

# Holzernteverfahren im Vergleich der Zertifizierungssysteme PEFC und FSC

Studie zu ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten für hochmechanisierte  
Arbeitsverfahren im Thüringer Landeswald – erste Ergebnisse

Vortrag zum Workshop „Zertifizierung nachhaltiger Forstwirtschaft in Thüringen“  
FH Erfurt 27. März 2017

Prof. Erik Findeisen

## Gliederung

1. Einführung
2. Beschreibung der Versuchsglieder
3. Datenerfassung
4. Holzernteverfahren und Systemkosten
5. Ergebnisse
6. Zusammenfassung (bisheriger Versuchsergebnisse)

## 1. Einführung

→ Projektdurchführung Oktober 2016 – März 2017

→ Maßnahmen:

Forstamt Jena 18.10.2016 – 24.11.2016

Forstamt Oberhof 16.11.2016 – 12.12.2016




Forstamt Bad Berka 30.11.2016 – 09.01.2017

→ Fertigstellung der Masterarbeit bis Juli 2017

*Vorab allen Beteiligten – Projektmitarbeiter, Unternehmen,  
Partner – herzlichen Dank für die konstruktive  
Zusammenarbeit !*

## 2. Beschreibung der Versuchsglieder

→ 3 Forstämter: Bad Berka Jena - Holzland Oberhof  
→ 4 Versuchsglieder: 1x FSC 1xFSC 2xFSC  
1x PEFC 1x PEFC 2xPEFC  
→ 3 Bestandestypen: Laubmischwald Nadelmischwald Fichtenreinbestand

Versuchsglied Forstamt	1 Oberhof	2 Jena-Holzland	3 Bad Berka
Bestand	Fichte mit Lärche/Douglasie/Eiche	Kiefer mit Fichte	Buche mit Esche/Lärche/Fichte
Entstehung	Pflanzung	Pflanzung mit Naturverjüngung	Naturverjüngung
			
	Abbildung 1: Revier Heinrichs (Quelle: Manuel Köhler)	Abbildung 2: Revier Wolfersdorf (Quelle: Manuel Köhler)	Abbildung 3: Revier Weimar (Quelle: Manuel Köhler)

## 2. Beschreibung der Versuchsglieder

Versuchsglied Forstamt	1 Oberhof	2 Jena-Holzland	3 Bad Berka
Höhenlage über NN.	550-650 m	330-360 m	430-470 m
Jahresdurchschnittstemp.	6-7 C°	8,5 C°	8 C°
Jahresniederschlag	850-900 l/m <sup>2</sup>	550-600 l/m <sup>2</sup>	750-800 l/m <sup>2</sup>
Klimastufe	(Mff) mittlere Berglagen mit sehr feuchtem Klima	(Vk) Hügelland mit mäßig feuchtem, kühlem Klima	(Vf) Hügelland mit feuchtem Klima
Wuchsbezirk	Südthüringer Buntsandstein	Ostthüringer Buntsandstein	Thüringer Keuper-Becken
Wuchsgebiet	Südthüringisches Trias-Hügelland	Ostthüringisches Trias-Hügelland	Thüringer Becken
Exposition	südexponiert	leicht nordexponiert	1/3 nord-, 1/3 planar-, 1/3 südexponiert
Standortseinheit	(M-S-2)	(M/(Z)-T-3)	(R-CT-1(2))
	mäßig frischer, terrestrischer mittlerer Sandstein	mäßig trockener (bis frischer), terrestrischer armer (bis mittlerer) Sandstein	(mäßig) frischer terrestrischer reicher Kalkton mit Vernässung im Unterboden
Bodentyp	Podsol/Brauerde	Podsol	Braunerde Terra Fusca
Bodenart	lehmgiger Sand	lehmgiger Sand	toniger Lehm
Grundgestein	Sandstein	Sandstein	oberer Muschelkalk (Nodosenton)

## 2. Beschreibung der Versuchsglieder

### Versuchsglied 1

Forstamt Oberhof  
Rohhumus (100%),  
Standortseinheit:  
mäßig frischer,  
terrestrischer mittlerer  
Sandstein (M-S-2)



Abbildung 4: Rohhumus  
(Quelle: Manuel Köhler)

### Versuchsglied 2

Forstamt Jena – Holzland  
Rohhumus (70%) bis moder-  
artiger Rohhumus (30%),  
Standortseinheit:  
mäßig trockener (bis frischer)  
terrestrischer, armer (bis  
mittlerer) Sandstein (M/(Z)-T-3)



Abbildung 5: Rohhumus  
(Quelle: Manuel Köhler)

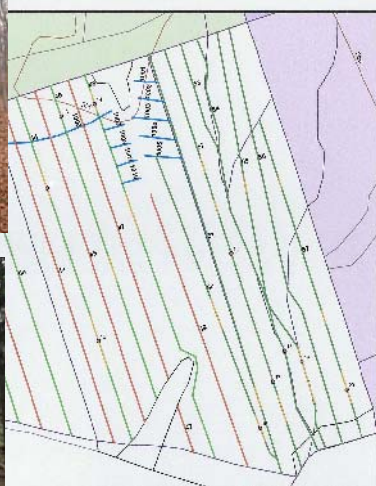
### Versuchsglied 3

Forstamt Bad Berka  
mullartiger Moder (70%) bis Moder (30%)  
Standortseinheit:  
(mäßig) frischer terrestrischer reicher  
Kalkton mit Vernässung im Unterboden  
(R-CT-1(2)); skelettarme Löss- und  
lehmauflage



Abbildung 6: Mullartiger Moder  
(Quelle: Manuel Köhler)

## 2. Beschreibung der Versuchsglieder



PEFC / FSC Vergleichskarte

Forstamt Jena  
Komm. Abt. 01/1  
Anst. 01/1

### Legende

- Jochenweiserpark
- Jochenweiserpark - Causen-Röde
- PEFC Rückegassen
- FSC Rückegassen
- FSC Rückegassen nicht definiert
- Sonstige Rückegassen nicht beschriftet
- Chausseebänke
- Bauland (auf rot abtrotzen)

Maßstab: 1:5000

0 10 20 30 Meter

© 2017, Prof. Dr. Erik Findeisen, 26.03.2017

Abbildungen 7 - 9: VG-Karte und Markierung (Quelle: Manuel Köhler)

### Beispiel Versuchsglied

#### Forstamt Jena – Holzland

- Einteilung der vorhandenen Rückegassen nach FSC und PEFC
- Entnahmebestand war im Zuge der Waldpflegeplanung bereits markiert
- in FSC-Bereichen Sperrung jeder zweiten Rückegasse (48m)



## 3. Datenerfassung

### Vor Beginn der Maßnahmen

- Bestandesbeschreibung
- Zustand der Gassenböden (Referenzpunkte, Vorschäden)

### Während der Maßnahmen

- Maschinen- und Arbeitsstunden je Rückegasse
- Betriebsmittelverbrauch der Forstwirte
- Leistungs- und Produktionsdaten

### Nach den Maßnahmen

- Zustand der Gassenböden (Referenzpunkte, Schadstufenanteile)
- Einhaltung Qualitätsstandards (Befahrung, Entnahme)
- Sortimentsverteilung der aufgearbeiteten Entnahmemenge
- Bestandesschäden (Fäll- und Rückeschäden)



Abbildung 10: Datenaufnahme (Quelle: Manuel Köhler)

### 4. Holzernteverfahren und Systemkosten

#### PEFC Versuchsglieder

1. Harvester (Fällen und Aufarbeiten)
2. Forwarder (Rückung)

Abbildung 11: Harvester  
(Quelle: Manuel Köhler)

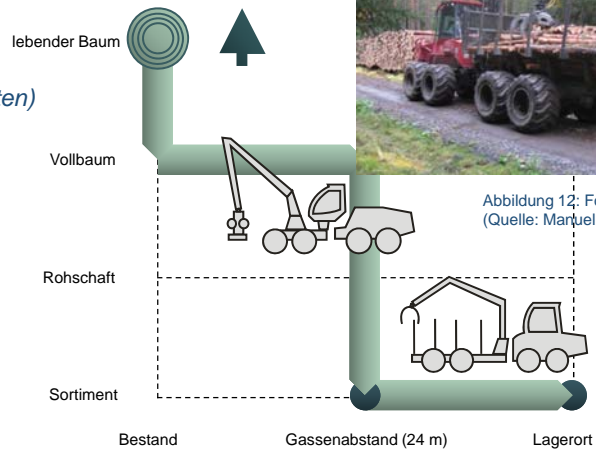


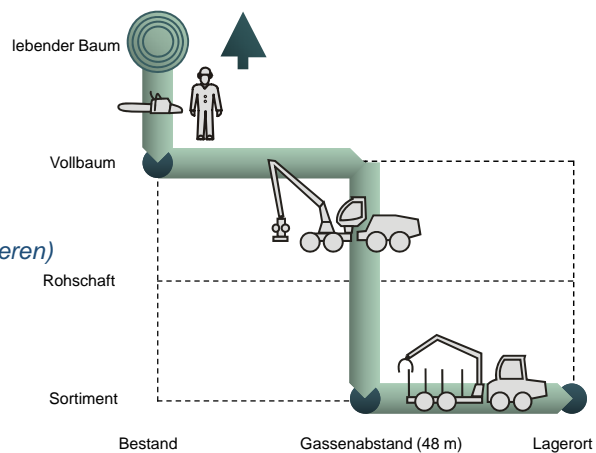
Abbildung 12: Forwarder  
(Quelle: Manuel Köhler)

### 3. Holzernteverfahren und Systemkosten

#### FSC Versuchsglied Fichte stark

Forstamt Oberhof  
Revier Heinrichs

1. Forstwirt (Zufällen)
2. Harvester (Fällen und Prozessieren)
3. Forwarder (Rückung)



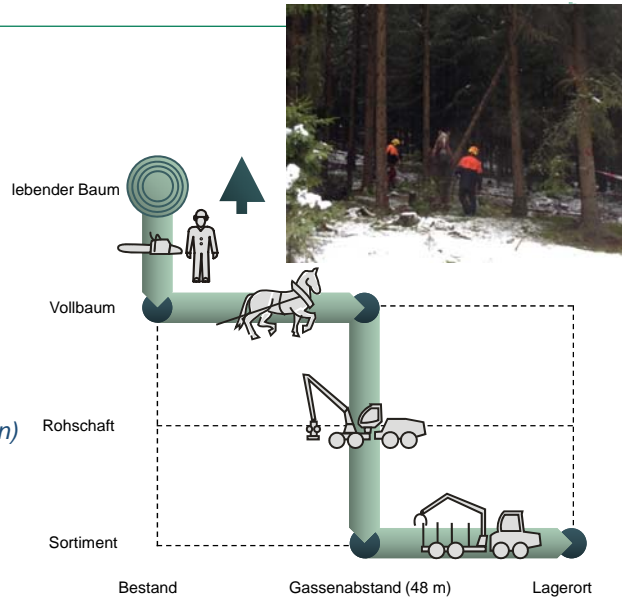
### 4. Holzernteverfahren und Systemkosten



**FSC** Versuchsglied Fichte schwach

Forstamt Oberhof  
Revier Heinrichs

1. Forstwirt (Vorfällen)
2. Pferd (Vorrücken zur Gasse)
3. Harvester (Fällen und Prozessieren)
4. Forwarder (Rückung)



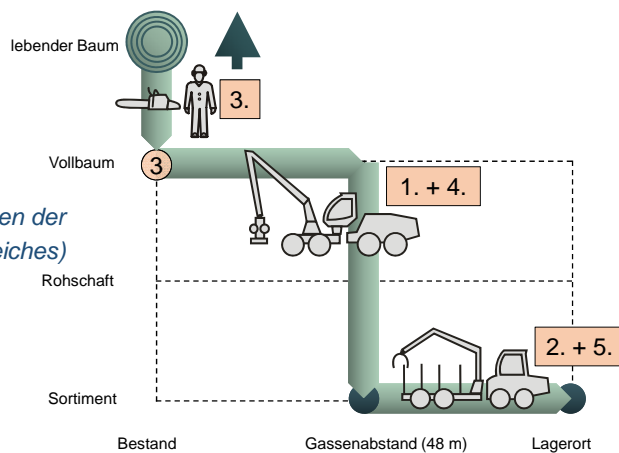
### 3. Holzernteverfahren und Systemkosten



**FSC** Versuchsglied Kiefer

Forstamt Jena-Holzland  
Revier Wolfersdorf

1. Harvester (Fällen und Aufarbeiten der Bäume des Kranbereiches)
2. Forwarder (Rückung)
3. Forstwirt (Zufällen)
1. Harvester (Prozessieren)
2. Forwarder (Rückung)

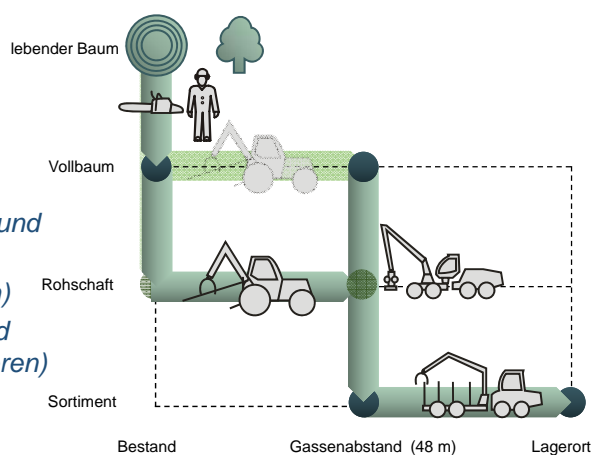


## 4. Holzernteverfahren und Systemkosten

### FSC Versuchsglied Buche

Forstamt Bad Berka  
 Revier Weimar

1. Forstwirt (Vorfällen und Zopfen)
2. Kranseilschlepper (Beiziehen)
3. Harvester (Fällen und Prozessieren)
4. Forwarder (Rückung)



## 4. Holzernteverfahren und Systemkosten

Arbeitssysteme	Einheit	Kostensätze		
		€/MAS (min)	€/MAS (max)	€/MAS (mittel)
Harvester	MAS [h]	160,00	181,88	170,94
Forwarder	MAS [h]	75,00	115,90	95,45
Kranseilschlepper	MAS [h]	80,00	94,12	87,06
Pferderücker	Arbeitsstunde [h]	35,00	50,00	42,50
Motorsägenführer	Arbeitsstunde [h]	35,00	45,00	40,00

Quelle: "Forstmaschinen vorauskalkulieren"; KWF Merkblatt Nr. 17 / 2013; Kuratorium für Waldarbeit e.V.

## 5. Ergebnisse - Holzerntekosten

PEFC Laubholz-mischbestand (Buche, BHD 21 cm)	FoA Bad Berka	Entnahmemenge [fm o.R.]			Volumen des mittleren Entnahmebaumes [fm o.R.]		
		544,2			0,5		
Arbeitssysteme	MAS [h]	€/MAS (min)	€/MAS (max)	€/MAS (mittel)	€/fm (min)	€/fm (max)	€/fm (mittel)
Harvester	35,1	165,00	181,88	173,44	10,64	11,73	11,19
Forwarder	28,1	80,00	115,90	97,95	4,13	5,98	5,06
<b>Gesamt</b>					14,77	17,72	16,24

Versuchsglied  
FoA Bad Berka  
Buche

**Ergebnis:**

Holzerntekostendifferenz

PEFC – FSC 7,04 €/fm

Kostensteigerung um 43 %

FSC Laubholz-mischbestand (Buche, BHD 23 cm)	FoA Bad Berka	Entnahmemenge [fm o.R.]			Volumen des mittleren Entnahmebaumes [fm o.R.]		
		564,5			0,5		
Arbeitssysteme	MAS [h]	€/MAS (min)	€/MAS (max)	€/MAS (mittel)	€/fm (min)	€/fm (max)	€/fm (mittel)
Harvester	40,1	165,00	181,88	173,44	11,72	12,92	12,32
Forwarder	19,8	80,00	115,90	97,95	2,81	4,07	3,44
Kranseilschlepper	31,2	80,00	94,12	87,06	4,42	5,20	4,81
Motorsägenführer	38,3	35,00	45,00	40,00	2,37	3,05	2,71
<b>Gesamt</b>					21,32	25,24	23,28

<b>Differenz Holzerntekosten [€/fm]</b>	-6,55	-7,52	-7,04
<b>Kostensteigerung bei FSC – Verfahren [% von PEFC]</b>	44,34	42,48	43,32

## 5. Ergebnisse - Holzerntekosten

PEFC Nadelholz-mischbestan d (Kiefer, BHD 25 cm)	FoA Jena Holzland	Entnahmemenge [fm o.R.]			Volumen des mittleren Entnahmebaumes [fm o.R.]		
		829,3			0,6		
Arbeitssysteme	MAS [h]	€/MAS (min)	€/MAS (max)	€/MAS (mittel)	€/fm (min)	€/fm (max)	€/fm (mittel)
Harvester	34,6	165,00	181,88	173,44	6,88	7,59	7,24
Forwarder	28,6	80,00	115,90	97,95	2,76	4,00	3,38
<b>Gesamt</b>					9,64	11,59	10,61

Versuchsglied  
FoA Jena - Holzland  
Kiefer

**Ergebnis:**

Holzerntekostendifferenz

PEFC – FSC - 0,96 €/fm

Kostensteigerung um 9 %

FSC Nadelholz-mischbestan d (Kiefer, BHD 25 cm)	FoA Jena Holzland	Entnahmemenge [fm o.R.]			Volumen des mittleren Entnahmebaumes [fm o.R.]		
		892,8			0,6		
Arbeitssysteme	MAS [h]	€/MAS (min)	€/MAS (max)	€/MAS (mittel)	€/fm (min)	€/fm (max)	€/fm (mittel)
Harvester	35,2	165,00	181,88	173,44	6,51	7,17	6,84
Forwarder	29,3	80,00	115,90	97,95	2,63	3,80	3,21
Motorsägenführer	34,0	35,00	45,00	40,00	1,33	1,71	1,52
<b>Gesamt</b>					10,46	12,69	11,58

<b>Differenz Holzerntekosten [€/fm]</b>	-0,82	-1,10	-0,96
<b>Kostensteigerung bei FSC – Verfahren [% von PEFC]</b>	8,51	9,52	9,06



## 5. Ergebnisse - Holzerntekosten

PEFC Nadelholzmischbestand (Fichte, BHD 17 cm)	FoA Oberhof	Entnahmemenge [fm o.R.]			Volumen des mittleren Entnahmebaumes [fm o.R.]		
				325,6			0,2
Arbeitssysteme	MAS [h]	€/MAS (min)	€/MAS (max)	€/MAS (mittel)	€/fm (min)	€/fm (max)	€/fm (mittel)
Harvester	37,9	160,00	181,88	170,94	18,62	21,17	19,90
Forwarder	39,0	75,00	115,90	95,45	8,98	13,88	11,43
<b>Gesamt</b>					27,61	35,05	<b>31,33</b>

Versuchsglied  
FoA Oberhof  
Fichte (schwach)

**Ergebnis:**

Holzerntekostendifferenz

PEFC – FSC - 12,71 €/fm

Kostensteigerung um 41 %

FSC Nadelholzmischbestand (Fichte, BHD 17 cm)	FoA Oberhof	Entnahmemenge [fm o.R.]			Volumen des mittleren Entnahmebaumes [fm o.R.]		
				371,5			0,2
Arbeitssysteme	MAS [h]	€/MAS (min)	€/MAS (max)	€/MAS (mittel)	€/fm (min)	€/fm (max)	€/fm (mittel)
Harvester	39,3	160,00	181,88	170,94	16,93	19,24	18,08
Forwarder	37,5	75,00	115,90	95,45	7,57	11,70	9,63
Pferderücker	73,5	35,00	50,00	42,50	6,92	9,89	8,41
Motorsägenführer	73,5	35,00	45,00	40,00	6,92	8,90	7,91
<b>Gesamt</b>					38,35	49,74	<b>44,04</b>

<b>Differenz Holzerntekosten PEFC - FSC [€/fm]</b>	-10,74	-14,68	<b>-12,71</b>
<b>Kostensteigerung bei FSC – Verfahren [% von PEFC]</b>	38,90	41,88	<b>40,57</b>

Holzernte im Vergleich PEFC / FSC Vortrag zum Workshop FH Erfurt 27.03.2017 Prof. Erik Findeisen

17

24.03.2017

## 5. Ergebnisse - Holzerntekosten

PEFC Nadelholzmischbestand (Fichte, BHD 26 cm)	FoA Oberhof	Entnahmemenge [fm o.R.]			Volumen des mittleren Entnahmebaumes [fm o.R.]		
				338,8		0,8	0,8
Arbeitssysteme	MAS [h]	€/MAS (min)	€/MAS (max)	€/MAS (mittel)	€/fm (min)	€/fm (max)	€/fm (mittel)
Harvester	16,7	165,00	181,88	173,44	8,13	8,97	8,55
Forwarder	19,8	80,00	115,90	97,95	4,68	6,77	5,72
<b>Gesamt</b>					12,81	15,74	<b>14,27</b>

Versuchsglied  
FoA Oberhof  
Fichte (stark)

**Ergebnis:**

Holzerntekostendifferenz

PEFC – FSC - 1,60 €/fm

Kostensteigerung um 11 %

FSC Nadelholzmischbestand (Fichte, BHD 29 cm)	FoA Oberhof	Entnahmemenge [fm o.R.]			Volumen des mittleren Entnahmebaumes [fm o.R.]		
				292,0		1,0	0,8
Arbeitssysteme	MAS [h]	€/MAS (min)	€/MAS (max)	€/MAS (mittel)	€/fm (min)	€/fm (max)	€/fm (mittel)
Harvester	11,2	165,00	181,88	173,44	6,33	6,98	6,65
Forwarder	17,0	80,00	115,90	97,95	4,66	6,75	5,72
Motorsägenführer	14,5	35,00	45,00	40,00	1,74	2,23	1,99
<b>Gesamt</b>					12,72	15,96	<b>14,34</b>

<b>Differenz Holzerntekosten PEFC - FSC [€/fm]</b>	0,08	-0,22	<b>-0,07</b>
<b>Kostensteigerung bei FSC – Verfahren [% von PEFC]</b>	-0,66	1,40	<b>0,48</b>

Holzernte im Vergleich PEFC / FSC Vortrag zum Workshop FH Erfurt 27.03.2017 Prof. Erik Findeisen

18

24.03.2017

## 5. Ergebnisse - Holzerntekosten

Forstamtsbereich (Versuchsflächen)	Bad Berka		Jena - Holzland		Oberhof				
	Laubholz-mischbestand (Hauptbaumart Buche)		Nadelholz-mischbestand (Hauptbaumart Kiefer)		Nadelholz-mischbestand (Hauptbaumart Fichte)				
Bestandestyp									
Zertifizierungssystem (Versuchsglied)	PEFC	FSC	PEFC	FSC	PEFC schwach	FSC schwach	PEFC stark	FSC stark	
Maßnahmenflächengröße [ha]:	16,6	19,1	18,8	22,7	14,9	13,6	6,1	4,2	
Entnahmemenge gesamt [fm o. R.]:	544,2	564,5	829,3	892,8	325,6	371,5	338,8	292,0	
Entnahmemenge je Hektar [fm o. R./ha]:	32,8	29,5	44,2	39,4	21,8	27,4	55,5	69,0	
BHD ausscheidender Bestand [cm]:	21	23	25	25	17	17	26	29	
Anzahl entnommener Bäume [N]:	1135	1059	1504	1482	1823	2145	437	299	
Anzahl entnommener Bäume je Hektar [N/ha]:	68	55	80	65	122	158	72	71	
Volumen des Entnahmemittelstamms [fm o.R.]:	0,5	0,5	0,6	0,6	0,2	0,2	0,8	0,8	<b>0,8 (1,0)</b>
Holzerntekosten minimal [€/fm]:	14,77	21,32	9,64	10,46	27,61	38,35	12,81	14,08	
Holzerntekosten maximal [€/fm]:	17,72	25,24	11,59	12,69	35,05	49,74	15,74	17,66	
Holzerntekosten mittel [€/fm]:	<b>16,24</b>	<b>23,28</b>	<b>10,61</b>	<b>11,58</b>	<b>31,33</b>	<b>44,04</b>	<b>14,27</b>	<b>15,87</b>	
Differenz Holzerntekosten PEFC - FSC minimal [€/fm]:	-6,55		-0,82		-10,74		-1,27		
Differenz Holzerntekosten PEFC - FSC maximal [€/fm]:	-7,52		-1,10		-14,68		-1,92		
Differenz Holzerntekosten PEFC - FSC mittel [€/fm]:	<b>-7,04</b>		<b>-0,96</b>		<b>-12,71</b>		<b>-1,60</b>		
Kostensteigerung bei FSC – Verfahren [% von PEFC]	43		9		41		11		

**Ergebnis: Kostensteigerung bei FSC ? Ja !** (differenziert nach Baumart, Stückmasse, ...)

## 5. Ergebnisse - Maßnahmendauer

Forstamtsbereich (Versuchsflächen)	Bad Berka		Jena - Holzland		Oberhof				Gesamt	
	Laubholz-mischbestand (Hauptbaumart Buche)		Nadelholz-mischbestand (Hauptbaumart Kiefer)		Nadelholz-mischbestand (Hauptbaumart Fichte)					
Bestandestyp										
Zertifizierungssystem (Versuchsglied)	PEFC	FSC	PEFC	FSC	PEFC schwach	FSC schwach	PEFC stark	FSC stark	PEFC	FSC
Maßnahmenflächengröße [ha]:	16,6	19,1	18,8	22,7	14,9	13,6	6,1	4,2	56,3	59,6
Entnahmemenge gesamt [fm o. R.]:	544,2	564,5	829,3	892,8	325,6	371,5	338,8	292,0	2037,8	2120,8
Hochmechanisierte Arbeitsstunden [h]	63,2	59,9	63,2	64,5	76,9	76,8	36,5	28,2	239,8	229,4
Motormanuelle Arbeitsstunden [h]	0,0	38,3	0,0	34,0	0,0	73,5	0,0	14,5	0,0	160,3
Arbeitsstunden mit Seilarbeit [h]	0,0	31,2	0,0	0,0	0,0	73,5	0,0	0,0	0,0	104,7
<b>Summe Arbeitsstunden [h]</b>	<b>63,2</b>	<b>129,4</b>	<b>63,2</b>	<b>98,5</b>	<b>76,9</b>	<b>223,8</b>	<b>36,5</b>	<b>42,7</b>	<b>239,8</b>	<b>494,4</b>
notwendige Tagewerke[d]	6,3	14,7	6,3	10,7	7,7	31,6	3,7	4,6	24,0	56,1
Verhältnis notwendiger Tagewerke[%]	100,0	232,2	100,0	169,30	100,00	410,50	100,00	126,92	100,00	233,80

Konkrete Werte zur Verlängerung der Logistikkette unter Berücksichtigung des Versatzes der Arbeitsschritte werden noch berechnet.

**Ergebnis: Maßnahmenverlängerung bei FSC ? Ja !**

## 5. Ergebnisse - Bestandesschäden

Forstamtsbereich (Versuchsflächen)	Bad Berka		Jena - Holzland		Oberhof			
Bestandestyp	Laubholzmischbestand (Hauptbaumart Buche)		Nadelholzmischbestand (Hauptbaumart Kiefer)		Nadelholzmischbestand (Hauptbaumart Fichte)			
Zertifizierungssystem (Versuchsglied)	PEFC	FSC	PEFC	FSC	PEFC schwach	FSC schwach	PEFC stark	FSC stark
Bestandesschäden [N/ha]	21,0	14,9	13,2	13,4	37,9	58,7	24,3	27,2
Bestandesschäden pro Entnahmebaum [N]	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4
Bestandesschäden je Entnahmefestmeter [N]	0,6	0,5	0,3	0,3	1,7	2,1	0,4	0,4

**Ergebnis:** *Zunahme der Bestandesschäden im Versuch nur bei Fichtenschwachholz sichtbar (wird weiter ausgewertet)*

## 5. Ergebnisse - Gassenbodenzustände

### Variante 1

Messung der Fahrspurentiefe an Referenzpunkten vor und nach den Holzerntemaßnahmen zum Vergleich der Veränderungen

### Variante 2

Aufnahme der Länge der Abschnitte aller Rückegassen entsprechend der drei Schadstufen

Stufe	Fahrspurtiefe
I	0 – 30 cm
II	>30 – 60 cm
III	>60 cm


### VOR DER HOLZERNTE



### NACH DER HOLZERNTE



Abbildungen 13 und 14:  
Gassenzustand vor und  
Nach der Holzernte  
(Quelle: Manuel Köhler)

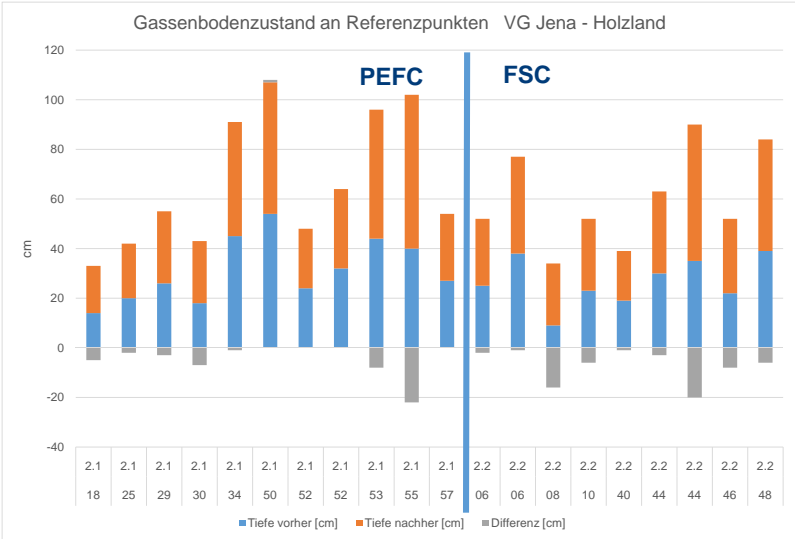


## 5. Ergebnisse - Gassenbodenzustände


**Variante 1**

Messung der Fahrspurentiefe an Referenzpunkten vor und nach den Holzernemaßnahmen

Vergleich der Veränderungen



Holzernte im Vergleich PEFC / FSC Vortrag zum Workshop FH Erfurt 27.03.2017 Prof. Erik Findeisen
23
24.03.2017

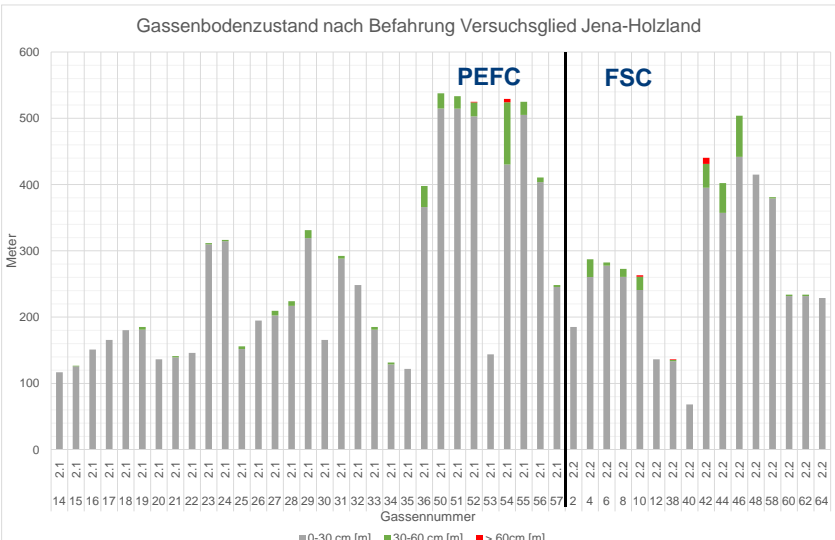


## 5. Ergebnisse - Gassenbodenzustände

**Variante 2**

Aufnahme der Länge der Abschnitte aller Rückegassen entsprechend der drei Schadstufen

Stufe	Fahrspurtiefe
I	0 – 30 cm
II	>30 – 60 cm
III	>60 cm



Holzernte im Vergleich PEFC / FSC Vortrag zum Workshop FH Erfurt 27.03.2017 Prof. Erik Findeisen
24
24.03.2017

## 5. Ergebnisse - Gassenbodenzustände



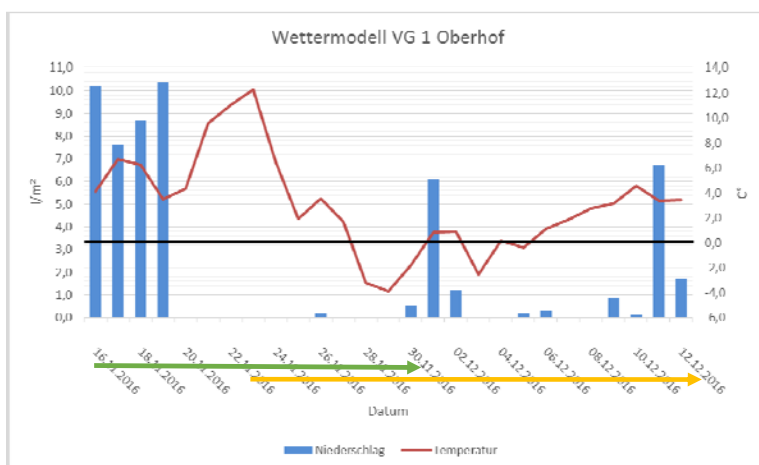
Forstamtsbereich (Versuchsflächen)	Bad Berka			Jena - Holzland			Oberhof																	
Bestandestyp	Laubholzmischbestand (Hauptbaumart Buche)			Nadelholzmischbestand (Hauptbaumart Kiefer)			Nadelholzmischbestand (Hauptbaumart Fichte)																	
Zertifizierungssystem (Versuchsglied)	PEFC		FSC	PEFC		FSC	PEFC schwach		FSC schwach		PEFC stark		FSC stark											
Durchschnittliche Veränderung der Spurentiefe an Referenzpunkten [cm]	-2		-4	-4		-7	-17		-14		-7		-5											
Durchschnittlicher Schädigungsgrad nach den Maßnahmen entsprechend der Spurentiefe in cm [%]	0 - 30 cm	30 - 60 cm	> 60 cm	0 - 30 cm	30 - 60 cm	> 60 cm	0 - 30 cm	30 - 60 cm	> 60 cm	0 - 30 cm	30 - 60 cm	> 60 cm	0 - 30 cm	30 - 60 cm	> 60 cm									
	0,88	0,09	0,03	0,90	0,08	0,02	0,97	0,03	0,00	0,95	0,05	0,00	0,93	0,07	0,00	0,94	0,05	0,00	0,89	0,10	0,01	0,98	0,02	0,00

**Ergebnis:** *Geringe Abweichungen – Einfluss der Zahl der Überfahrungen, transportierten Holzmenngen und des Wetters wird noch ausgewertet.*

## 5. Ergebnisse - Gassenbodenzustände



### Einfluss des Wetters auf die Gassenbodenzustände



Bearbeitungszeitraum:

Harvester:  
16.11.16 bis 01.12.16

Forwarder:  
21.11.16 bis 12.12.16

## 5. Ergebnisse – Soziale Aspekte (Ergonomie)



### 5.1 Rechtliche Grundlagen

- Arbeitsschutzgesetz vom 07. August 1996, zuletzt geändert durch Artikel 427 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1246 / 1474);  
Erfüllung der EG-Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit (Abl. EG Nr. L 183 S.1)

#### §3 Grundpflichten der Arbeitgeber

(1) „Der Arbeitgeber ist verpflichtet, die erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes unter Berücksichtigung der Umstände zu treffen, die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit beeinflussen. ... Dabei hat er eine Verbesserung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten anzustreben.“

## 5. Ergebnisse – Soziale Aspekte (Ergonomie)



### 5.1 Rechtliche Grundlagen

#### §4 Allgemeine Grundsätze

„Der Arbeitgeber hat bei Maßnahmen des Arbeitsschutzes von folgenden allgemeinen Grundsätzen auszugehen:

1. Die Arbeit ist so zu gestalten, daß eine Gefährdung für das Leben sowie die ... Gesundheit möglichst vermieden und die verbleibende Gefährdung möglichst gering gehalten wird;
2. Gefahren sind an ihrer Quelle zu bekämpfen;
3. bei den Maßnahmen sind der Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene ... zu berücksichtigen;
- ...
5. individuelle Schutzmaßnahmen sind nachrangig zu anderen Maßnahmen; ...

## 5. Ergebnisse – Soziale Aspekte (Ergonomie)

### 5.2 Verringerung der Gefährdungen bei Waldarbeit

- Waldarbeit zählt zu den gefährlichsten Tätigkeiten in Deutschland, insbesondere Arbeiten mit der Motorsäge (Motormanuelle Holzernte) und Seilarbeit (Seilschlepper, Seilkran)
- Einsatz hochmechanisierter Holzertesysteme (Harvester, Prozessoren, Forwarder) konnte in den letzten Jahrzehnten die Unfallzahlen in der Waldarbeit deutlich senken.
- **ArbSchG beachtet!**

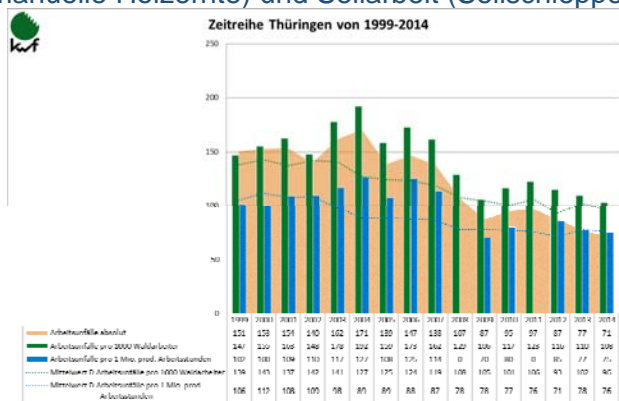


Abbildung 5: Unfallstatistik Thüringen (Quelle: KWF e.V.)

## 5. Ergebnisse – Soziale Aspekte (Ergonomie)

Forstamsbereich (Versuchsfelder)	Bad Berka		Jena - Holzland		Oberhof				Gesamt	
	Laubholz-mischbestand (Hauptbaumart Buche)		Nadelholz-mischbestand (Hauptbaumart Kiefer)		Nadelholz-mischbestand (Hauptbaumart Fichte)				PEFC	FSC
Zertifizierungssystem (Versuchsglied)	PEFC	FSC	PEFC	FSC	PEFC schwach	FSC schwach	PEFC stark	FSC stark	PEFC	FSC
Maßnahmenflächengröße [ha]	16,6	19,1	18,8	22,7	14,9	13,6	6,1	4,2	56,3	59,6
Entnahmemenge gesamt [fm o. R.]	544,2	564,5	829,3	892,8	325,6	371,5	338,8	292,0	2037,8	2120,8
Hochmechanisierte Arbeitsstunden [h]	63,2	59,9	63,2	64,5	76,9	76,8	36,5	28,2	239,8	229,4
Anteil hochmechanisierter Arbeitsstunden [%]	100,0	46,3	100,0	65,5	100,0	34,3	100,0	66,0	100,0	46,4
Motormanuelle Arbeitsstunden [h]	0,0	38,3	0,0	34,0	0,0	73,5	0,0	14,5	0,0	160,3
Anteil motormanueller Arbeitsstunden [%]	0,0	29,6	0,0	34,5	0,0	32,8	0,0	34,0	0,0	32,4
Arbeitsstunden mit Seilarbeit [h]	0,0	31,2	0,0	0,0	0,0	73,5	0,0	0,0	0,0	104,7
Anteil Arbeitsstunden mit Seilarbeit [%]	0,0	24,1	0,0	0,0	0,0	32,8	0,0	0,0	0,0	21,2
<b>Summe Arbeitsstunden [h]</b>	<b>63,2</b>	<b>129,4</b>	<b>63,2</b>	<b>98,5</b>	<b>76,9</b>	<b>223,8</b>	<b>36,5</b>	<b>42,7</b>	<b>239,8</b>	<b>494,4</b>
Arbeitsstunden Gesamt je Festmeter [h]	0,12	0,23	0,08	0,11	0,24	0,60	0,11	0,15	0,12	0,23
Arbeitsstunden gefährlicher Arbeiten je Festmeter [h]	0,00	0,12	0,00	0,04	0,00	0,40	0,00	0,05	0,00	0,12
Anteil gefährlicher Arbeiten an den Gesamtstunden je Festmeter [%]	0,0	53,7	0,0	34,5	0,0	65,7	0,0	34,0	0,0	53,6

### 5.3 Daten

**FSC:**  
Erhöhung des Anteils gefährlicher Tätigkeiten um ca. 50 %

→ **ArbSchG ?**

**Gefährdungen:**  
- Unfälle  
- Verschleiß an Skelett, Sehnen, Muskeln  
- hoher Arbeitsdruck (Kostendruck)

**Folgen?**

## 6. Zusammenfassung (bisheriger Projektergebnisse)



- Holzerntekosten Erhöhung um 1 -13 €/fm (9 – 43%) bei Erhöhung des Gassenabstandes von 24 auf 48 Meter (abhängig von Baumart, Stückmasse, ...)  
**Betriebswirtschaftlich möglich?**
- Maßnahmendauer Erhöhung bei Arbeitsverfahren, die mit mehr als 24m Gassenabstand durchgeführt werden  
**Qualitätsverluste / Störungen / Organisationsaufwand (weitere Betrachtung in der Masterarbeit)**
- Bestandesschäden Keine deutliche Erhöhung der Bestandesschäden bei Gassenabstandserweiterung auf 48 Meter mit Ausnahme der Versuchsfläche Fichte (schwach)  
**Untersuchung läuft noch (Masterarbeit)**
- Bodenschäden auf Rückegassen Keine deutliche Erhöhung der Bodenschäden bei Gassenabstandserweiterung auf 48 Meter durch Erhöhung der Überfahrten - Einfluss des Wetters höher  
**Untersuchung läuft noch (Masterarbeit)**
- Arbeitssicherheit / Arbeitsschutz Erhöhung des Anteils gefährlicher Arbeiten um ca. 50 % bei Erhöhung des Gassenabstandes von 24 auf 48 Meter; ArbSchG – Erfüllung fraglich  
**Verantwortlichkeit ? Untersuchung läuft noch (Masterarbeit)**