



## Ökonomische Konsequenzen der zeitlich und räumlich differenzierten Adaptationsstrategien im Wald

*Kurzpräsentation beim Waldökonomischen Seminar*

4.10.2014

► Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

Ausgangssituation

## Ausgangssituation: Was kostet Klimawandel die Schweizer Waldwirtschaft

Bisherige Antworten

**Meier (1998)** Volkswirtschaft total: 2.3 – 3.1 Mia CHF / Jahr

Waldwirtschaft: 40 Mio. CHF / Jahr

**Ecoplan (2007)** Volkswirtschaft total: 1 Mia CHF / Jahr

Waldwirtschaft: keine Schätzung

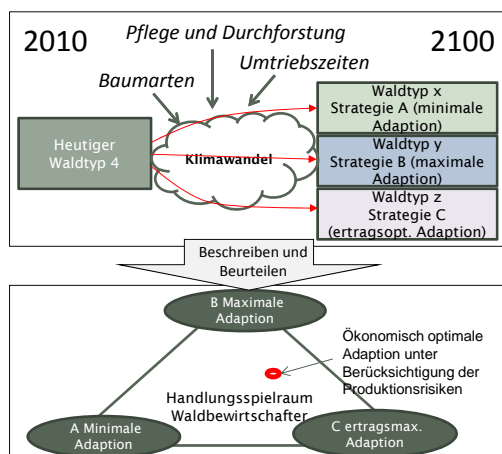
➔ Trotz grosser Unsicherheit hinsichtlich der Eingangsparameter ist ein Bedürfnis nach Quantifizierung vorhanden.

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

## Projektziel

Entwicklung eines Modells zur **Bewertung der ökonomischen Konsequenzen verschiedener waldbaulicher Massnahmen** zur Anpassung der Waldbewirtschaftung an den Klimawandel

Berücksichtigung von **Kosten und Erlösunterschieden** sowie **Risiken**



➔ Ergebnisse: Barwertdifferenzen, Risikoabschätzungen, Waldendwerte

## Hypothesen:

- Der **Klimawandel führt zu Mehrkosten** für die Waldbewirtschaftung.
- Unterschiedliche **Waldbaustrategien beeinflussen die Höhe** dieser Mehrkosten.
- Eine Strategie, welche **aktiv die sich aus dem Klimawandel ergebenden Produktionsrisiken vermindert**, ist aus ökonomischer Sicht besser als eine Strategie, welche diese Risiken bewusst in Kauf nimmt.

## Material und Methoden

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

## Material und Methoden

*Modellübersicht*

Kombination mehrerer Modelle

**1**

### Natürliche Risiken

Output: Schadflächen von Stürmen, Feuer, Käfer betroffen



**2**

### Waldbauliche Simulation

Output: Fläche/Periode



**3**

### Barwertberechnung

Output= Ziel: Kapitalwerte



Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

## Material und Methoden

### Modell 1: Inputdaten natürliche Risiken

#### Historische Klimadaten:

- längere Zeitreihe von mittleren monatlichen Temperatur- und Niederschlagsdaten.

#### Schadflächen:

- Schadenflächen in der Schweiz in ha, verursacht durch Feuer, Stürme und Käferkalamitäten zwischen 1984-2009.

#### Temperaturen und Niederschläge:

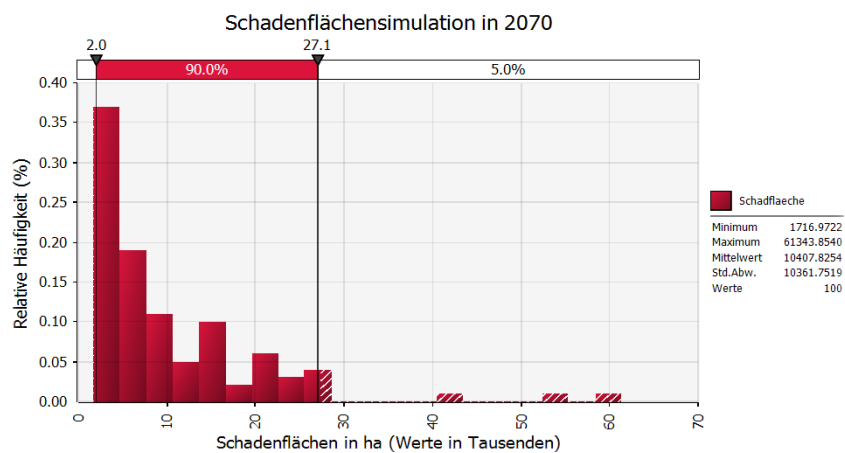
- Entwicklungstrends anhand IPCC und Ecoplan Szenarien gegenüber mittleren Temperaturen bzw. Niederschläge zwischen 1981-2000.

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

## Material und Methoden

### Modell 1: Schadflächensimulation

Resultate von Schadflächensimulation mittels Monte Carlo Simulation (10'000 Ziehungen): Grafische Darstellung einer Simulation für das Jahr 2070.



Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

## Material und Methoden

### Modell 2: Inputdaten für das waldbauliche Modell

#### Schadflächen:

- aus @Risk (Modell 1).

#### Bestockungsziel:

- Aktuelles BZ abgeleitet aus LFI Daten
- Künftiges BZ aus dem Projekt Zimmermann et al.

#### Pflege- und Durchforstungsziel:

- Aus der Literatur abgeleitet.

#### Umtriebszeit:

- gutachterlich festgelegt.

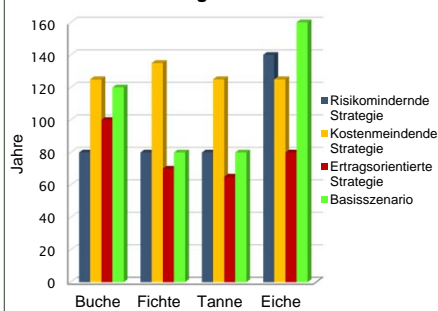
Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

## Material und Methoden

### Modell 2: Waldbaustrategien

1. „**risikomindernde Strategie**“ (es wird stark auf Diversifikation gesetzt, verletzte Bestände werden früh verjüngt), auch „moderate Waldumbaustrategie“.
2. „**kostenmeidende Strategie**“ (die Investitionskosten werden so gering wie möglich gehalten), auch „Laisser-Faire-Strategie“.
3. „**ertragsorientierte Strategie**“ (hohe Renditeerwartungen rechtfertigen ein höheres Risiko), auch „ökonomische Strategie“.
4. Basisszenario (Mit und ohne Klimawandel)

Umtriebszeiten anhand verschiedener Strategien



➔ Waldbaustrategien öffnen einen breiten Fächer an Handlungsalternativen.

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

## Material und Methoden

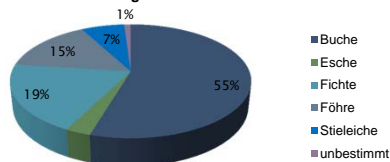
### Modell 2: Input und Output bei der Bestockung

#### Input aus LFI Daten:

- heutige Grundflächen-Anteile jeder BA.
- **Vorkommenswahrscheinlichkeit jeder BA heute.**
- **Vorkommenswahrscheinlichkeit jeder BA in 2080.**

#### Heutige Baumartenanteile an der Stichprobe 125

##### Bestockungsziel für Baseline-Szenario

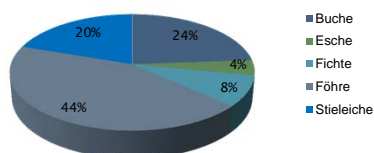


#### Output aus Simulation:

- **Künftige Baumartenanteile für alle Stichproben** und jede der drei Strategien (risikomindernde, ertragsorientierte, kostenmeidende).

#### Baumartenanteile in 2080 an der Stichprobe 125

##### Für die Strategie „risikomindernd“



Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

## Material und Methoden

### Modell 3: Kosten und Erlöse

#### Datengrundlage:

- Die Erntekosten wurden mit **Hepromo** (Erni und Frutig 2004) ermittelt.
- Pflanz- und Pflegekosten basieren auf den **Pauschalansätzen des Kantons Bern** (KAWA 2006).
- Holzpreise stammen vom **Bundesamt für Statistik (BFS)** und dem **Staatsforstbetrieb Bern (SFB)**.

**Problem: Keine Sortimentspreise beim BFS – Zu kurze Preisreihen beim SFB (2005 – 2009)  
Zu kurze Preisreihen für Sortimente.**

#### Lösung des Preisreihenproblems:

- Ermittlung der Korrelation zw. BFS und SFB Daten.
- Bei Korrelation grösser 0.6 Ermittlung eines Basispreises auf Grundlage **Preisschwankungskoeffizient BFS** und Multiplikation mit den Sortimentspreisen SFB.
- Bei Korrelation kleiner 0.6 **Verlängerung der Preisreihen SFB durch zufällige Preisziehung**.
- Bei schwachen Sortimenten Annahme des **Energieholzpreises SFB**.

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

## Material und Methoden

### Modell 3: Preisszenarien

Keine klare Meinung hinsichtlich der künftigen Holzpreisentwicklung. Deshalb Definition von Szenarien:

- Preisszenario historisch (I): Die künftigen Holzpreise bewegen sich im Rahmen der Holzpreise der letzten 10 Jahre, es gibt keinen Trend.
- Preisszenario Senkung (II): Die Holzpreise entwickeln sich ausgehend vom Preisband der letzten 10 Jahre negativ.
- Preisszenario Anstieg (III): Die Holzpreise entwickeln sich ausgehend vom Preisband der letzten 10 Jahre positiv.

Angenommene Preistrends:

Jahr	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Szenario II: Preissenkung in % zwischen Perioden	0.45%	1.30%	2.20%	3.09%	3.95%	4.85%	5.70%	6.55%	7.45%	8.32%
Szenario III: Preiserhöhung in % zwischen Perioden	2%	6%	10%	14%	18%	22%	26%	30%	34%	38%

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

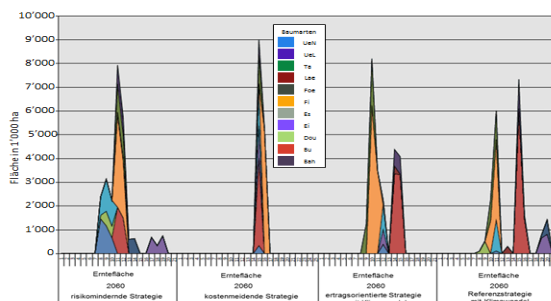
## Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

## Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

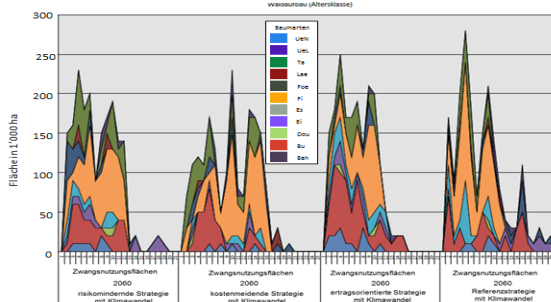
### Waldbauliche Simulationen

Ernteflächen (Normalnutzungen) für die 6. Periode (2060).



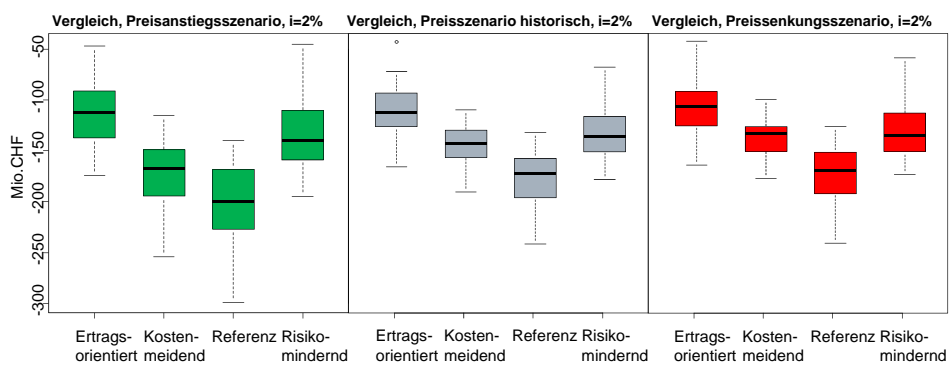
Zwangsnutzungsflächen) für die 6. Periode (2060).

Ergänzt durch Vulnerabilitätsfaktor



## Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

### Quervergleich der Kapitalwerte



Interpretation der Ergebnisse:

- Je nach gewählter Waldbaustrategie fallen die klimabedingten Kosten-/Erlösdifferenzen **signifikant unterschiedlich** aus.
- Eine **ertragsorientierte** Waldbaustrategie hat die geringsten Kostenfolgen.
- **Nichts tun ist am teuersten.**
- Aufgrund der klimabedingten Unsicherheiten besteht eine **grosse Ergebnisstreuung (Risiko)**. Bei **aktiven Strategien ist die Streuung jedoch geringer** als bei der Referenzstrategie.



## Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

### Klimabedingte Mehrkosten (Gesamtkosten)

Vergleich der **Waldbaustrategien (mit Klimawandel)** mit einer **Referenzstrategie ohne Klimawandel**

Strategie	Preisszenario	Zins	Median [CHF]	Mittelwert [CHF] (± Sd)
Ertragsorientiert	Anstieg	0%	516 Mio.	530 Mio. (+/- 251 Mio.)
		2%	463 Mio.	463 Mio. (+/- 218 Mio.)
	historisch	0%	318 Mio.	303 Mio. (+/- 196 Mio.)
		2%	305 Mio.	242 Mio. (+/- 191 Mio.)
	Senkung	0%	301 Mio.	273 Mio. (+/- 182 Mio.)
		2%	262 Mio.	215 Mio. (+/- 190 Mio.)
Kostenmeidend	Anstieg	0%	-454 Mio.	-460 Mio. (+/- 297 Mio.)
		2%	-407 Mio.	-412 Mio. (+/- 296 Mio.)
	historisch	0%	-382 Mio.	-385 Mio. (+/- 247 Mio.)
		2%	-344 Mio.	-351 Mio. (+/- 245 Mio.)
	Senkung	0%	-367 Mio.	-370 Mio. (+/- 249 Mio.)
		2%	-331 Mio.	-369 Mio. (+/- 279 Mio.)
Ertragsorientiert	Anstieg	2%	985 Mio.	808 Mio. (+/- 230 Mio.)
	historisch	2%	794 Mio.	677 Mio. (+/- 170 Mio.)
	Senkung	2%	770 Mio.	626 Mio. (+/- 166 Mio.)

Ergebnisinterpretation:

- Geplante **Massnahmen gegen Klimawandel** (Umtriebszeitverkürzung, veränderte Baumartenzusammensetzung, etc.) haben einen **grossen Effekt auf die Wirtschaftlichkeit**.
- Eine flächendeckende Umsetzung hätte trotz eines erwarteten Klimawandels eine **höhere Wirtschaftlichkeit** zur Folge.

## Ergebnisse

### Beurteilung des Risikos (Natural=)

Preisszenario	risikomindernd	kostenmeidend	Referenz	ertragsorientiert
Anstieg				
risikomindernd	1.00	1.16	1.38	1.13
kostenmeidend	0.86	1.00	1.19	0.97
Referenz	0.72	0.84	1.00	0.82
ertragsorientiert	0.89	1.03	1.23	1.00
Preisszenario historisch				
risikomindernd	1.00	1.13	1.31	1.13
kostenmeidend	0.88	1.00	1.15	1.00
Referenz	0.76	0.87	1.00	0.87
ertragsorientiert	0.88	1.00	1.15	1.00
Preisszenario Senkung				
risikomindernd	1.00	1.16	1.28	1.16
kostenmeidend	0.86	1.00	1.10	1.00
Referenz	0.78	0.91	1.00	0.91
ertragsorientiert	0.86	1.00	1.10	1.00

## Fazit

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

## Fazit

### *Kritische Würdigung von Methoden und Ergebnissen*

**Eingangsparameter** sind z.T. vereinfacht und von Unsicherheiten gekennzeichnet:

- **Klimawandelbedingte Eingangsparameter** sind zum teil noch unklar.
- Es mussten **modellbedingte Vereinfachungen getätigt werden** (Bsp. Rückkoppelung von Schadereignissen auf Waldentwicklung).
- **WIS2** basiert auf **Reinbestandsannahmen** sowie auf nicht mehr **aktuellen Ertragstafeln**.

Aufgrund der **zu hohen Umtriebszeiten im Perimeter** führen alle Strategien, welche eine Senkung der Umtriebszeiten zur Folge haben, zu einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit.

Aufgrund der hohen Unsicherheiten bezüglich der klimawandelbedingten Ereignisse sollte eine **Umtriebszeitabsenkung jedoch nicht als einzige Massnahme** angesehen werden.

Die **verwendete Kapitalwertmethode** ist im Hinblick auf den **Betrachtungszeitraum** sowie die Einschränkung auf **rein monetäre Aspekte** des Waldes kritisch zu hinterfragen.

**Trotz aller Unsicherheiten lässt die Studie Schlussfolgerungen zu, wie einem möglichen Klimawandel entgegengetreten werden könnte**

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

25

# Backup

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

## Material und Methoden

### Modell 2: Strategieabhängige Pflegekonzepte

Produktionsregion	J. M. VA									Strategie: risikomindernd			
	Fichte	Tanne	Lärche	Douglasie	Föhre	Buche	Esche	Ahorn	Eiche	Kastanie			
Pflanzung (Stk pro ha)	2000	2000	100	120	100	0	0	800	1200	200			
Wildschutz (Stk pro ha)*	0	2000	100	120	100	0	0	800	1200	200			
Wildschutz (m <sup>2</sup> /ha)**	0	0	400	400	400	0	0	0	400	0			
Jungwuchspflege (Alter)	5	5	5	5	5				5	5			
Jungwuchspflege 2 (Alter)	10	10	10	10	10				10	10			
Mischungsregulierung (Alter)	15	15	15	10	15	15	15	15	15	25			10
Stangenholzpflege (Alter)	25	25	25	20	30	30	25	25	25	40			
Durchforstung1 (Alter)	40	40	40	30	60	60	40	40	40	80			30
Durchforstung2 (Alter)**	60	60	60	45	100	80	60	60	120	30			
Räumung (Alter)***	80	80	80	60	160	120	80	80	160	50			
Literaturrempfehlung U:	80	80	100	60	160	120	80	80	160	50			

\* bei Pflanzung  
 \*\* bei Naturverjüngung  
 \*\*\* für Bäume mit ET (1983): Verletzlichkeit massgeben, Bäume ohne ET, Angleichung an Bäume mit ET

Produktionsregion	J. M. VA									Strategie: kostenmeidend			
	Fichte	Tanne	Lärche	Douglasie	Föhre	Buche	Esche	Ahorn	Eiche	Kastanie			
Pflanzung (Stk pro ha)	0	0	100	120	0	0	0	800	1200	200			
Wildschutz (Stk pro ha)*	0	0	100	120	0	0	0	800	1200	200			
Wildschutz (m <sup>2</sup> /ha)**	0	0	400	400	400	0	0	0	400	0			
Jungwuchspflege (Alter)	5	5	5	5	5				5	5			
Jungwuchspflege 2 (Alter)													
Mischungsregulierung (Alter)			15	10	15				15	25			10
Stangenholzpflege (Alter)	25	25	25	20	30	30	25	25	25	40			
Durchforstung1 (Alter)	40	40	40	30	60	60	40	40	40	80			30
Durchforstung2 (Alter)	60	60	60	45	100	80	60	60	120	30			
Räumung (Alter)***	80	80	80	60	160	120	80	80	160	50			
Literaturrempfehlung U:	80	80	100	60	160	120	80	80	160	50			

\* bei Pflanzung  
 \*\* bei Naturverjüngung  
 \*\*\* Umtriebszeiten gemäss Berechnung Kapitel 3.3.3

Produktionsregion	J. M. VA									Strategie: ertragsorientiert			
	Fichte	Tanne	Lärche	Douglasie	Föhre	Buche	Esche	Ahorn	Eiche	Kastanie			
Pflanzung (Stk pro ha)	2000	0	100	120	0	0	0	800	1200	200			
Wildschutz (Stk pro ha)*	0	0	100	120	0	0	0	800	1200	200			
Wildschutz (m <sup>2</sup> /ha)**	0	0	400	400	400	0	0	0	400	0			
Jungwuchspflege (Alter)	5	5	5	5	5				5	5			
Jungwuchspflege 2 (Alter)													
Mischungsregulierung (Alter)	15	15	15	10	15	15	15	15	15	25			10
Stangenholzpflege (Alter)	25	25	25	20	30	30	25	25	25	40			
Durchforstung1 (Alter)***	40	40	40	30	60	60	40	40	40	80			30
Durchforstung2 (Alter)***	60	60	60	45	100	80	60	60	120	30			
Räumung (Alter)***	80	80	80	60	160	120	80	80	160	50			
Literaturrempfehlung U:	80	80	100	60	160	120	80	80	160	50			

\* bei Pflanzung  
 \*\* bei Naturverjüngung  
 \*\*\* wenn kostendeckend  
 \*\*\*\* Umtriebszeiten gemäss Berechnung Kapitel 3.3.3

Quellen: Schütz (2004), Ammann (2004), Schütz (1990); Douglasie von Weise et al (2001)

## Material und Methoden

### Modell 2: Wahl des Bestockungsziels

1. Aktuelle Bestockung gem Lfi als Start
2. Methodische Basis stellt die geschätzte Vorkommenswahrscheinlichkeit aus Por Tree dar (vgl. Zimmermann et al)
3. Auswahl gemäss folgender WENN DANN Regeln

WENN-Bedingung	DANN-Regel für die risikomindernde Strategie	DANN-Regel für die kostenmeidende Strategie	DANN-Regel für die ertragsorientierte Strategie
Differenz ( $P_{2080} - P_{heute}$ ) ist kleiner als -0.66	Der Anteil der Baumart wird auf 20% ihres heutigen Anteils verringert		
Differenz ( $P_{2080} - P_{heute}$ ) liegt zwischen -0.66 und -0.34	Der Anteil der Baumart wird auf 33% ihres heutigen Anteils verringert		
Differenz ( $P_{2080} - P_{heute}$ ) liegt zwischen -0.33 und -0.1	Der Anteil der Baumart wird auf 67% ihres heutigen Anteils verringert		
Differenz ( $P_{2080} - P_{heute}$ ) liegt zwischen -0.1 und 0.1	Der heutige Anteil wird beibehalten		
Differenz ( $P_{2080} - P_{heute}$ ) liegt zwischen 0.1 und 0.33	Der Anteil der Baumart wird um 33% erhöht		
Differenz ( $P_{2080} - P_{heute}$ ) liegt zwischen 0.34 und 0.66	Der Anteil der Baumart wird um 67% erhöht		
Differenz ( $P_{2080} - P_{heute}$ ) ist grösser 0.66	Der Anteil der Baumart wird um 100% erhöht		
Wenn die Summe der neu errechneten Baumartenanteile für Nadelholz = 0			Ins Bestockungsziel werden je 10% Douglasie u. Fichte aufgenommen
Wenn der Eichenanteil > 75% des gesamten Baumartenanteils ausmacht		Das Bestockungsziel besteht aus 100% Eiche	
Wenn der Eichenanteil < als 75% des gesamten Baumartenanteils ausmacht		Eiche wird aus dem Bestockungsziel entfernt	
Die Summe der neu berechneten Baumartenanteile ist kleiner als 1	Alle Baumartenanteile werden gleichmässig erhöht bis 100% erreicht wird		
Die Summe der neu berechneten Baumartenanteile ist grösser als 1	Alle Baumartenanteile werden gleichmässig reduziert bis 100% erreicht wird		

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

## Material und Methoden

### Modell 2: Umtriebszeiten

Baumart	risikomindernd	kostenmeidend	ertragsorientiert	Referenzstrategie
Tanne	80	125	65	80
Lärche	80	225	100	100
Fichte	80	135	70	80
Föhre	100	225	80	160
Douglasie	60	60	80	60
Ahorn	60	125	80	80
Buche	80	125	100	120
Esche	60	125	80	80
Fichte	140	125	80	160

U basiert auf der Reduktion der Produktionsrisiken durch Naturereignisse

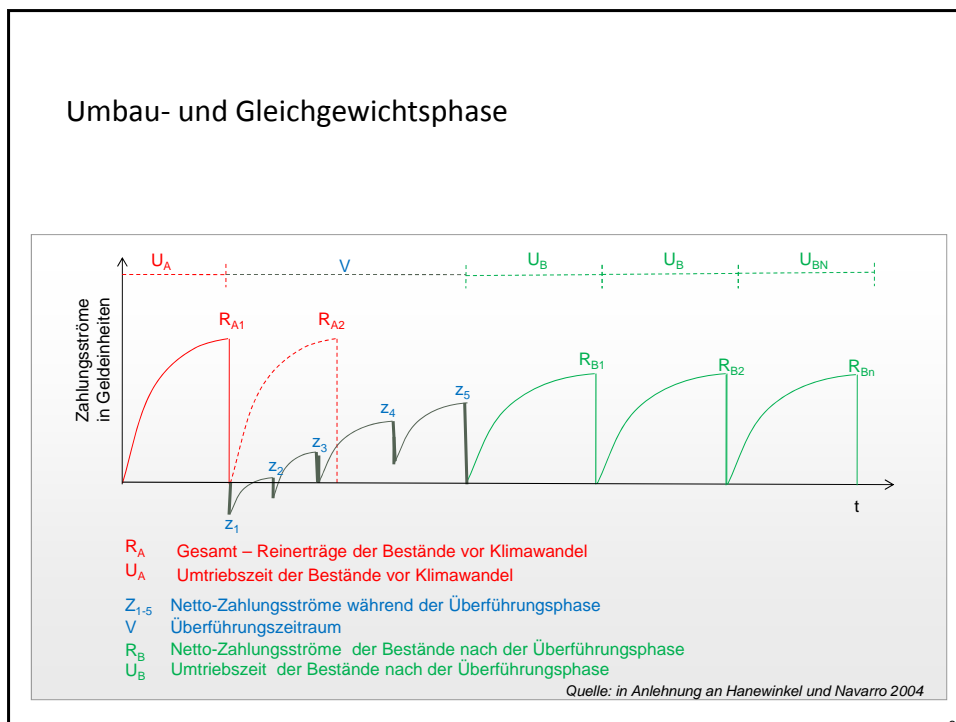
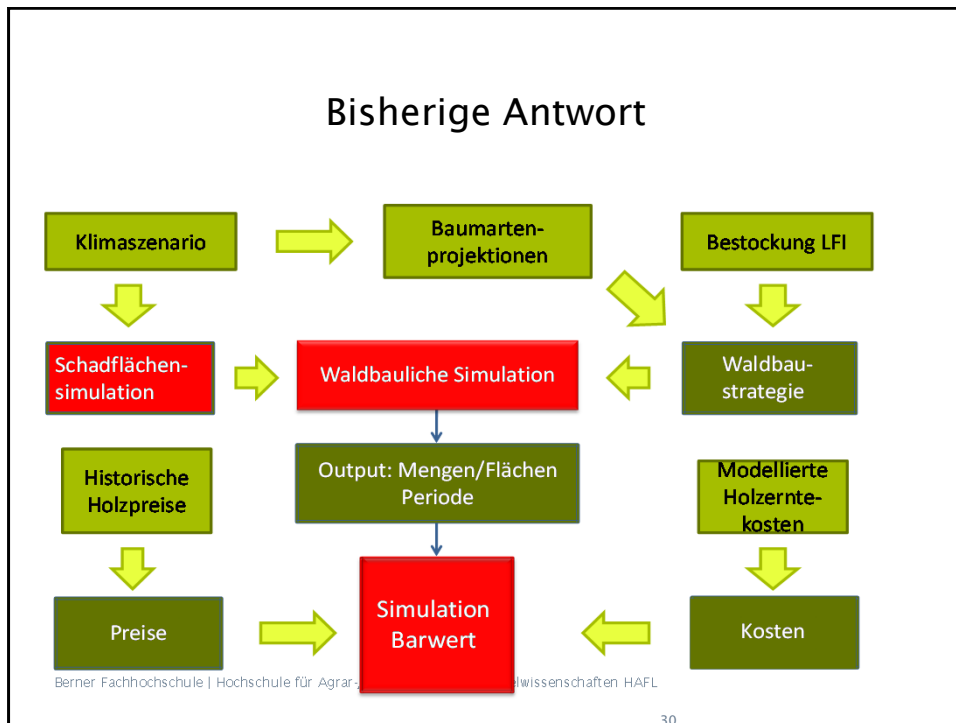
U orientiert sich an einem minimalen holzerntekosten-freien Erlös

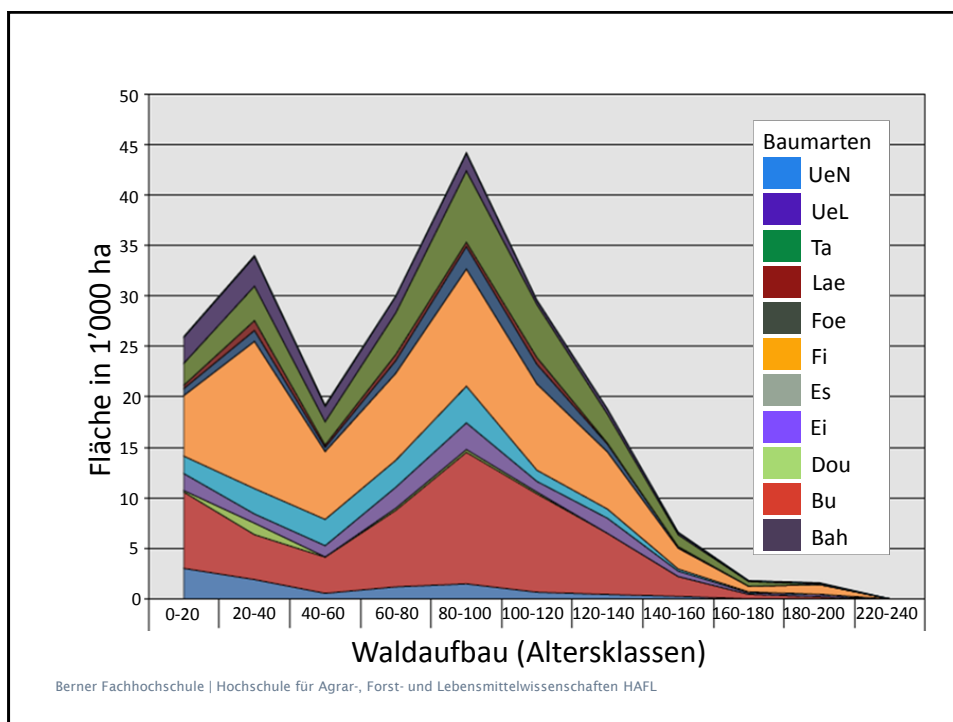
U orientiert sich an der gewählten internen Verzinsung

U gemäss Literaturangaben

➔ Waldbaustراتيجien öffnen einen breiten Fächer an Handlungsalternativen.

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL





## Ergebnisse

### Annuitäten

**Annuitäten für die Adaptionstrategie "risikomindernd" bei verschiedenen Zins- und Preisentwicklungsszenarien (Investitionszeitraum 90 Jahre, Untersuchungsfläche: Mittelland)**

Preisszenario	Zins	Median aus 30 Simulationen [CHF]	Mittelwert aus 30 Simulationen [CHF]	Annuität /ha [CHF/ha]
Anstieg	0%	-1.8 Mio.	-1.7 Mio.	-7.63
	2%	-3.4 Mio.	-3.1 Mio.	-14.54
historisch	0%	-1.7 Mio.	-1.6 Mio.	-7.51
	2%	-3.2 Mio.	-3.0 Mio.	-13.80
Senkung	0%	-1.7 Mio.	-1.6 Mio.	-7.49
	2%	-3.2 Mio.	-3.0 Mio.	-13.84

**Annuitäten für die Adaptionstrategie "kostenmeidend" bei verschiedenen Zins- und Preisentwicklungsszenarien (Investitionszeitraum 90 Jahre, Untersuchungsfläche: Mittelland)**

Preisszenario	Zins	Median aus 30 Simulationen [CHF]	Mittelwert aus 30 Simulationen [CHF]	Annuität /ha [CHF/ha]
Anstieg	0%	-2.2 Mio.	-2.3 Mio.	-9.55
	2%	-4.0 Mio.	-4.1 Mio.	-17.43
historisch	0%	-1.9 Mio.	-1.8 Mio.	-7.89
	2%	-3.4 Mio.	-3.4 Mio.	-14.59
Senkung	0%	-1.7 Mio.	-1.8 Mio.	-7.50
	2%	-3.1 Mio.	-3.2 Mio.	-13.61

**Annuitäten für die Referenzstrategie bei verschiedenen Zins- und Preisentwicklungsszenarien (Investitionszeitraum 90 Jahre, Untersuchungsfläche: Mittelland)**

Preisszenario	Zins	Median aus 30 Simulationen [CHF]	Mittelwert aus 30 Simulationen [CHF]	Annuität /ha [CHF/ha]
Anstieg	0%	-2.6 Mio.	-2.6 Mio.	-11.04
	2%	-4.8 Mio.	-4.9 Mio.	-20.75
historisch	0%	-2.2 Mio.	-2.3 Mio.	-9.62
	2%	-4.2 Mio.	-4.2 Mio.	-17.96
Senkung	0%	-2.2 Mio.	-2.2 Mio.	-9.37
	2%	-4.0 Mio.	-4.1 Mio.	-17.51

## Ergebnisse

*Waldweertdifferenzen*

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL