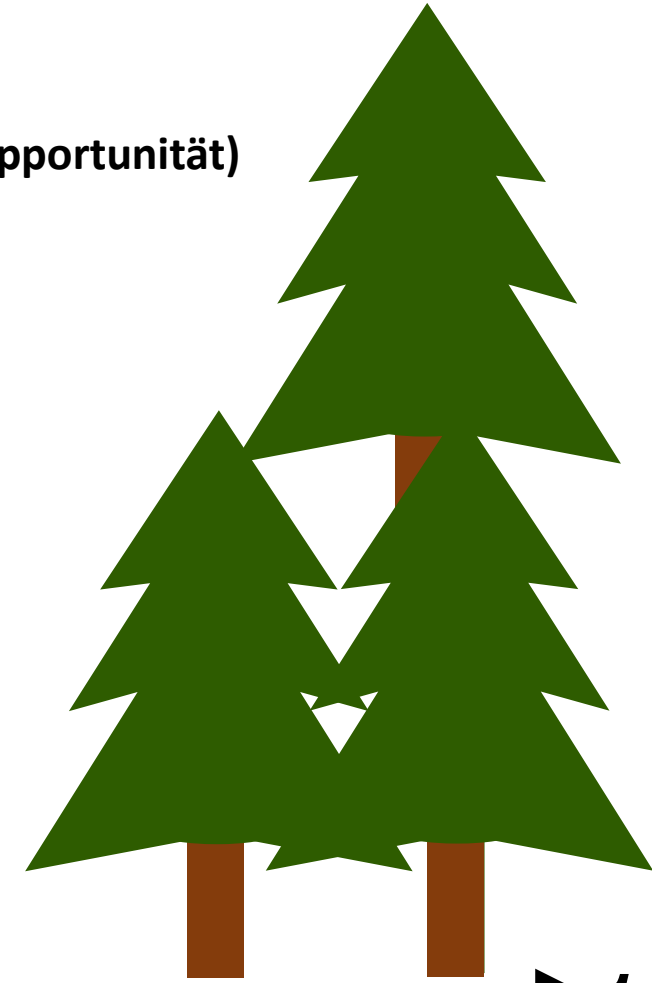
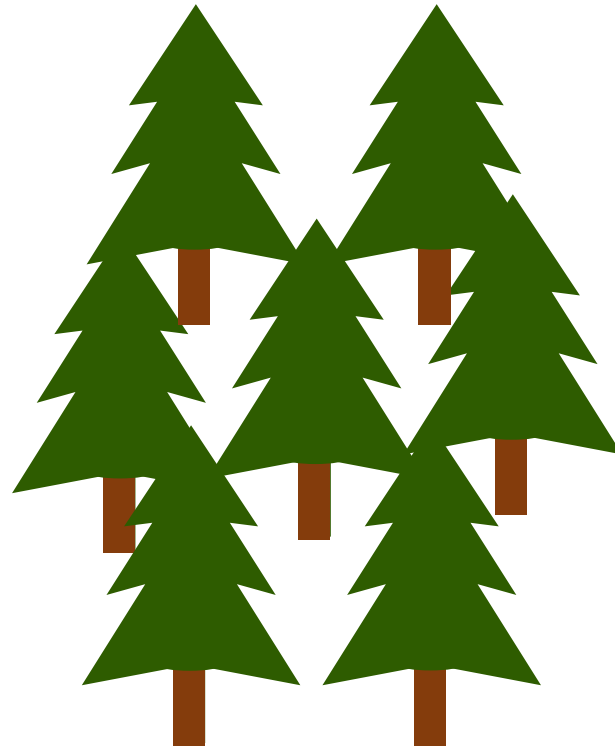
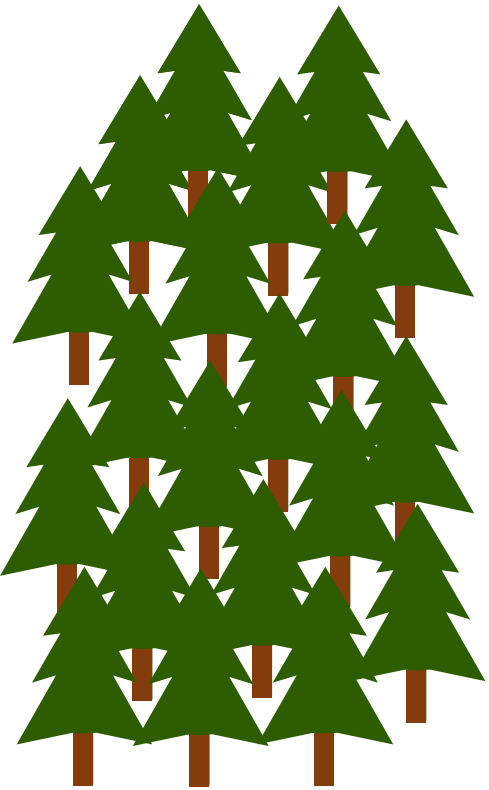
# Modell und Methode: Treiber der Einzelbaum-Ernteentscheidung

Zum optimalen Erntezeitpunkt eines jeden Baumes gilt:

Grenznutzen des Stehenlassens für ein weiteres Jahr (**Wertzuwachs**)

=

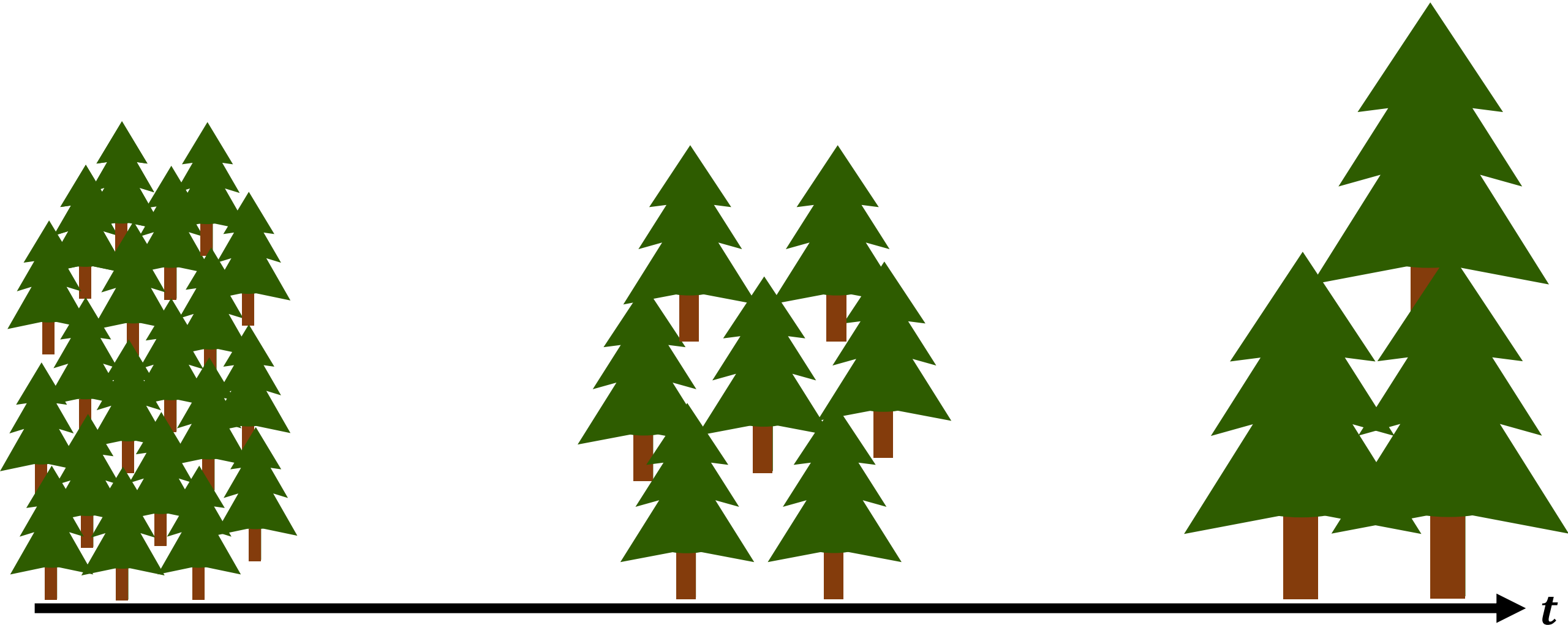
Grenzkosten des Stehenlassens für ein weiteres Jahr (**Kapitalopportunität + Wuchsraumopportunität**)



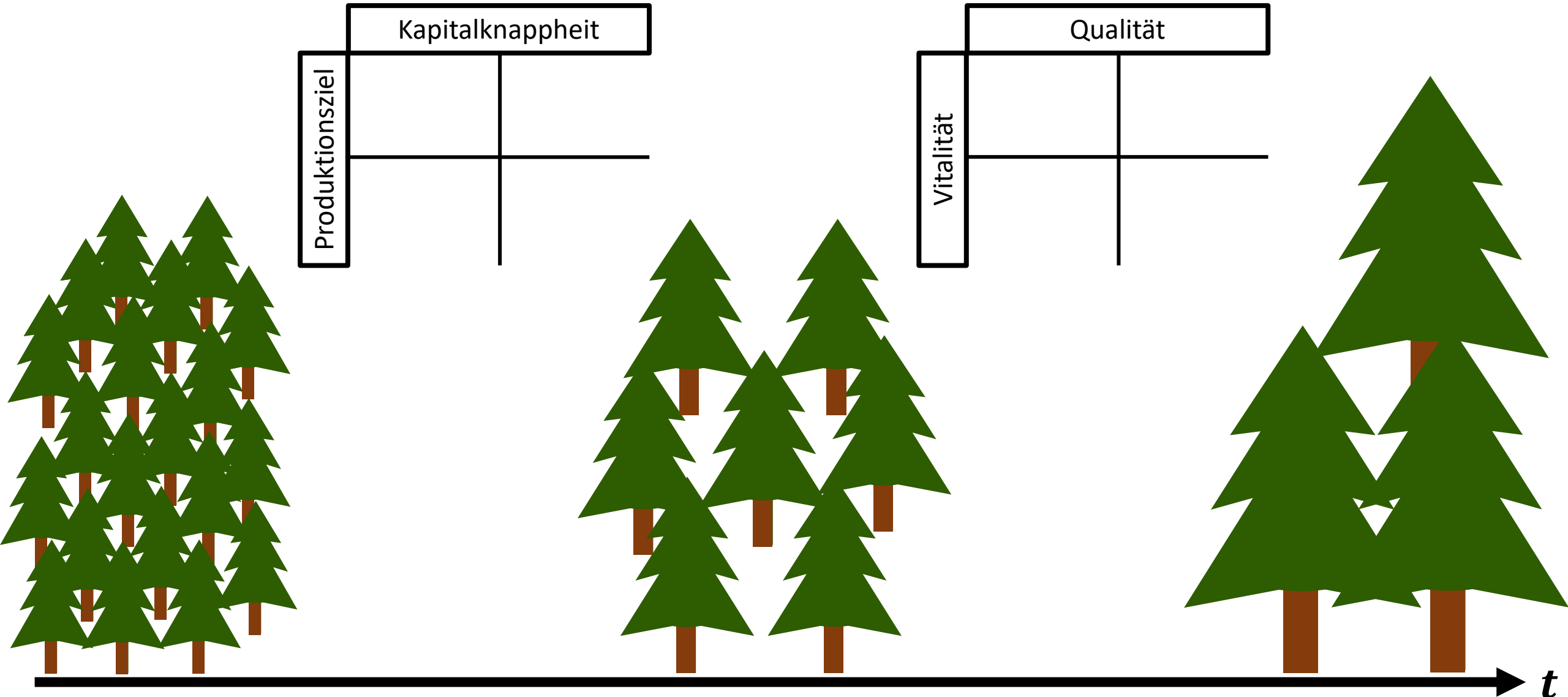
$t$

# Modell und Methode: Forschungsfrage I

I. Inwiefern treibt die Wuchsraumopportunität effiziente Einzelbaum-Ernteentscheidungen?



# Modell und Methode: Produktionsbedingungen



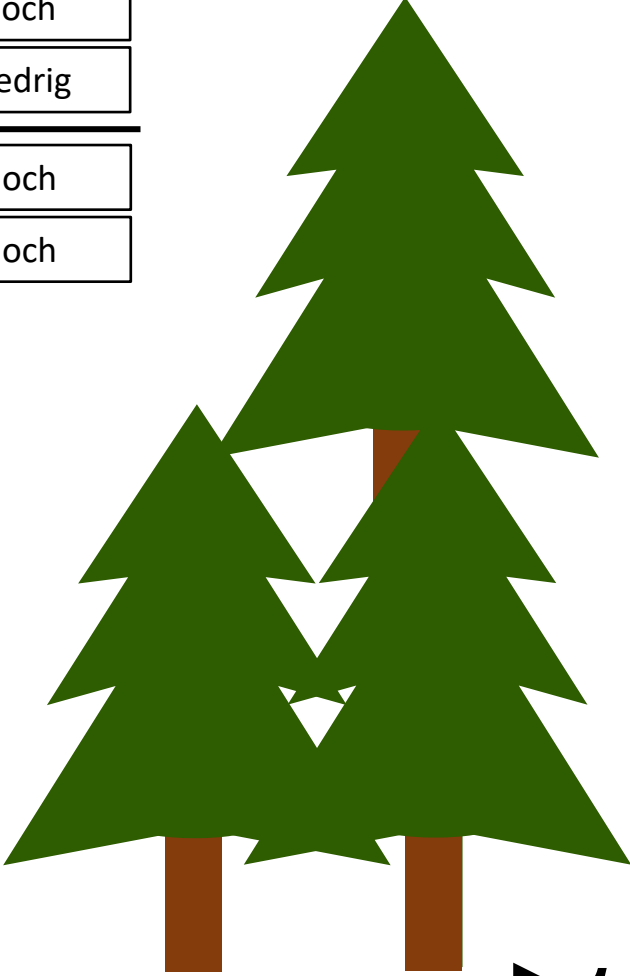
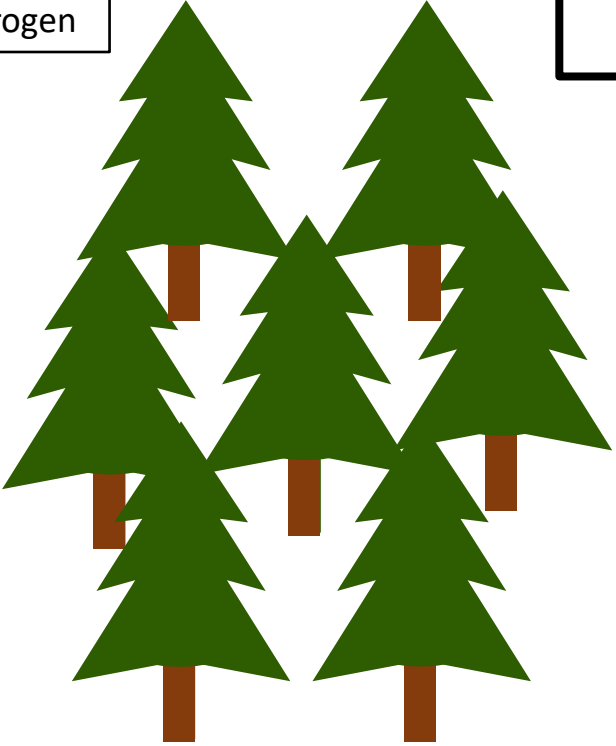
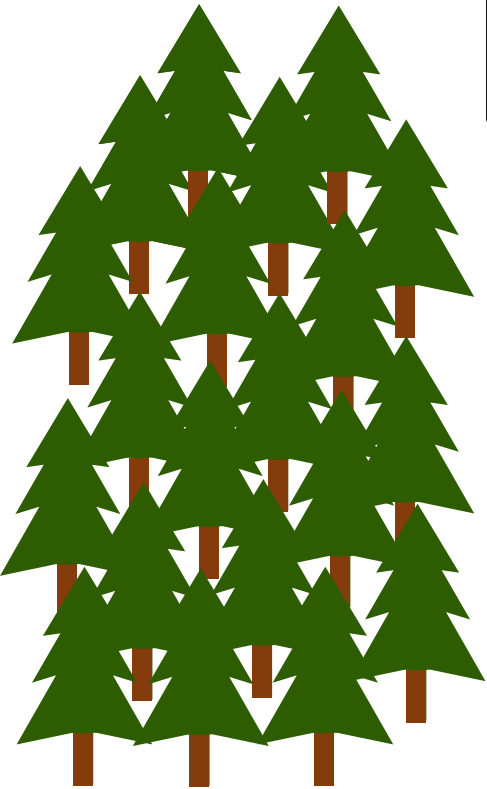
# Modell und Methode: Produktionsbedingungen

Szenarien 1.1 – 1.4

Kapitalknappheit	
Produktionsziel	0,000001 %
	2,00 %
	homogen
	heterogen

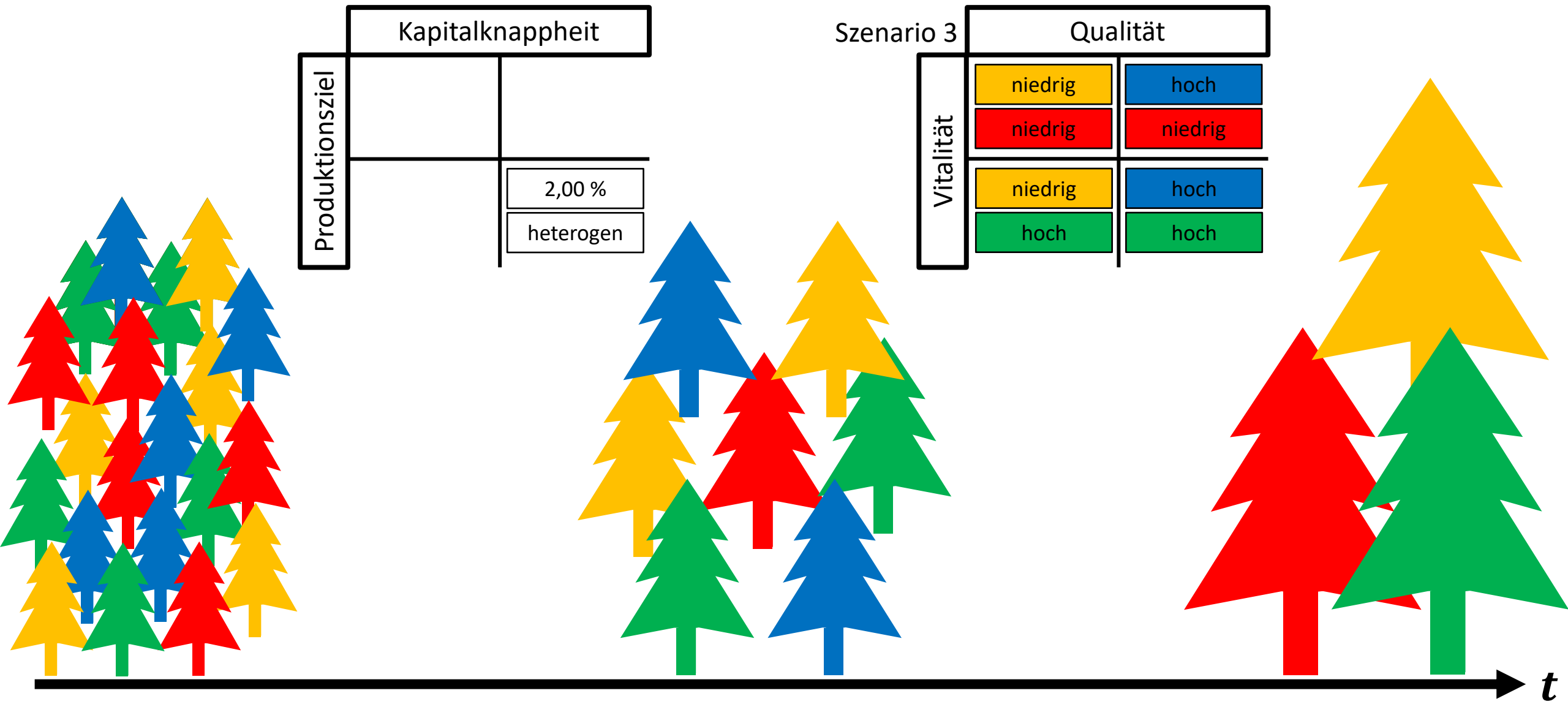
Szenarien 2.1 – 2.4

Qualität	
Vitalität	niedrig
	hoch
	niedrig
	hoch



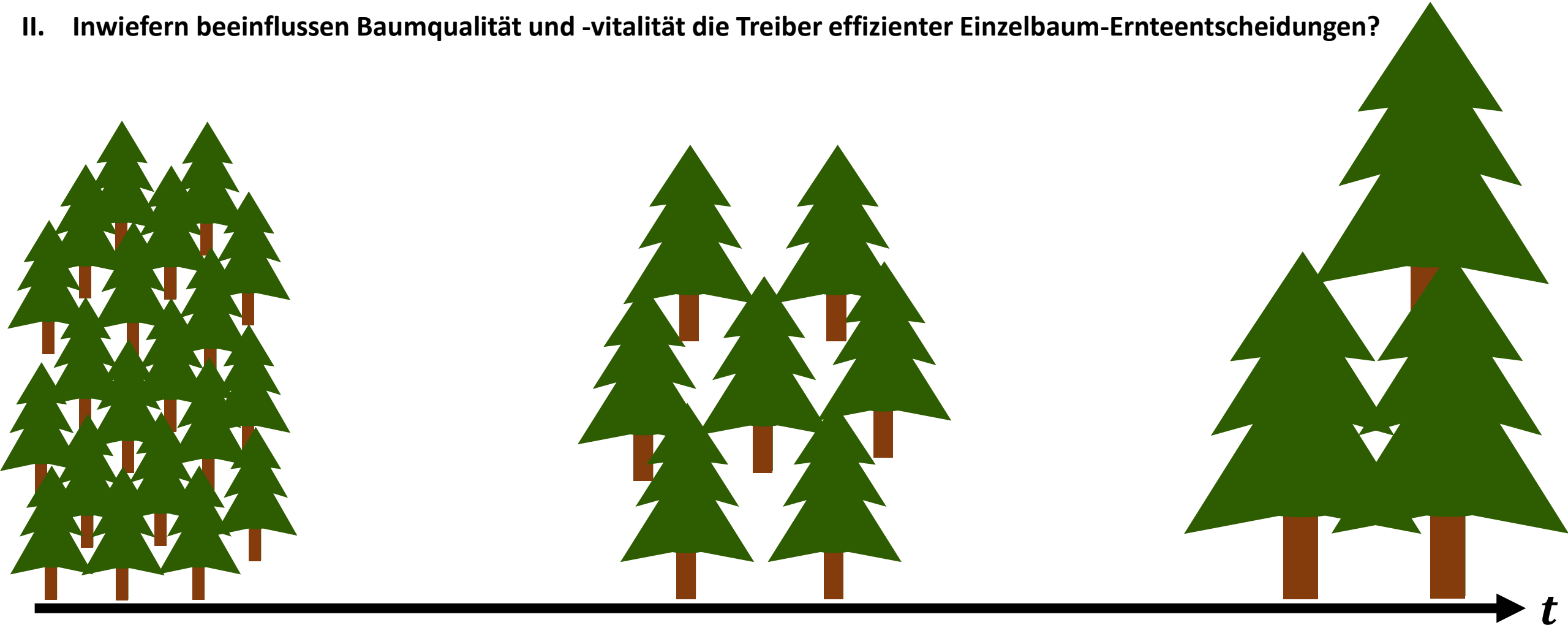
*t*

# Modell und Methode: Produktionsbedingungen

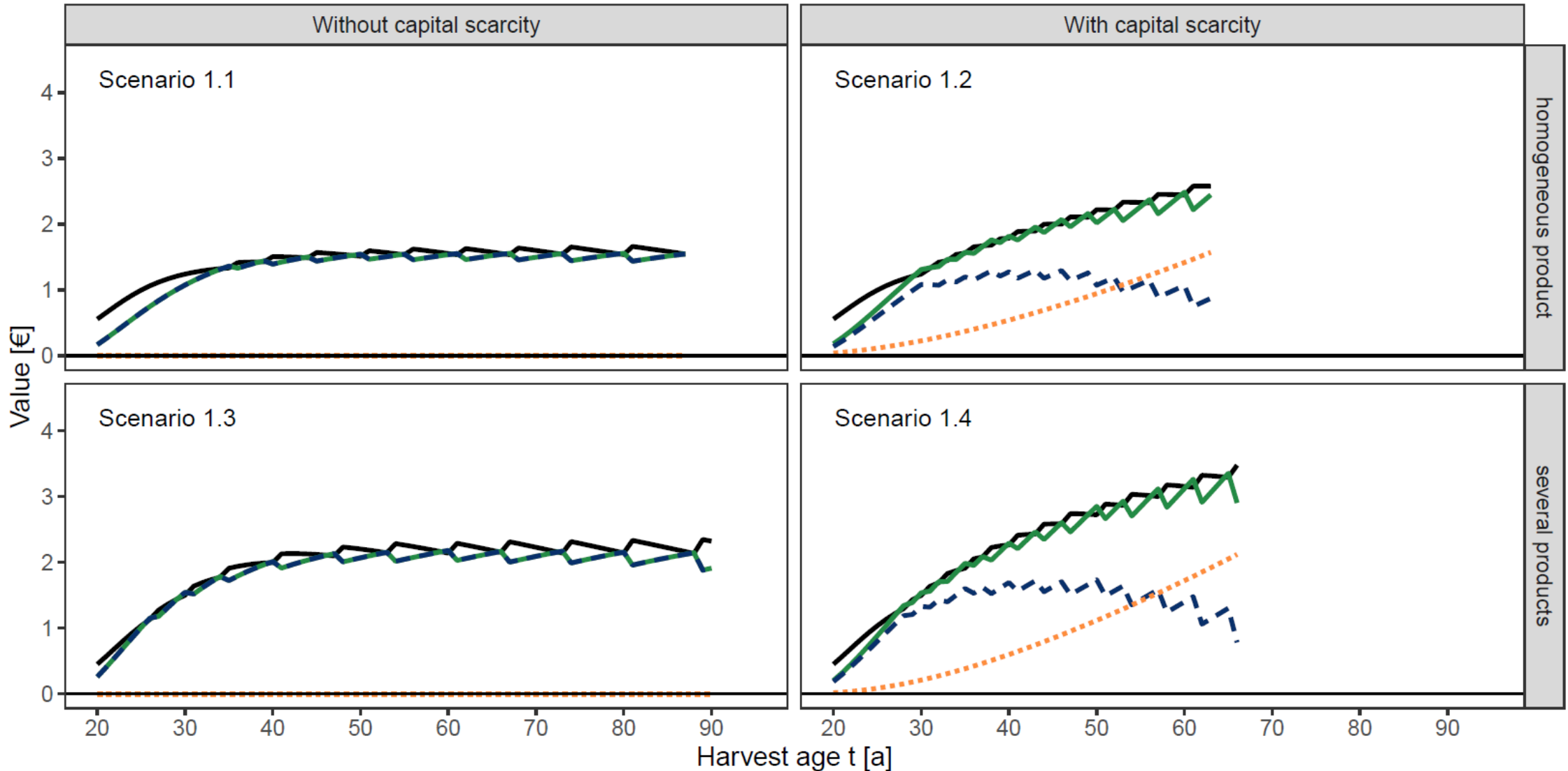


# Modell und Methode: Forschungsfrage II

- I. Inwiefern treibt die Wuchsraumopportunität effiziente Einzelbaum-Ernteentscheidungen?
- II. Inwiefern beeinflussen Baumqualität und -vitalität die Treiber effizienter Einzelbaum-Ernteentscheidungen?



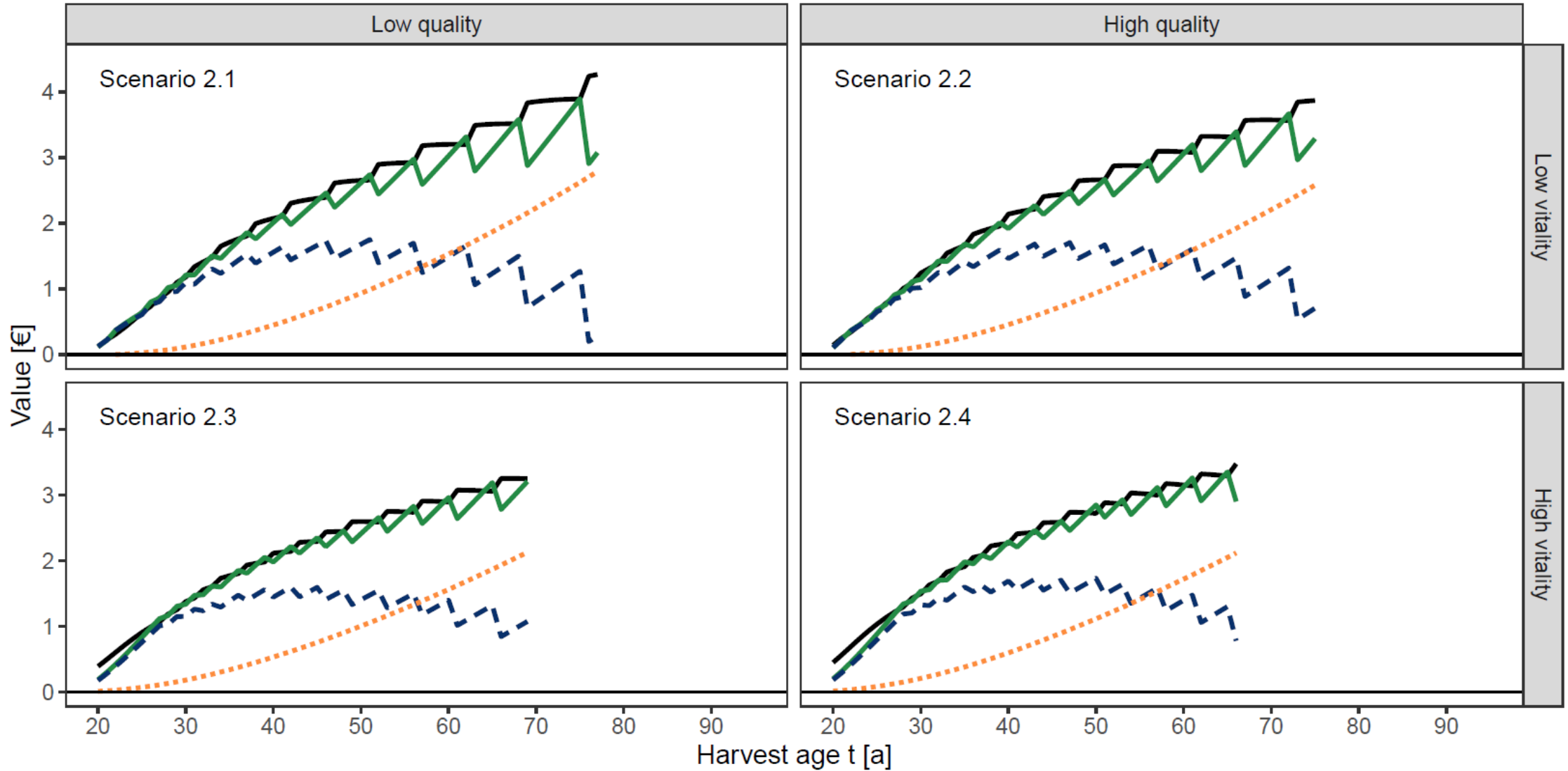
# Ergebnisse und Diskussion: Homogene Baumgruppe (Szenarien 1.1 – 1.4)



Value increment (marginal benefit)
  Sum of opportunity costs
  Opportunity costs of growing space
  Opportunity costs of capital

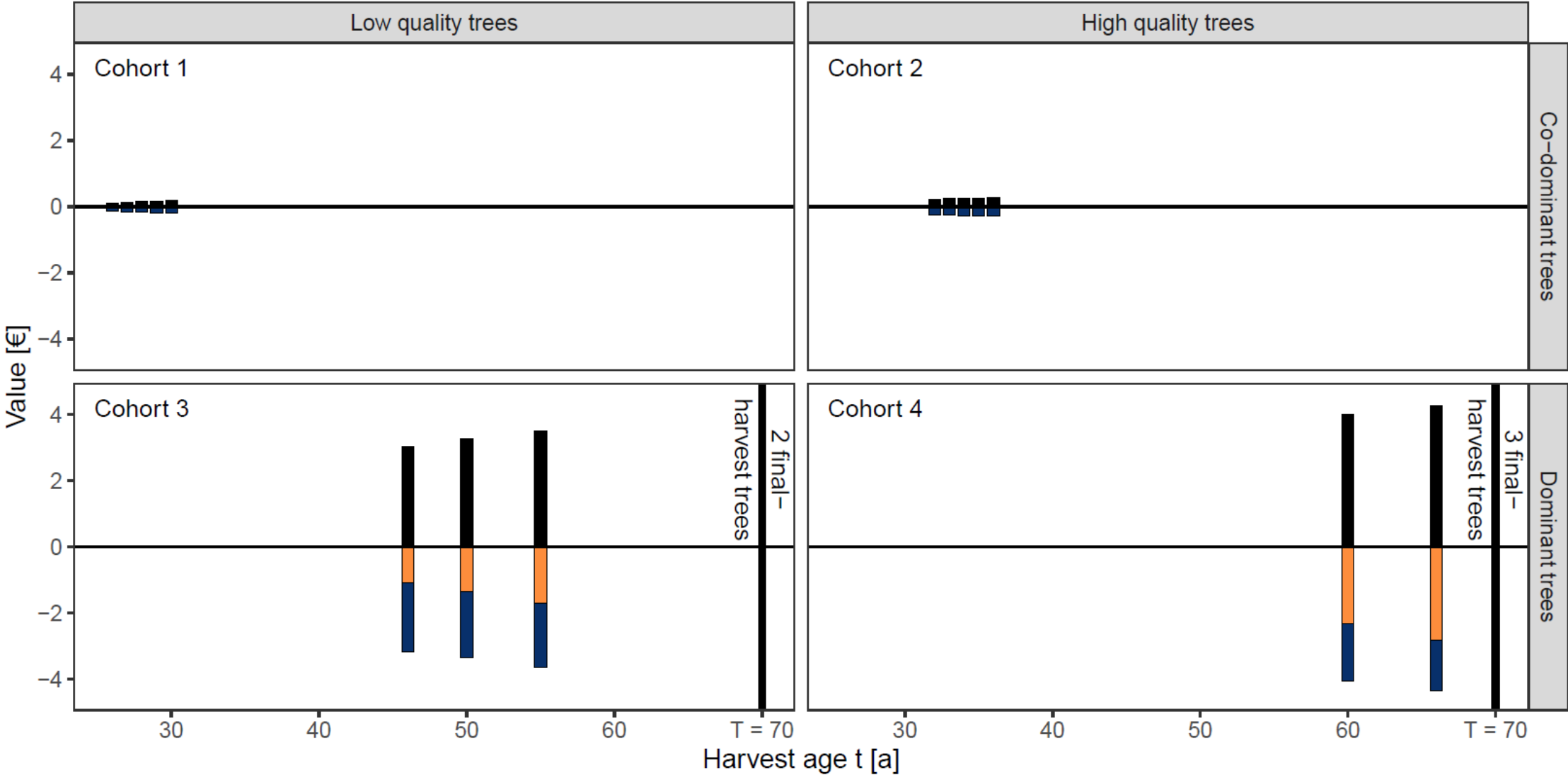


# Ergebnisse und Diskussion: Homogene Baumgruppe (Szenarien 2.1 – 2.4)



— Value increment (marginal benefit) 
 — Sum of opportunity costs 
 - - Opportunity costs of growing space 
 ⋯ Opportunity costs of capital

# Ergebnisse und Diskussion: Heterogene Baumgruppe (Szenario 3)



# Anwendungsausblick: Marteloskope



(W. Rothkegel, LWF)



(W. Rothkegel, LWF)

# Anwendungsausblick: Marteloskope

Hochwasserschutz

CO<sub>2</sub>-Speicherung und Substitution

Erholung und Gesundheitsförderung



(W. Rothkegel, LWF)



(W. Rothkegel, LWF)

Bodenbildung

Rohstoffbereitstellung

Erosionsschutz

Trinkwasserbereitstellung

# Übersicht

01

Einleitung

02

Kapital- und  
Wuchsräumeffizienz

03

Zeiteffizienz

04

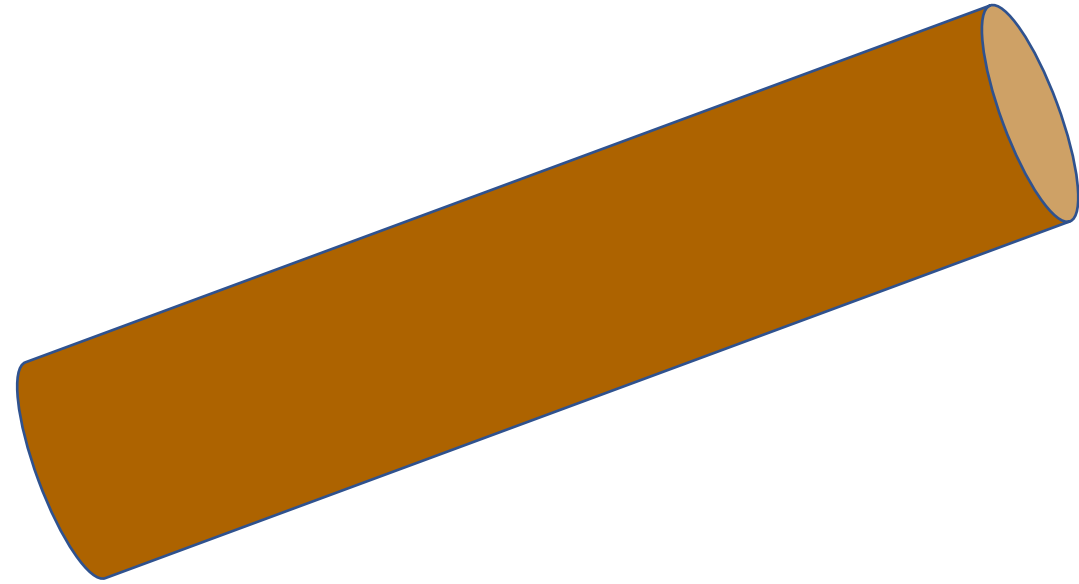
Fazit

# Unwort: „Eh da-Kosten“




„Ich bin doch  
eh da...“

# Beispiel: Eichen-Stammholz-Aushaltung (7 m; MDM 42 cm o.R.)

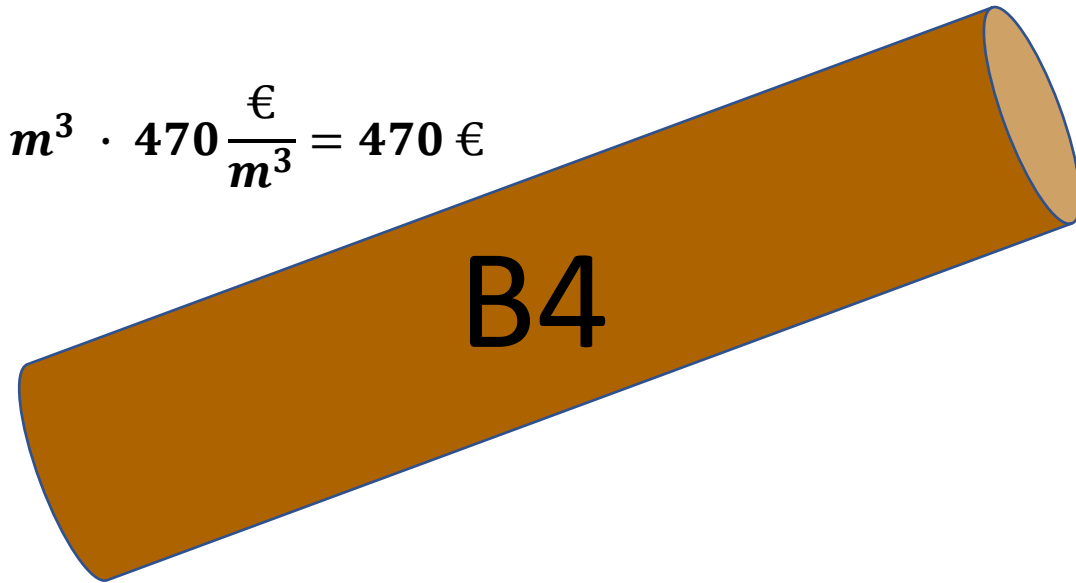


# Beispiel: Eichen-Stammholz-Aushaltung (7 m; MDM 42 cm o.R.)




„Schön schnell –  
die Zeit kann ich gut an  
anderer Stelle einsetzen.“

$$1 \text{ m}^3 \cdot 470 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 470 \text{ €}$$





# Beispiel: Eichen-Stammholz-Aushaltung (7 m; MDM 42 cm o.R.)



„Die Zeit nehme ich mir –  
für: Kundenbindung,  
Wertschöpfung etc.“

$$1 \text{ m}^3 \cdot 470 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 470 \text{ €}$$

B4

vs.

B4

A4

$$0,2 \text{ m}^3 \cdot 670 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} + 0,8 \text{ m}^3 \cdot 470 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 510 \text{ €}$$

# Effizienzdefizite minimieren – aber wie?



**Bewusstsein schaffen**



**durch  
Aus- und Fortbildung**

# Übersicht

01

Einleitung

02

Kapital- und  
Wuchsräumeffizienz

03

Zeiteffizienz

04

Fazit

# Gedanken zur Effizienz in der Waldbewirtschaftung



# Gedanken zur Effizienz in der Waldbewirtschaftung

**Forstwirtschaft hat [Überraschung] etwas mit Wirtschaften und somit mit Effizienz zu tun – und das ist auch gut so.**



# Gedanken zur Effizienz in der Waldbewirtschaftung



**Forstwirtschaft hat [Überraschung] etwas mit Wirtschaften und somit mit Effizienz zu tun – und das ist auch gut so.**

**Auch ohne Gewinnerzielungsabsicht sollte effizient gehandelt werden – Fläche, Kapital und Zeit sind immer knapp.**

# Gedanken zur Effizienz in der Waldbewirtschaftung



**Forstwirtschaft hat [Überraschung] etwas mit Wirtschaften und somit mit Effizienz zu tun – und das ist auch gut so.**

**Auch ohne Gewinnerzielungsabsicht sollte effizient gehandelt werden – Fläche, Kapital und Zeit sind immer knapp.**

**Das Streben nach Effizienz begleitet alle Försterinnen und Förster alltäglich – bewusst oder unbewusst.**



# Gedanken zur Effizienz in der Waldbewirtschaftung

**Forstwirtschaft hat [Überraschung] etwas mit Wirtschaften und somit mit Effizienz zu tun – und das ist auch gut so.**

**Auch ohne Gewinnerzielungsabsicht sollte effizient gehandelt werden – Fläche, Kapital und Zeit sind immer knapp.**

**Das Streben nach Effizienz begleitet alle Försterinnen und Förster alltäglich – bewusst oder unbewusst.**

**Zur Minimierung von Effizienzdefiziten muss zunächst ein Bewusstsein für Effizienz geschaffen werden.**



---

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**

---

[Dr. Roman Koster | Forstbetrieb Landsberg am Lech | Bayerische Staatsforsten AöR]

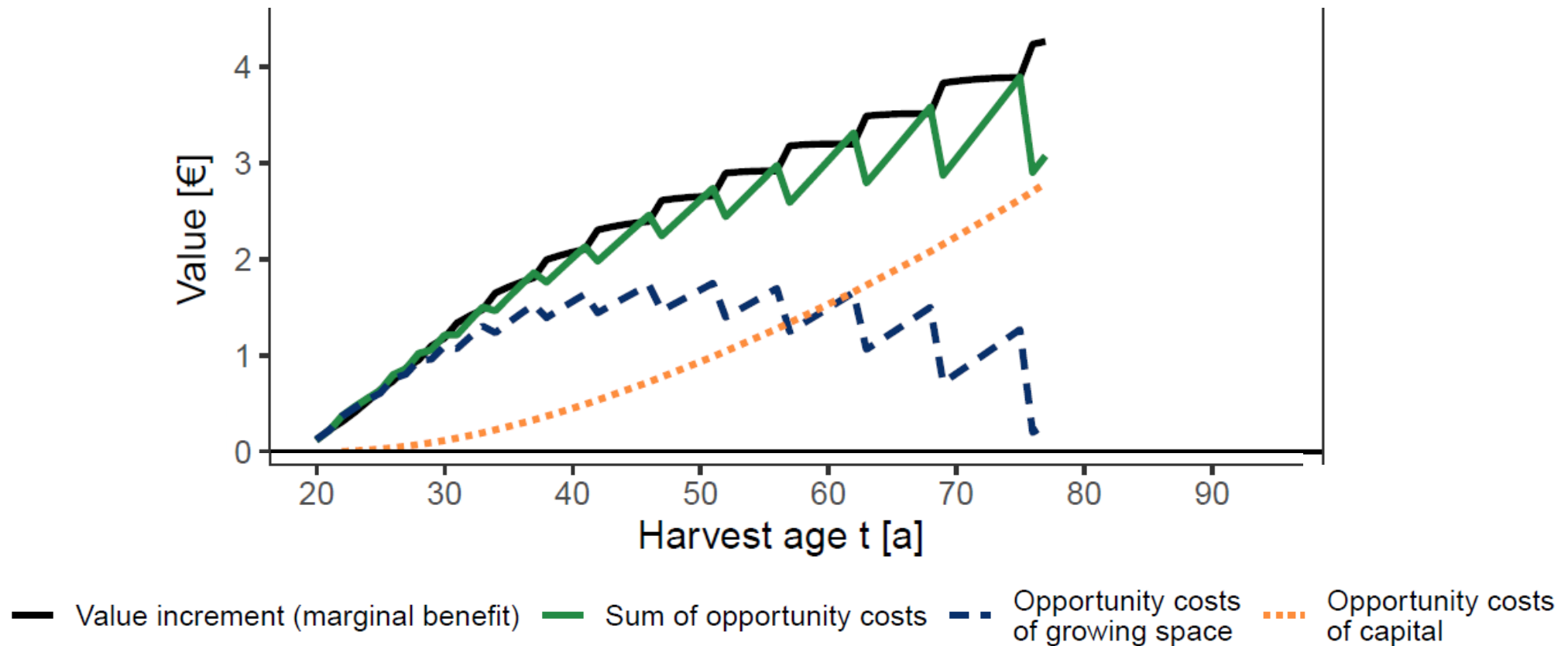
# Modell und Methode: Treiber der Einzelbaum-Ernteentscheidung

Zum optimalen Erntezeitpunkt eines jeden Baumes gilt:

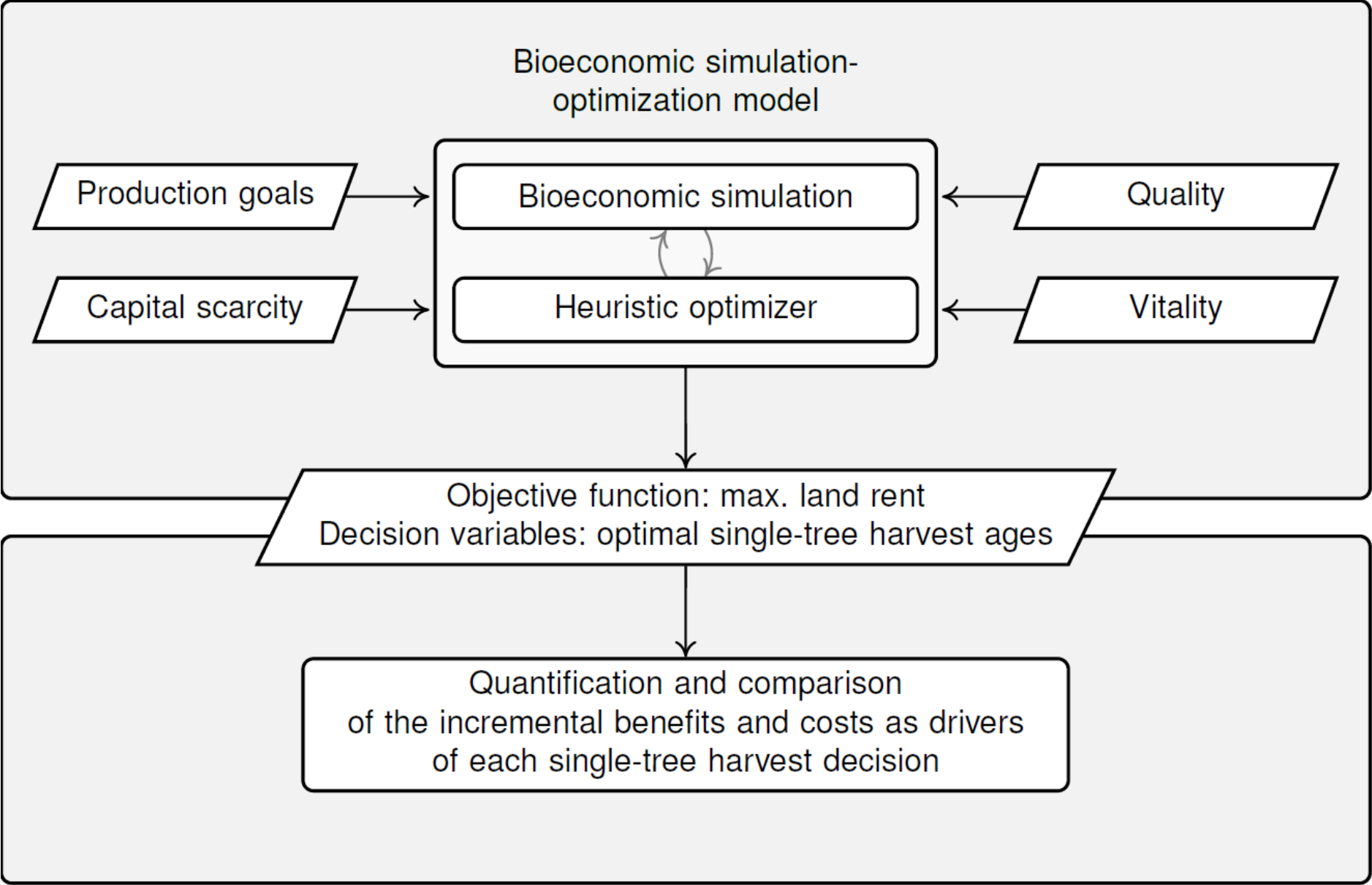
Grenznutzen des Stehenlassens für ein weiteres Jahr (**Wertzuwachs**)

=

Grenzkosten des Stehenlassens für ein weiteres Jahr (**Kapitalopportunität + Wuchsraumopportunität**)



# Modell und Methode: Gesamtübersicht



# Modell und Methode: Szenarien

Scenario	Stand structure	Production goal <sup>1</sup>	Capital scarcity <sup>2</sup>	Vitality <sup>3</sup>	Quality <sup>4</sup>
1.1	Homogeneous	Homogeneous product	Without	High	High
1.2	Homogeneous	Homogeneous product	With	High	High
1.3	Homogeneous	Several products	Without	High	High
1.4	Homogeneous	Several products	With	High	High
2.1	Homogeneous	Several products	With	Low	Low
2.2	Homogeneous	Several products	With	Low	High
2.3	Homogeneous	Several products	With	High	Low
2.4			<i>See scenario 1.4</i>		
3	Heterogeneous:	Several products	With		
	Cohort 1			Co-dominant	Low
	Cohort 2			Co-dominant	High
	Cohort 3			Dominant	Low
	Cohort 4			Dominant	High

# Modell und Methode: Szenarien

Scenario	Stand structure	Production goal <sup>1</sup>	Capital scarcity <sup>2</sup>	Vitality <sup>3</sup>	Quality <sup>4</sup>
1.1	Homogeneous	Homogeneous product	Without	High	High
1.2	Homogeneous	Homogeneous product	With	High	High
1.3	Homogeneous	Several products	Without	High	High
1.4	Homogeneous	Several products	With	High	High
2.1	Homogeneous	Several products	With	Low	Low
2.2	Homogeneous	Several products	With	Low	High
2.3	Homogeneous	Several products	With	High	Low
2.4			<i>See scenario 1.4</i>		
3	Heterogeneous:	Several products	With		
	Cohort 1			Co-dominant	Low
	Cohort 2			Co-dominant	High
	Cohort 3			Dominant	Low
	Cohort 4			Dominant	High

# Modell und Methode: Szenarien

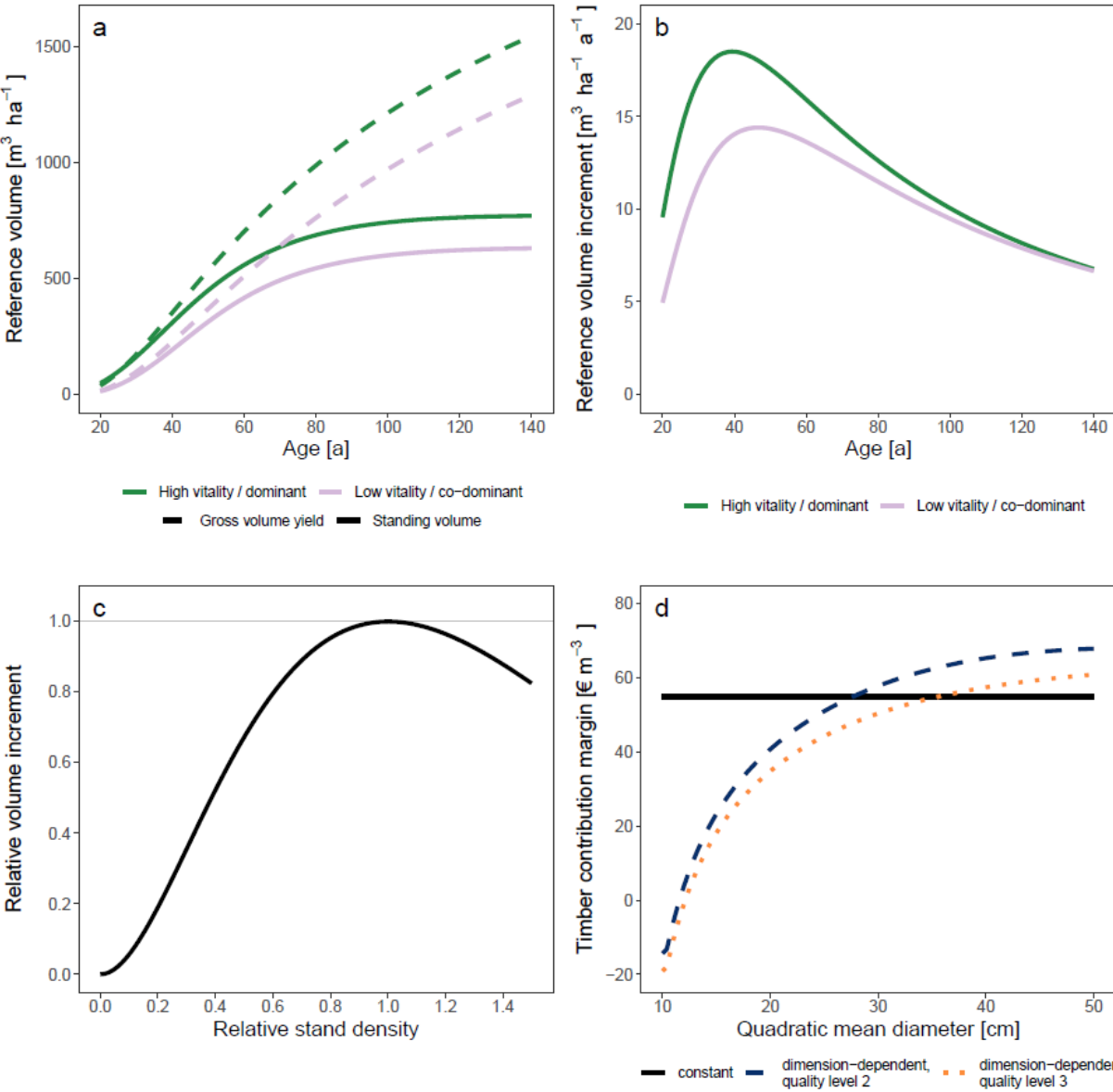
Scenario	Stand structure	Production goal <sup>1</sup>	Capital scarcity <sup>2</sup>	Vitality <sup>3</sup>	Quality <sup>4</sup>
1.1	Homogeneous	Homogeneous product	Without	High	High
1.2	Homogeneous	Homogeneous product	With	High	High
1.3	Homogeneous	Several products	Without	High	High
1.4	Homogeneous	Several products	With	High	High
2.1	Homogeneous	Several products	With	Low	Low
2.2	Homogeneous	Several products	With	Low	High
2.3	Homogeneous	Several products	With	High	Low
2.4			<i>See scenario 1.4</i>		
3	Heterogeneous:	Several products	With		
	Cohort 1			Co-dominant	Low
	Cohort 2			Co-dominant	High
	Cohort 3			Dominant	Low
	Cohort 4			Dominant	High

# Modell und Methode: Szenarien

Scenario	Stand structure	Production goal <sup>1</sup>	Capital scarcity <sup>2</sup>	Vitality <sup>3</sup>	Quality <sup>4</sup>
1.1	Homogeneous	Homogeneous product	Without	High	High
1.2	Homogeneous	Homogeneous product	With	High	High
1.3	Homogeneous	Several products	Without	High	High
1.4	Homogeneous	Several products	With	High	High
2.1	Homogeneous	Several products	With	Low	Low
2.2	Homogeneous	Several products	With	Low	High
2.3	Homogeneous	Several products	With	High	Low
2.4			<i>See scenario 1.4</i>		
3	Heterogeneous:	Several products	With		
	Cohort 1			Co-dominant	Low
	Cohort 2			Co-dominant	High
	Cohort 3			Dominant	Low
	Cohort 4			Dominant	High



# Modell und Methode: Grundlegende Funktionen

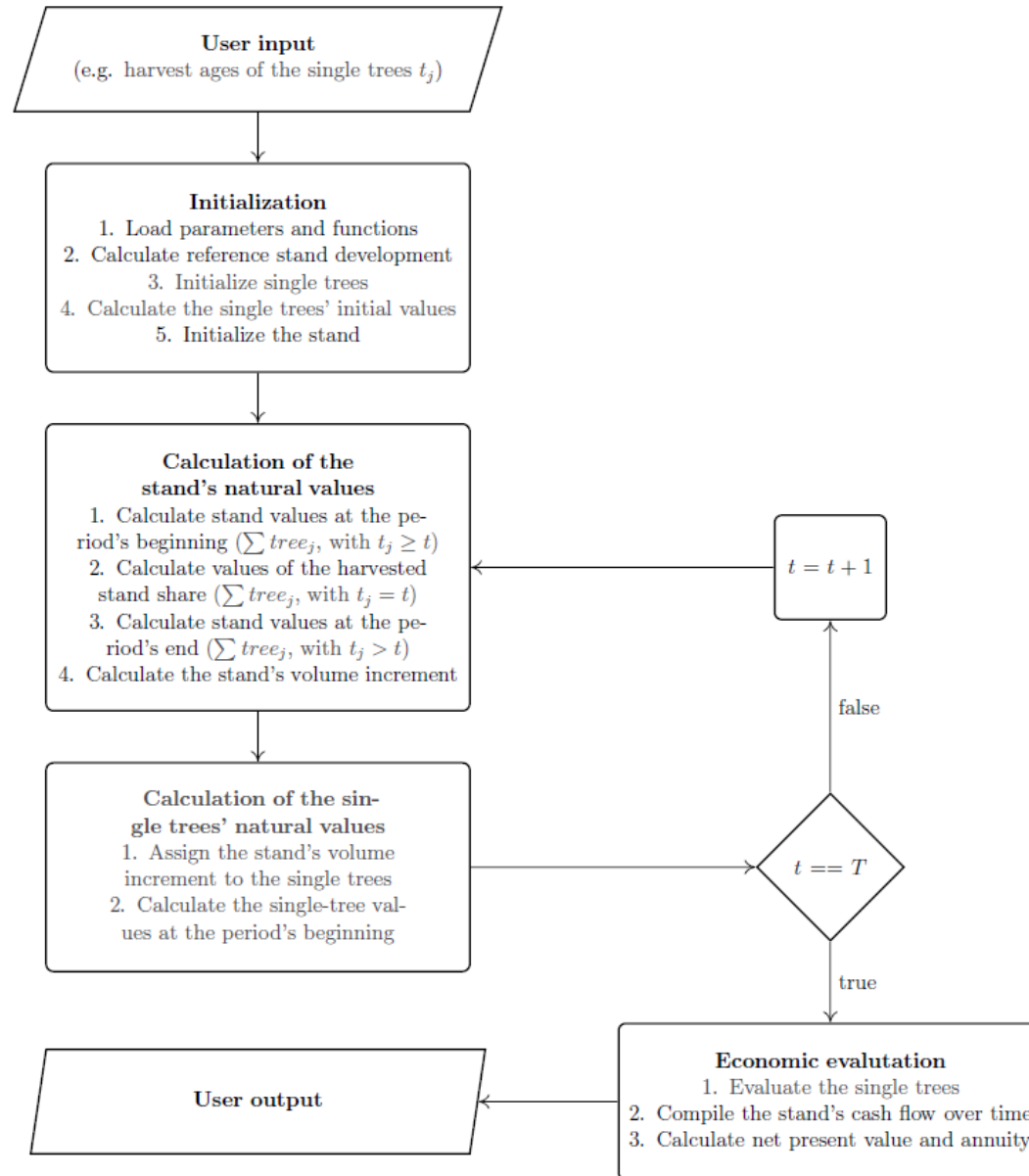


$$\max_{t_1, \dots, t_{20}} a = \left( \sum_{j=1}^{20} V_j(t_j) \cdot (1+r)^{T-t_j} - c_0 \cdot (1+r)^T - c_{10} \cdot (1+r)^{T-10} \right) \cdot \frac{r}{(1+r)^T - 1}$$

with respect to

$$20 \text{ a} \leq t_j \leq 100 \text{ a.}$$

# Modell und Methode: Ablauf



## B.1 Derivation of the Single-Trees' Volume Increment

The interaction between the cohorts' trees is implemented in the calculation of the actual volume increment. This increment in solid volume  $i_{S,c}(t)$  for a cohort  $c$  depends on the cohort-specific stand density  $D_c(t)$  at time  $t$ . In order to derive the stand density, the total volume of all cohorts  $S(t) = S_1(t) + S_2(t) + S_3(t) + S_4(t)$  is set in relation to the reference volume  $S_{c,ref}(t)$  (main text, Fig. 2a) of the respective cohort  $c$ . This reference volume (main text, Fig. 2a) as well as the reference volume increment (main text, Fig. 2b) are downscaled to the growing area of the entire group of 20 trees. The cohort-specific stand density is calculated as:

$$D_c(t) = \frac{S(t)}{S_{c,ref}(t)}. \quad (1)$$

The actual increment in solid volume  $i_{S,c}(t)$  of cohort  $c$  is then derived by multiplying its reference increment in solid volume  $i_{S,c,ref}(t)$  (main text, Fig. 2b) by the density-dependent volume increment reduction function  $f(D_c(t))$  (main text, Fig. 2c):

$$i_{S,c}(t) = i_{S,c,ref}(t) \cdot f(D_c(t)). \quad (2)$$

Thus, one more cubic meter of wood in the group of 20 trees has a different effect on dominant (high vitality) than on co-dominant (low vitality) trees, which implements their different potential to occupy additional growing space or to deal with limited resource availability.

## B.2 Derivation of Diameters

For the dimension-dependent timber revenues and harvest costs, the trees' diameters were required. Since these diameters should be sensitive to the silvicultural management, rather than assuming a reference development we applied a form factor function according to Bergel (1987) to derive diameters based on the single-tree volume. Since the form factor function of Bergel (1987) is also diameter-dependent, we replaced it here by the diameter-height relationship according to Petterson (1955, quoted in Pretzsch, 2009); the parameters were determined using the yield tables (Wiedemann, 1936/42, quoted in Schober, 1995) under consideration of the adjustments according to Wollborn and Böckmann (1998).

## C Details on the Heuristic Optimization

Since the number of possible harvest period variations for 20 trees in annual steps (age 20 to 100) is very high, we took a multi-stage approach to increase the probability of finding the global optimum. Therefore, we first derived the global optimum for 5 trees. Here, after a selection of variants (pruning), a complete enumeration was possible in an acceptable period of time for the homogeneous stand since this assumption reduces the combinatorial problem from a variation (ordered sample) with repetition to a combination (disordered sample). To accomplish the remaining and still computationally intensive enumeration, we used parallel computations applying the R-package `multidplyr` (Wickham et al., 2017) and ran it on a high-performance cluster. This enumeration result was used as the initial solution for a heuristic black-box optimization with 20 trees applying the NOMAD algorithm as implemented in the R-package `crs` (Racine et al., 2018). We first conducted a multi-start optimization with limited iterations and chose the best solution thereof as the initial solution for the last optimization with up to 10 000 iterations. For the heterogeneous stand, we had to reduce the first enumeration to 5 year steps, since the problem was much more complex. We then invested more repetitions in the following steps. This elaborate procedure should ensure that the identified optimum is at least close to the global optimum and was found to derive stable solutions when repeated.