



„Wood for Industry“

**aktueller Ergebnisstand zur Rohholzsortierung, zu
Festigkeitseigenschaften und zum Jahrringbau
ausgewählter Hochleistungszüchtungsprodukte**

Starke, Gutkes, Siebke, Bues

Gliederung

1. Fragestellung
2. Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten und Standorte
3. Jahrringanalyse
4. Festigkeitsprüfungen (physikalische Eigenschaften)
 - Rohdichte
 - Biegefestigkeit, Biege-E-Modul
 - Druckfestigkeit, Druck-E-Modul
 - Brinell-Härte
5. Zusammenfassung und Ausblick

Gliederung

1. **Fragestellung**
2. Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten und Standorte
3. Jahrringanalyse
4. Festigkeitsprüfungen (physikalische Eigenschaften)
 - Rohdichte
 - Biegefestigkeit, Biege-E-Modul
 - Druckfestigkeit, Druck-E-Modul
 - Brinell-Härte
5. Zusammenfassung und Ausblick

Fragestellung

- ▶ Gibt es Unterschiede zwischen der Referenz „Europäische Lärche“ (*Hasselburg*) und den schnellwachsenden „Hybrid-Lärchen“ (Graupa68, Marienberg, Cunnersdorf2) im Hinblick auf:
 - Rundholzsortierung,
 - Jahrringstrukturen,
 - Festigkeitseigenschaften?





Fakultät Umweltwissenschaften, Fachrichtung Forstwissenschaften

Institut für Forstnutzung und Forsttechnik, Professur für Forstnutzung

Fragestellung

- ▶ Gibt es Unterschiede bzgl. der Standorte

Bad Liebenstein

und

Leubnitz ?



Gliederung

1. Fragestellung
2. **Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten und Standorte**
3. Jahrringanalyse
4. Festigkeitsprüfungen (physikalische Eigenschaften)
 - Rohdichte
 - Biegefestigkeit, Biege-E-Modul
 - Druckfestigkeit, Druck-E-Modul
 - Brinell-Härte
5. Zusammenfassung und Ausblick

Rundholzsortierung

Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in Deutschland (RVR)

► Gemessene Merkmale:

- Anzahl Äste (gesunde, faule)
- Durchschnittliche JR-Breite
- Wuchs: Drehwuchs, Krümmung, Abholzigkeit, Exzentrizität der Markröhre
- Risse: Kernrisse, Ringschäle
- Insektenfraßgänge
- Weichfäule

Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel
in Deutschland (RVR)

des
Deutschen Forstwirtschaftsrates e.V.

und des
Deutschen Holzwirtschaftsrates e.V.



DEUTSCHER
FORSTWIRTSCHAFTSRAT



Deutscher
Holzwirtschaftsrat

2. Auflage 2015

Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten

► Qualitätsklassen nach RVR

Sorte	Bad Liebenstein	
	Qualität	Ausschlussmerkmal für bessere Klasse
<i>Hasselburg</i>	B	Vorhandensein von Ästen
Graupa68	B	Vorhandensein von Ästen
Marienberg	B - C	Vorhandensein von Ästen, Krümmung, Kernriss
Cunnersdorf2	B - C	Vorhandensein von Ästen; Krümmung, Mantelriss (starke Abholzigkeit, jedoch nicht sortierentscheidend)

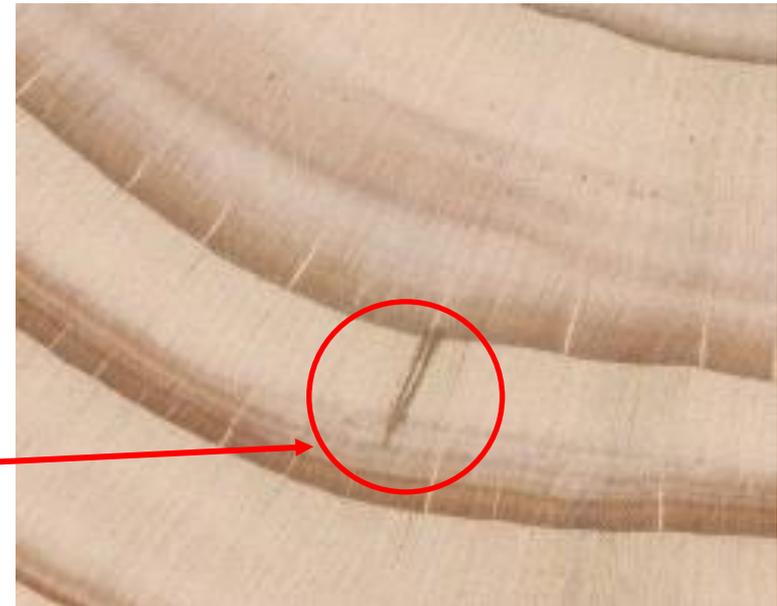
Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten

► Qualitätsklassen nach RVR

Sorte	Bad Liebenstein		Leubnitz	
	Qualität	Ausschlussmerkmal für bessere Klasse	Qualität	Ausschlussmerkmal für bessere Klasse
<i>Hasselburg</i>	B	Vorhandensein von Ästen	B	Vorhandensein von Ästen (starke Abholzigkeit, jedoch nicht sortierentscheidend)
Graupa68	B	Vorhandensein von Ästen	B	Vorhandensein von Ästen
Marienberg	B - C	Vorhandensein von Ästen, Krümmung, Kernriss		
Cunnersdorf2	B - C	Vorhandensein von Ästen; Krümmung, Mantelriss (starke Abholzigkeit, jedoch nicht sortierentscheidend)		

Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten

▶ Saugspannungsrisse



Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten

▶ Saugspannungsrisse (durchschnittliche Anzahl/Baum)

Sorten	Bad Liebenstein	
	Mittelwert	Stdw.
<i>Hasselburg</i>	0,20	0,45
Graupa68	0,20	0,45
Marienberg	5,20	3,11
Cunnersdorf2	10,60	12,74

- kein Unterschied zwischen Hasselburg und Graupa68
- auffällig Cunnersdorf2, auch Marienberg

Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten

▶ Saugspannungsrisse (durchschnittliche Anzahl/Baum)

Sorten	Bad Liebenstein		Leubnitz	
	Mittelwert	Stdw.	Mittelwert	Stdw.
<i>Hasselburg</i>	0,20	0,45	8,25	5,55
Graupa68	0,20	0,45	7,00	3,81
Marienberg	5,20	3,11	-	-
Cunnersdorf2	10,60	12,74	-	-

- kein Unterschied zwischen Hasselburg und Graupa68
- auffällig Cunnersdorf2, auch Marienberg
- Fläche Leubnitz im Vergleich zu Bad Liebenstein deutlich mehr SSR

Rundholzsortierung – Vergleich der Standorte

► Sorte *Hasselburg*

Merkmal	Standort	Mittelwert	Stdw.	Vark.	Tendenz
Qualitätsklasse nach RVR	Leubnitz	B			=
	Bad Liebenstein	B			
Höhe [m]	Leubnitz	14,93	0,83	0,06	≠
	Bad Liebenstein	15,80	0,83	0,05	
BHD [cm]	Leubnitz	17,95	0,73	0,04	=
	Bad Liebenstein	17,57	2,52	0,14	
Abholzigkeit bis 4 m [cm/m]	Leubnitz	01,24	0,08	0,06	≠
	Bad Liebenstein	00,77	0,35	0,45	
h/d-Verhältnis	Leubnitz	83,26	5,71	0,07	≠
	Bad Liebenstein	90,91	9,15	0,10	
Saugspannungsrisse [Anzahl/Baum]	Leubnitz	06,40	5,55	0,87	≠
	Bad Liebenstein	00,20	0,45	2,25	

- Fläche Leubnitz: geringere Höhe,
stärkere Abholzigkeit (geringeres h/d-Verhältnis),
mehr Saugspannungsrisse

Rundholzsortierung – Vergleich der Standorte

► Sorte Graupa68

Merkmal	Standort	Mittelwert	Stdw.	Vark.	Tendenz
Qualitätsklasse nach RVR	Leubnitz	B			=
	Bad Liebenstein	B			
Höhe [m]	Leubnitz	15,23	0,75	0,05	≠
	Bad Liebenstein	19,08	0,88	0,05	
BHD [cm]	Leubnitz	17,59	0,90	0,05	≠
	Bad Liebenstein	22,14	1,24	0,06	
Abholzigkeit bis 4 m [cm/m]	Leubnitz	00,95	0,29	0,31	≠
	Bad Liebenstein	00,83	0,15	0,18	
h/d-Verhältnis	Leubnitz	86,75	6,00	0,07	=
	Bad Liebenstein	86,24	2,13	0,02	
Saugspannungsrisse [Anzahl/Baum]	Leubnitz	07,00	3,81	0,54	≠
	Bad Liebenstein	00,20	0,45	2,25	

- Fläche Leubnitz: geringere Höhe, geringerer BHD, stärkere Abholzigkeit, mehr Saugspannungsrisse

Rundholzsortierung – Zusammenfassung

► Vergleich der Sorten

- Rohholzsortierung nach RVR:
 - *Hasselburg* und Graupa68 „B“
 - Marienberg und Cunnersdorf2 „B bis C“
- Saugspannungsrisse:
 - Cunnersdorf2 und Marienberg deutlich mehr
- „auffällige“ Sorten:
 - Cunnersdorf2: größere Dimensionen, aber auch abholzig, deutlich mehr SSR
 - Graupa68: etwas größere Dimensionen im Vergleich zur Referenz *Hasselburg* bei gleicher Qualität (beide „B“, Anzahl der SSR)

Rundholzsortierung – Zusammenfassung

▶ Vergleich der Standorte

- Rohholzsortierung nach RVR:
 - Qualitätsklasse „B“
 - Fläche Leubnitz im Vgl. zur Fläche Bad Liebenstein jedoch „schlechtere“ Qualitäten bei geringeren Dimensionen

Gliederung

1. Fragestellung
2. Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten und Standorte
- 3. Jahrringanalyse**
4. Festigkeitsprüfungen (physikalische Eigenschaften)
 - Rohdichte
 - Biegefestigkeit, Biege-E-Modul
 - Druckfestigkeit, Druck-E-Modul
 - Brinell-Härte
5. Zusammenfassung und Ausblick

Jahrringanalyse – Vergleich der Sorten

▶ Mittlere Jahrringbreiten

Sorte	Bad Liebenstein (n = 140)		
	Jahrringbreite [mm]	Stdw.	Signifikanz
<i>Hasselburg</i>	5,43	3,59	
Graupa68	6,78	2,95	Ja ***
Marienberg	6,81	3,73	Ja ***
Cunnersdorf2	7,51	3,32	Ja ***

- auf Fläche Bad Liebenstein signifikant höherer jährlicher Zuwachs aller 3 untersuchten Hybride

Jahrringanalyse – Vergleich der Sorten

► Mittlere Jahrringbreiten

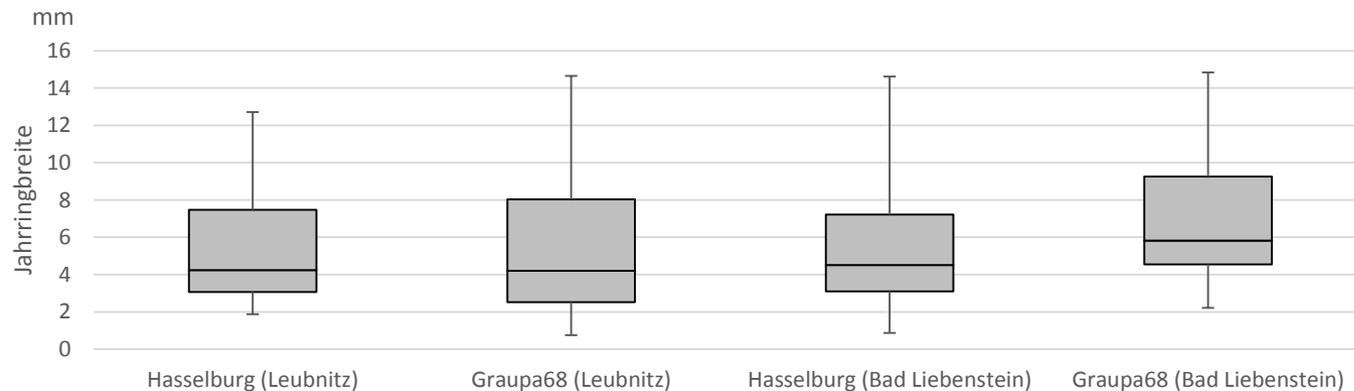
Sorte	Bad Liebenstein (n = 140)			Leubnitz (n = 140)		
	Jahrringbreite [mm]	Stdw.	Signifikanz	Jahrringbreite [mm]	Stdw.	Signifikanz
<i>Hasselburg</i>	5,43	3,59		5,30	2,94	
Graupa68	6,78	2,95	Ja ***	5,33	3,01	nein
Marienberg	6,81	3,73	Ja ***			
Cunnersdorf2	7,51	3,32	Ja ***			

- auf Fläche Bad Liebenstein signifikant höherer jährlicher Zuwachs aller 3 untersuchten Hybride
- auf Fläche Leubnitz: Vergleichbare Zuwächse bei Graupa68 und *Hasselburg* (kein signifikanter Unterschied)



Jahrringanalyse – Vergleich der Standorte

► **Mittlere Jahrringbreiten**

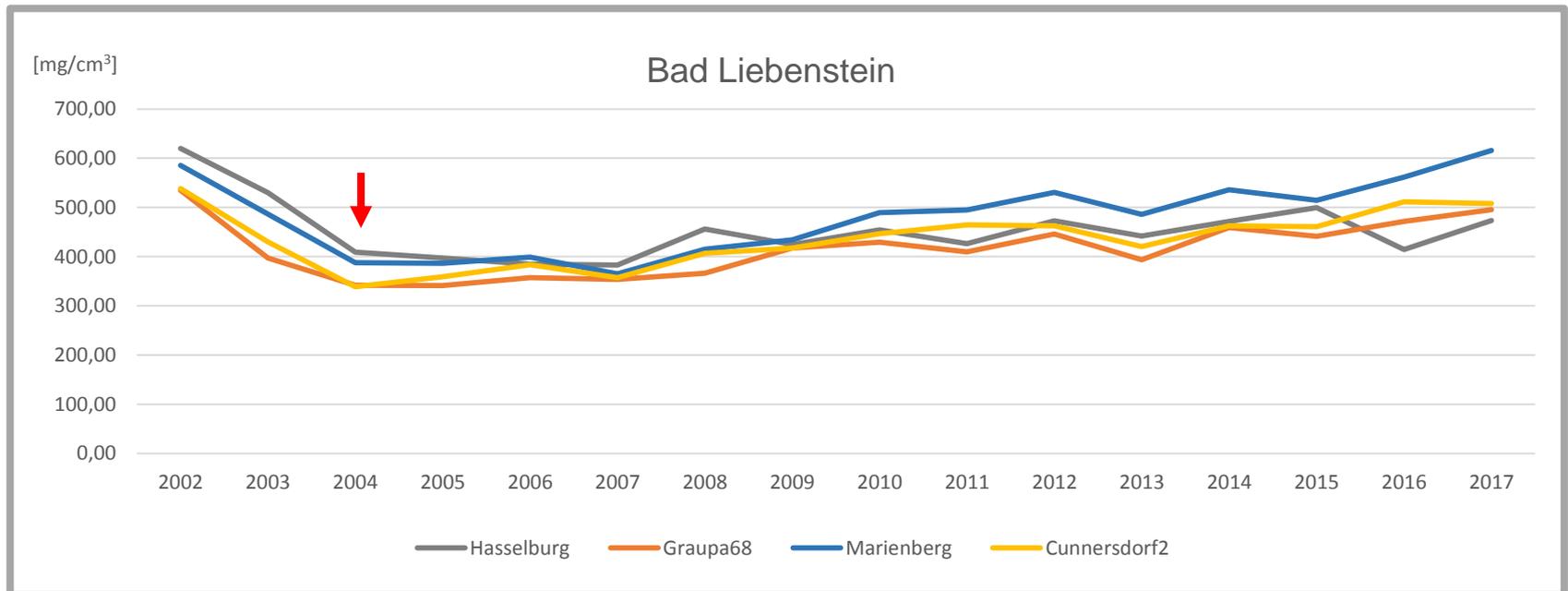


Jahrringbreite (mm)	5,30	5,43	5,33	6,78
Variationskoeff.	0,56	0,66	0,56	0,44

- auf der Fläche Bad Liebenstein im Vergleich zur Fläche Leubnitz höhere Zuwächse der Sorte Graupa68

Jahrringanalyse

► Abgrenzung juveniles/adultes Holz mittels Röntgendichte

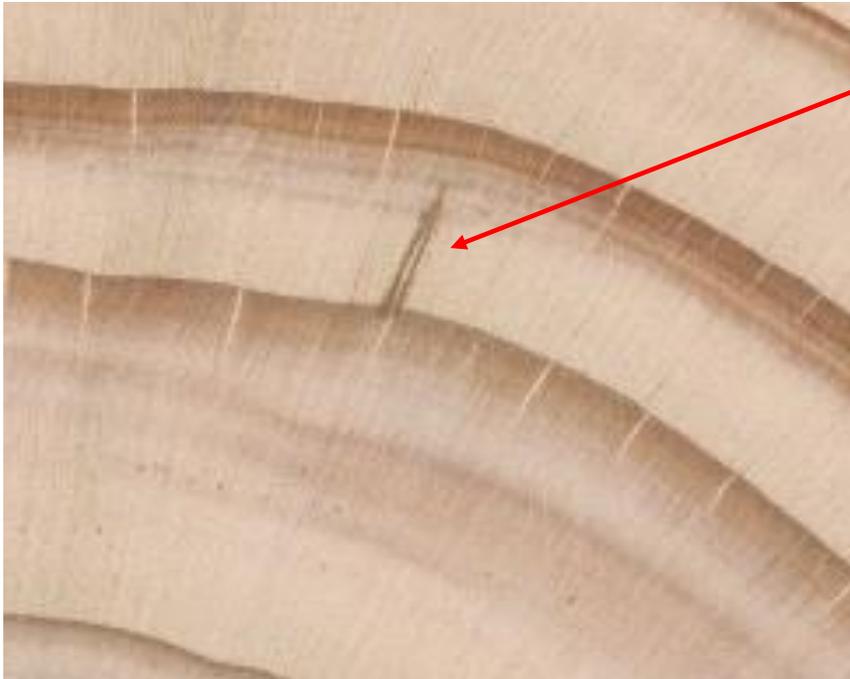




Jahrringanalyse

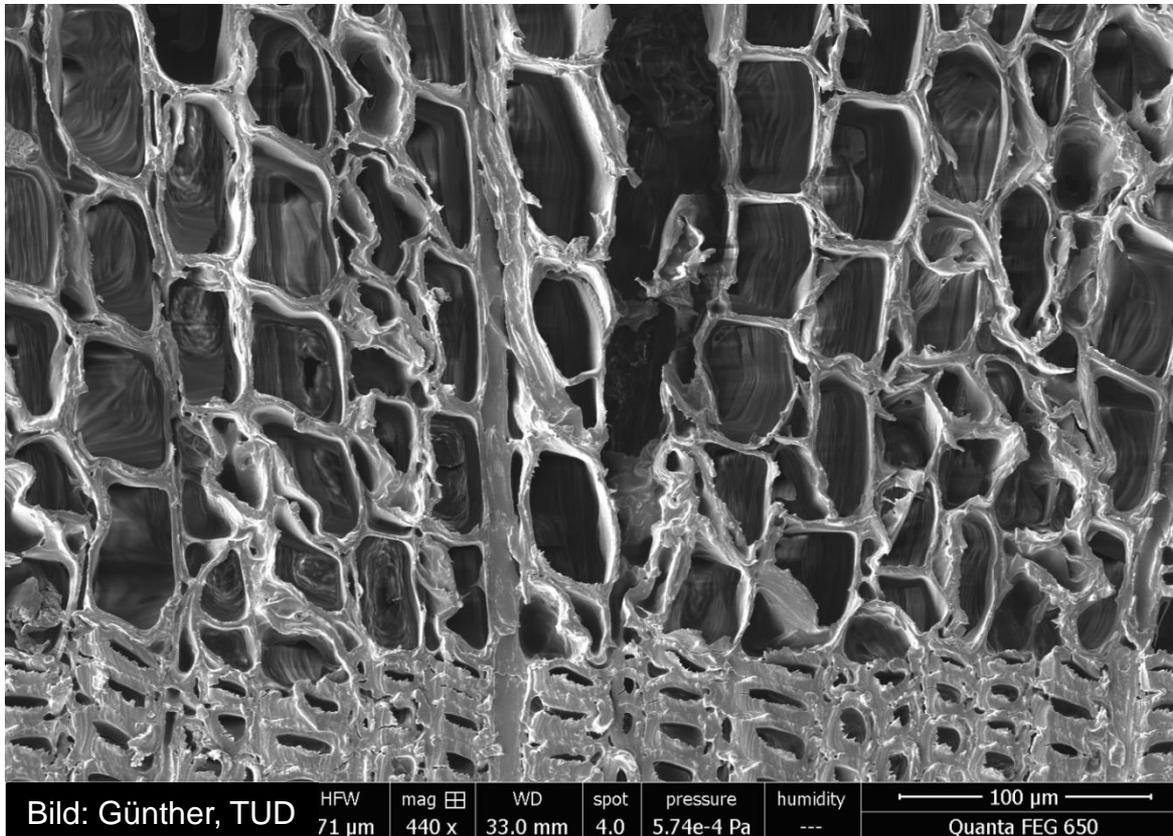
- ▶ Einfluss von Frühholzdichte auf die Häufigkeit von Saugspannungsrisse

Saugspannungsrisse beginnen im Frühholz



Jahrringanalyse

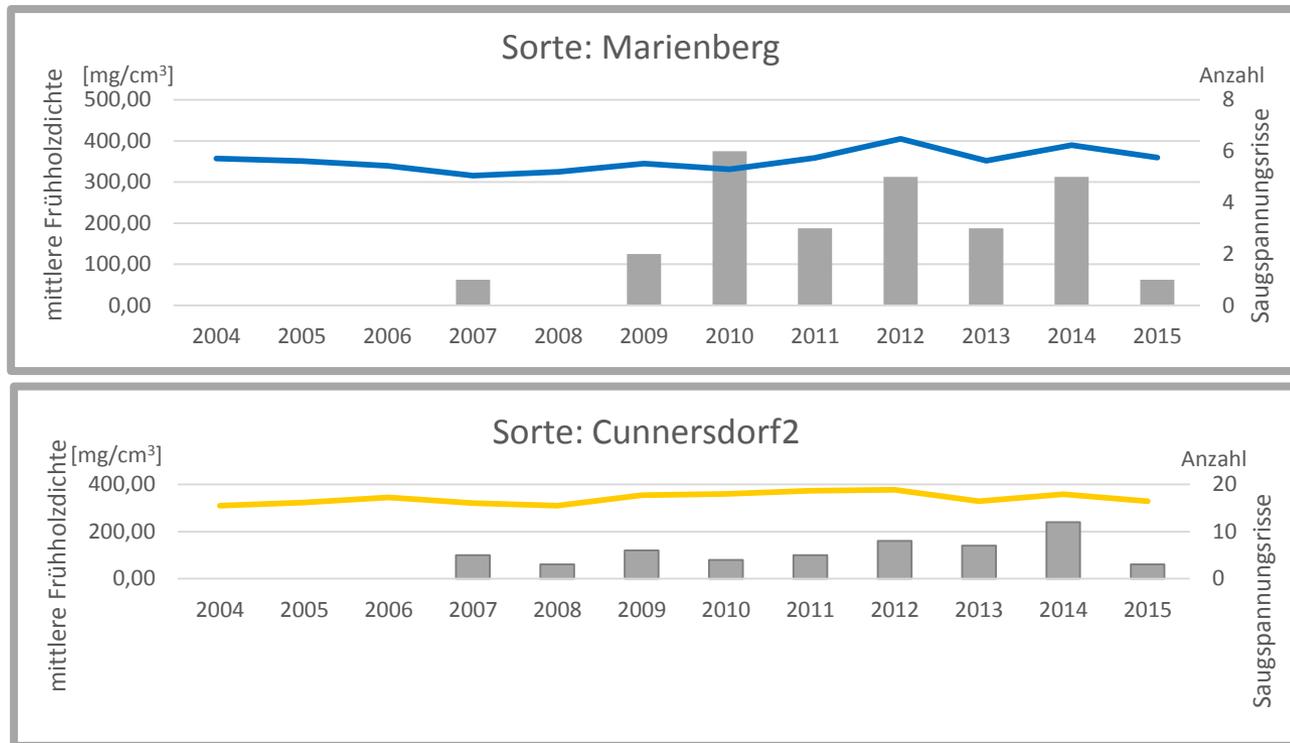
- ▶ Einfluss von Frühholzdichte auf die Häufigkeit von Saugspannungsrisissen





Jahrringanalyse – Vergleich der Sorten

► Einfluss von Frühholzdichte auf die Häufigkeit von Saugspannungsrisse



- kein Zusammenhang zwischen niedriger Frühholzdichte und dem Vorkommen von Saugspannungsrisse

Jahrringanalyse – Zusammenfassung

▶ mittlere Jahrringbreite

- Vergleich der Sorten

Fläche Bad Liebenstein: durchschnittliche Jahrringbreite: 5,4–7,5 mm
signifikante Unterschiede zwischen den Sorten
(Hasselburg < Graupa68 < Marienberg < Cunnersdorf2)

Fläche Leubnitz: durchschnittliche Jahrringbreite: 5,3 mm
keine Unterschiede zwischen den Sorten

- Vergleich der Standorte Graupa68 höhere Zuwächse auf der Fläche Bad Liebenstein

▶ Abgrenzung juveniles/adultes Holz

- keine Abgrenzung juveniles/adultes Holz möglich

▶ Zusammenhang Frühholzdichte und Vorkommen von SSR

- kein Zusammenhang zwischen niedriger Frühholzdichte und dem Vorkommen von SSR

Gliederung

1. Fragestellung
2. Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten und Standorte
3. Jahrringanalyse
4. **Festigkeitsprüfungen (physikalische Eigenschaften)**
 - **Rohdichte**
 - Biegefestigkeit, Biege-E-Modul
 - Druckfestigkeit, Druck-E-Modul
 - Brinell-Härte
5. Zusammenfassung und Ausblick

Festigkeitsprüfungen – Vergleich der Sorten und Standorte

▶ Rohdichte

Merkmal	Sorte	Bad Liebenstein		Leubnitz	
		Mittelwert	Stdw.	Mittelwert	Stdw.
Rohdichte [kg/m ³]	<i>Hasselburg</i>	428,99	30,23	499,06	45,82
	Graupa68	450,03	43,48	497,77	44,92
	Marienberg	447,66	46,92		
	Cunnersdorf2	427,74	37,36		

- Die Sorten Graupa68 und Marienberg besitzen eine höhere Rohdichte als die Sorten Hasselburg und Cunnersdorf2.
- Die Proben der Fläche Bad Liebenstein weisen eine geringere Rohdichte auf als die der Fläche Leubnitz.

Gliederung

1. Fragestellung
2. Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten und Standorte
3. Jahrringanalyse
4. **Festigkeitsprüfungen (physikalische Eigenschaften)**
 - Rohdichte
 - **Biegefestigkeit, Biege-E-Modul**
 - Druckfestigkeit, Druck-E-Modul
 - Brinell-Härte
5. Zusammenfassung und Ausblick

Festigkeitsprüfungen – Vergleich der Sorten

► Biegefestigkeit, Biege-E-Modul

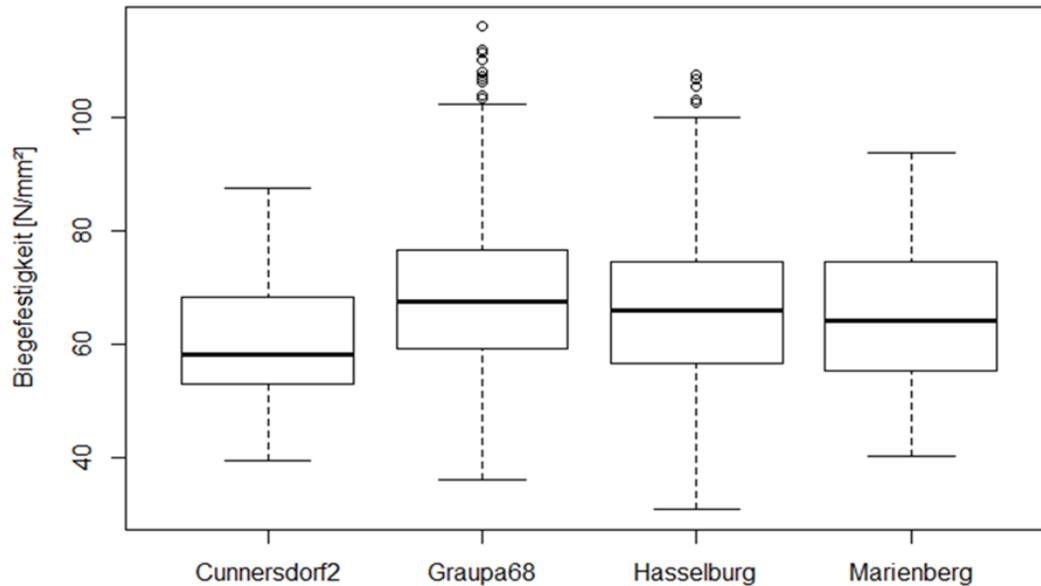
Merkmal	Sorte	Bad Liebenstein		Leubnitz	
		Mittelwert	Stdw.	Mittelwert	Stdw.
Biegefestigkeit [N/mm ²]	<i>Hasselburg</i>	59,63	11,61	72,22	12,96
	Graupa68	67,92	14,08	70,32	12,69
	Marienberg	65,03	12,13		
	Cunnersdorf2	60,45	11,22		
Biege-E-Modul [N/mm ²]	<i>Hasselburg</i>	6.713	1.565	6.845	2.238
	Graupa68	6.927	1.857	6.811	2.231
	Marienberg	7.233	2.231		
	Cunnersdorf2	6.474	1.884		

Biegefestigkeiten sind geringer als Literaturwerte: Vergleichbar mit Fichte

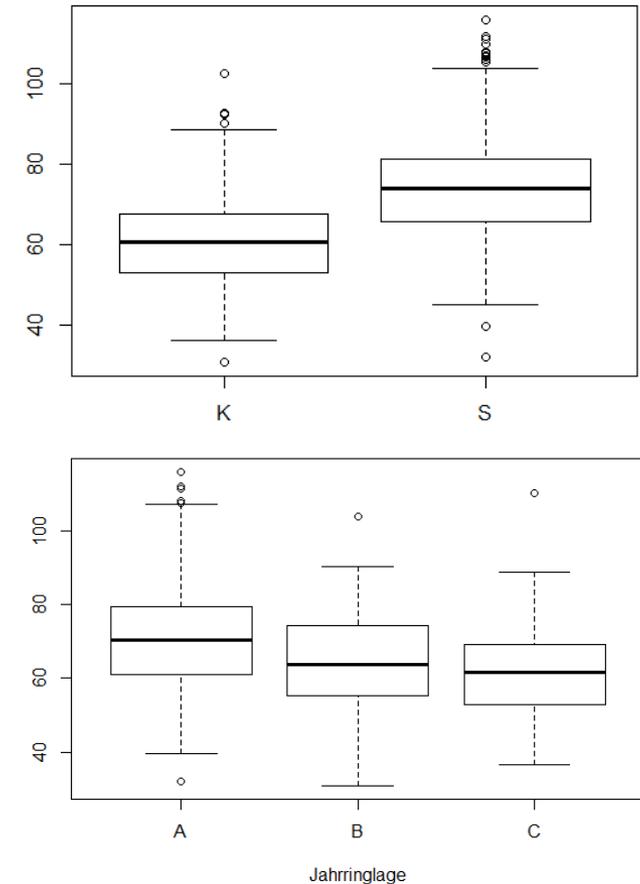
Die Sorten Graupa68 und Marienberg führen zu um ca. 3-6 N/mm² höhere Biegefestigkeiten (Tendenz bei E-Moduln ähnlich).

Festigkeitsprüfungen – Vergleich der Sorten

► Biegefestigkeit: Einflussfaktoren

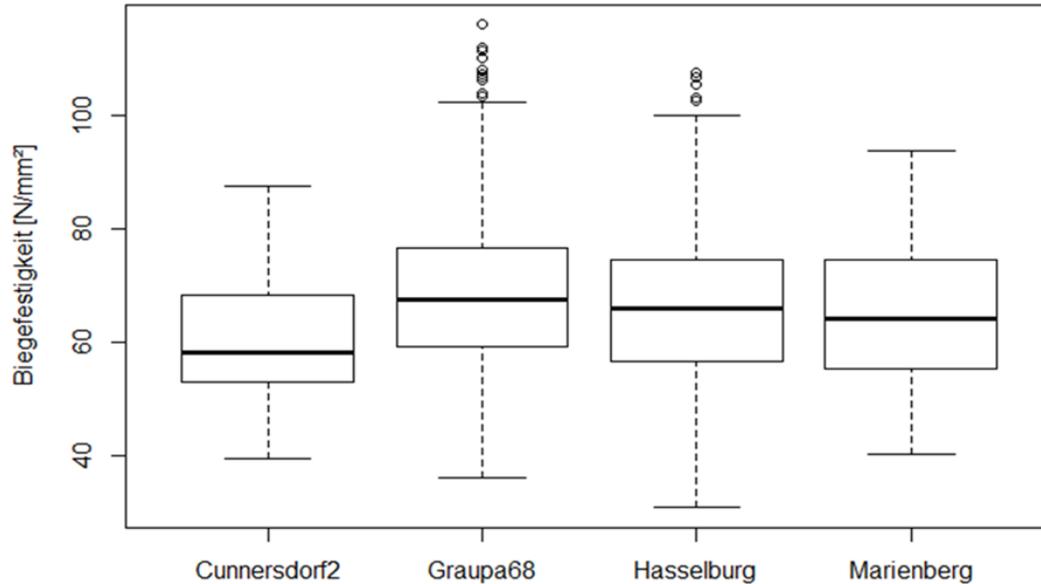


Die Jahrringlage beeinflusst die Biegefestigkeit deutlich:
Eine stark abweichende Jahrringlage vom Soll führt zu
einem Festigkeitsverlust um ca. 10 N/mm².

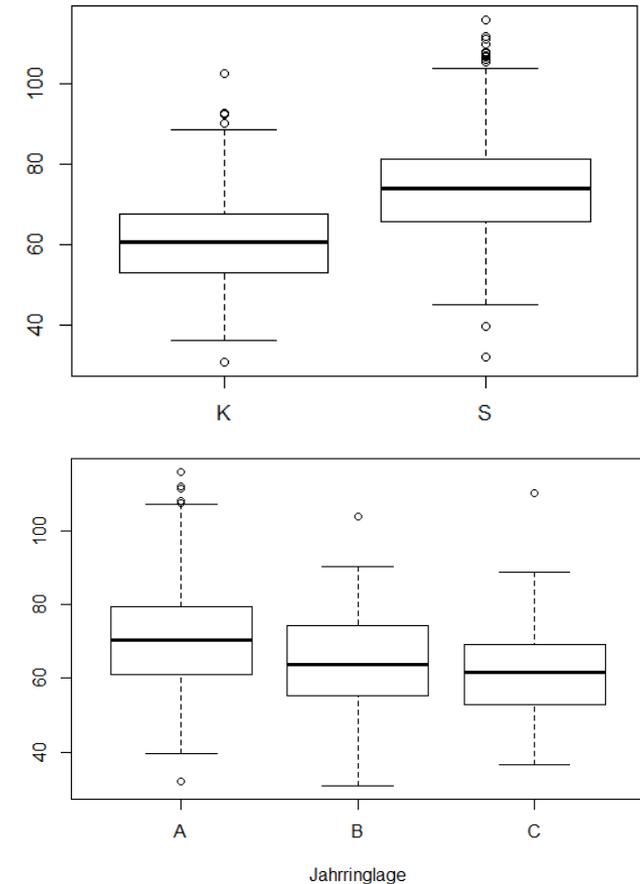


Festigkeitsprüfungen – Vergleich der Sorten

► Biegefestigkeit: Einflussfaktoren



...aber auch völlig fehlerfreie Proben weisen durchschnittlich nur Festigkeiten von ca. 75 N/mm² auf.



Festigkeitsprüfungen – Vergleich der Sorten

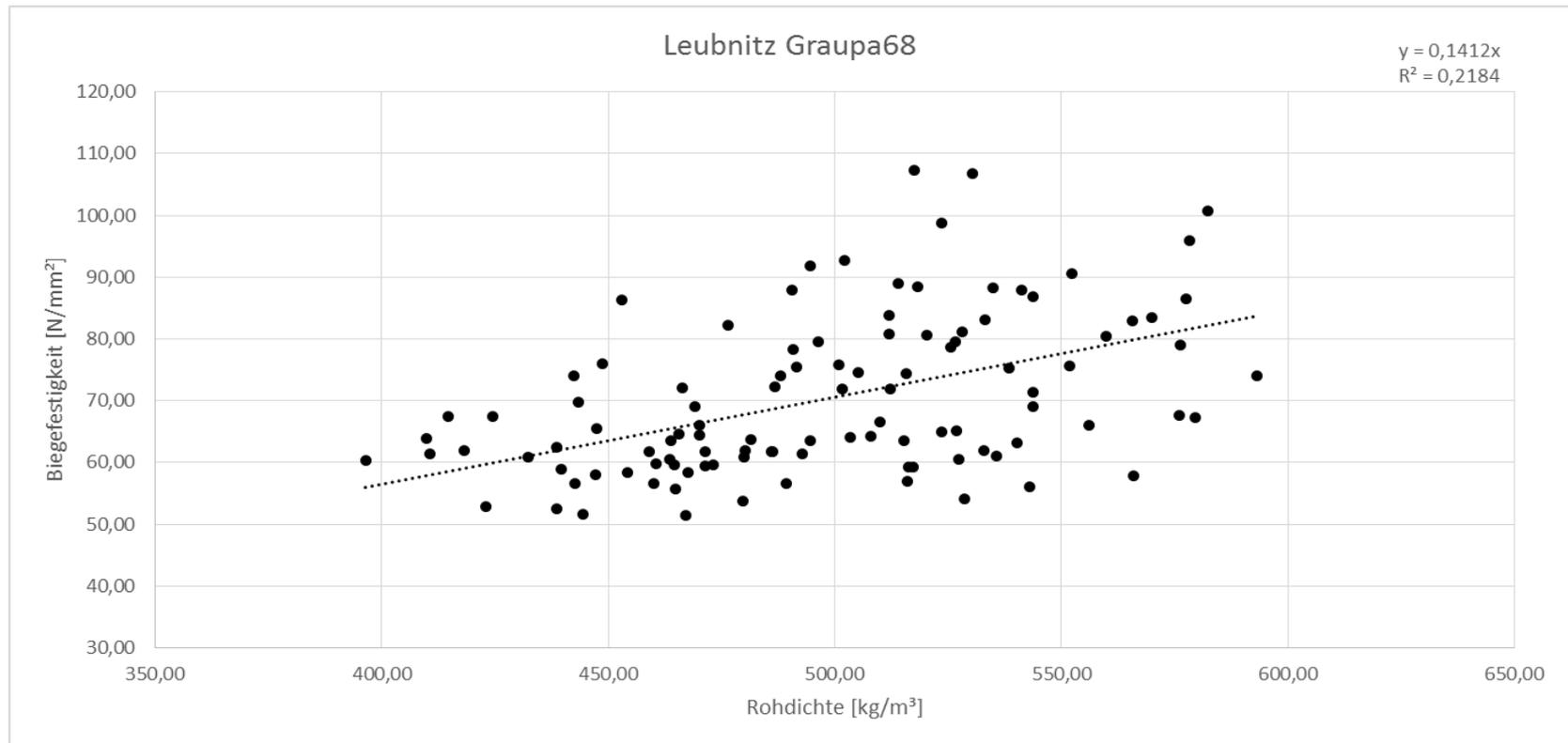
- ▶ Zusammenhang zwischen Rohdichte und Biegefestigkeit



Materialbedingt traten viele Holzfehler auf (Jahrringverlauf, Saugspannungsrisse, Äste) – auch mehrfach an einem Prüfkörper und an annähernd jedem Prüfkörper.

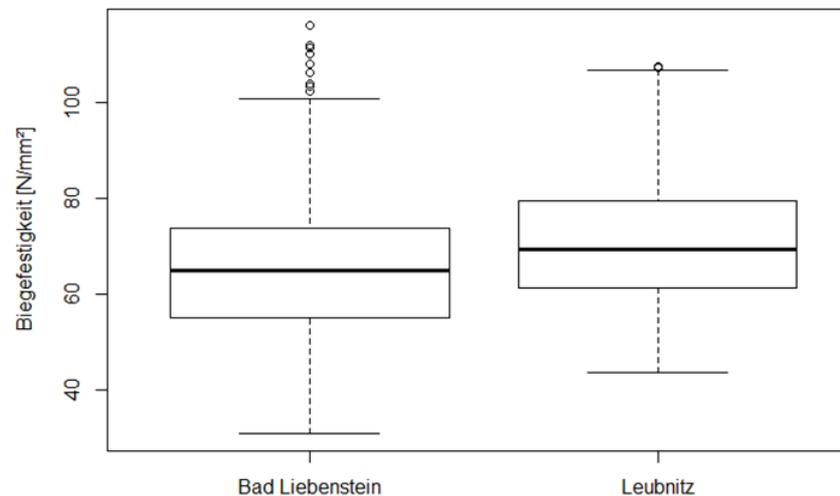
Festigkeitsprüfungen – Vergleich der Sorten

- ▶ Zusammenhang zwischen Rohdichte und Biegefestigkeit ist durchgängig schwach



Festigkeitsprüfungen – Vergleich der Standorte

► Biegefestigkeit, Biege-E-Modul



- In Leubnitz: Biegefestigkeiten von 43,65 N/mm² (min: Hass.) bis 107,64 N/mm² (max: Hass.)
E-Moduln von 1.367 N/mm² (min: Hass.) bis 12.382 N/mm² (max: Grau.)
- In Bad Liebenstein: Biegefestigkeiten von 30,81 N/mm² (min: Hass.) bis 116,09 N/mm² (max: Grau.)
E-Moduln von 2.539 N/mm² (min: Marien.) bis 13.693 N/mm² (max: Grau.)

Die Fläche Leubnitz bedingt höhere Biegefestigkeiten um ca. 5 N/mm² im Vergleich zu Bad Liebenstein.

Gliederung

1. Fragestellung
2. Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten und Standorte
3. Jahrringanalyse
4. **Festigkeitsprüfungen (physikalische Eigenschaften)**
 - Rohdichte
 - Biegefestigkeit, Biege-E-Modul
 - **Druckfestigkeit, Druck-E-Modul**
 - Brinell-Härte
5. Zusammenfassung und Ausblick

Festigkeitsprüfungen – Vergleich der Sorten

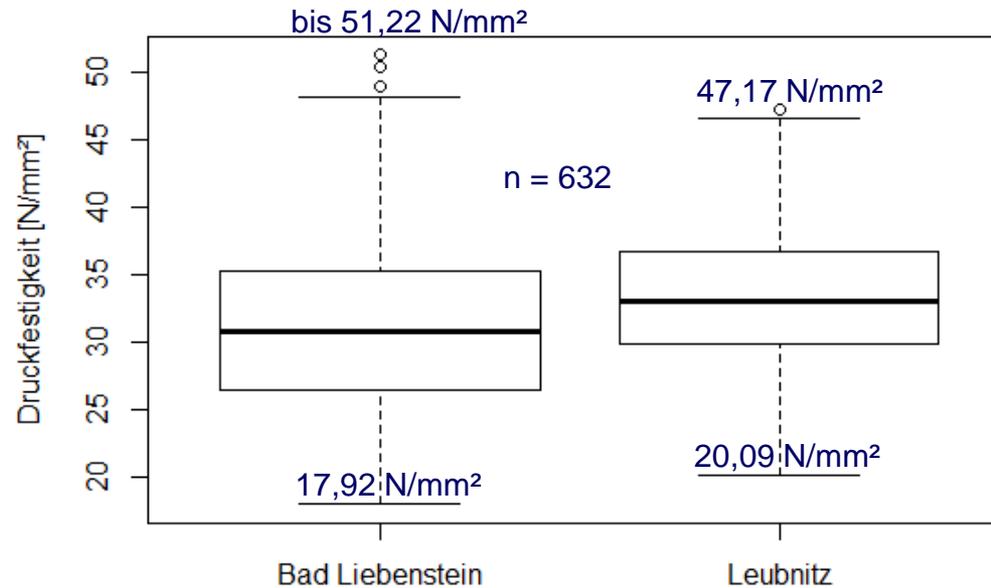
► Druckfestigkeit, Druck-E-Modul

Merkmal	Sorte	Bad Liebenstein		Leubnitz	
		Mittelwert	Stdw.	Mittelwert	Stdw.
Druckfestigkeit [N/mm ²]	<i>Hasselburg</i>	32,75	5,07	34,25	4,78
	Graupa68	32,49	6,11	32,58	5,66
	Marienberg	28,12	5,99	-	-
	Cunnersdorf2	25,52	4,16	-	-
E-Modul [N/mm ²]	<i>Hasselburg</i>	1498	298	1305	232
	Graupa68	1640	305	1291	272
	Marienberg	1371	474	-	-
	Cunnersdorf2	1396	415	-	-

- Festigkeiten geringer als Literaturwerte
- Die Sorten *Hasselburg* und Graupa68 durchschnittlich höher

Festigkeitsprüfungen – Vergleich der Standorte

► Druckfestigkeit, Druck-E-Modul



- Auf Fläche Leubnitz geringfügig höhere Druckfestigkeiten (nicht signifikant)

Gliederung

1. Fragestellung
2. Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten und Standorte
3. Jahrringanalyse
4. **Festigkeitsprüfungen (physikalische Eigenschaften)**
 - Rohdichte
 - Biegefestigkeit, Biege-E-Modul
 - Druckfestigkeit, Druck-E-Modul
 - **Brinell-Härte**
5. Zusammenfassung und Ausblick

Festigkeitsprüfungen – Vergleich der Sorten

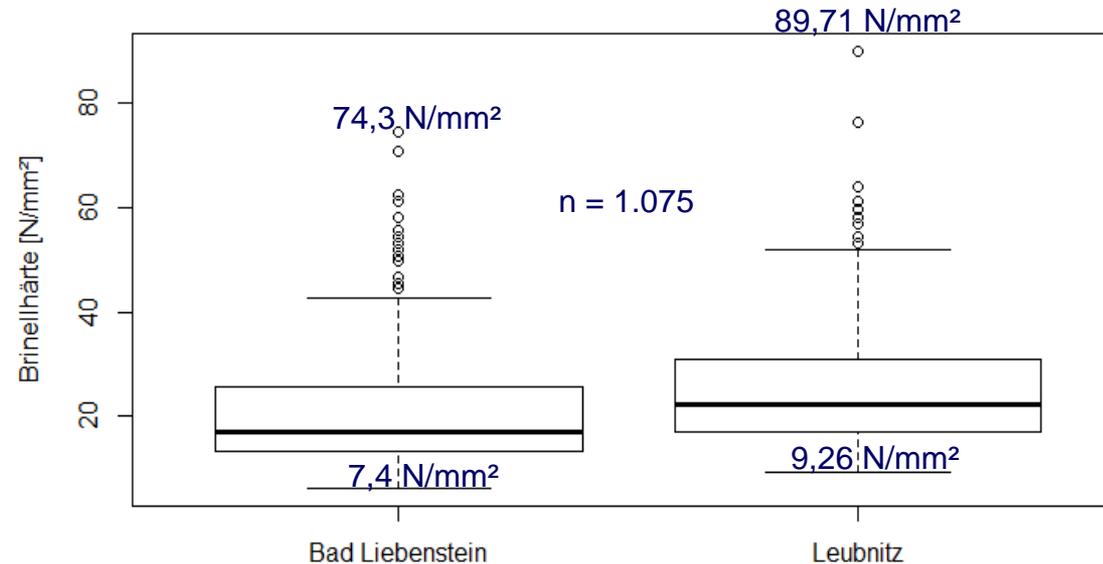
► Brinell-Härte

Merkmal	Sorte	Bad Liebenstein		Leubnitz	
		Mittelwert	Stdw.	Mittelwert	Stdw.
Brinellhärte longitudinal [N/mm ²]	<i>Hasselburg</i>	44,55	9,37	42,56	10,68
	Graupa68	39,25	14,3	49,04	12,27
	Marienberg	32,5	7,77	-	
	Cunnersdorf2	33,52	8,37	-	
Brinellhärte radial [N/mm ²]	<i>Hasselburg</i>	17,38	5,21	19,72	7,91
	Graupa68	20,28	6,16	20,16	7,28
	Marienberg	14,03	4,6	-	
	Cunnersdorf2	13,02	4,48	-	
Brinellhärte tangential [N/mm ²]	<i>Hasselburg</i>	15,96	3,66	22,76	6,74
	Graupa68	18,08	5,57	22,64	6,16
	Marienberg	15,52	2,85	-	
	Cunnersdorf2	13,61	4,25	-	

Tendenziell führen die Sorten Graupa68 und Hasselburg zu 4-6 N/mm² höheren Härtewerten als Cunnersdorf2 und Marienberg.

Festigkeitsprüfungen – Vergleich der Standorte

► Brinell-Härte



- Auf Fläche Leubnitz ca. 4 N/mm² höhere Härtewerte
- Tendenziell ist Flächeneinfluss deutlicher als Sorteneinfluss

Festigkeitsprüfungen – Zusammenfassung

▶ Vergleich der Sorten

Mechanische Kennwerte	Bad Liebenstein	Leubnitz	allgemein
Biegefestigkeit Biege-E-Modul Rohdichte	Graupa68 und Marienberg weisen höhere Werte auf	die Werte der Referenz (Hasselburg) und des Hybriden Graupa68 ähneln sich	generell geringe Festigkeitswerte Holzfehler (z.B. SSR-Problematik)
Druckfestigkeit Druck-E-Modul	Hasselburg und Graupa68 haben höhere Werte		haben vermutlich Einfluss auf Festigkeiten (Graupa68)
Brinellhärte	Hasselburg und Graupa68 sind Cunnersdorf2 und Marienberg überlegen	Graupa68 erzielte teilweise ein besseres Ergebnis als die Referenz (Hasselburg) – trotz größeren Zuwächsen	

Festigkeitsprüfungen – Zusammenfassung

▶ Vergleich der Standorte

Mechanische Kennwerte	Vergleich
Biegefestigkeit Biege-E-Modul Rohdichte	Die Proben der Fläche Bad Liebenstein zeigten geringere Rohdichten und Festigkeiten (vermutlich zuwachsbedingt) Der Einfluss der Standorte ist deutlicher als der der Sorten
Druckfestigkeit Druck-E-Modul	Auf beiden untersuchten Flächen erreichen die Proben ähnliche Werte
Brinellhärte	Tendenziell ist der Standorteinfluss deutlicher als der Sorteneinfluss

Gliederung

1. Fragestellung
2. Rundholzsortierung – Vergleich der Sorten und Standorte
3. Jahrringanalyse
4. Festigkeitsprüfungen (physikalische Eigenschaften)
 - Rohdichte
 - Biegefestigkeit, Biege-E-Modul
 - Druckfestigkeit, Druck-E-Modul
 - Brinell-Härte
5. **Zusammenfassung und Ausblick**

Zusammenfassung und Ausblick

▶ Gibt es Unterschiede zwischen der Referenz „Europäische Lärche“ und den schnellwachsenden „Hybrid-Lärchen“?

Es gibt Unterschiede zwischen den Lärchenhybriden und der Referenz.

- Graupa68 zeigt bei höheren Zuwächsen gleiche Eigenschaften wie die Referenz
- Marienberg und Cunnersdorf2 zeigen bei höheren Zuwächsen schlechtere Eigenschaften im Vergleich zur Referenz

▶ Gibt es Unterschiede bzgl. der Standorte Bad Liebenstein und Leubnitz?

Es gibt Unterschiede bzgl. der Standorte Bad Liebenstein und Leubnitz.

- weiterführende Untersuchungen sind notwendig

▶ es erfolgten keine üblichen waldbaulichen Maßnahmen → Verbesserungspotential vorhanden

▶ älteres Versuchsmaterial wäre vorteilhaft (Einfluss Juvenilität)



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**



Fakultät Umweltwissenschaften, Fachrichtung Forstwissenschaften

Institut für Forstnutzung und Forsttechnik, Professur für Forstnutzung

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit !