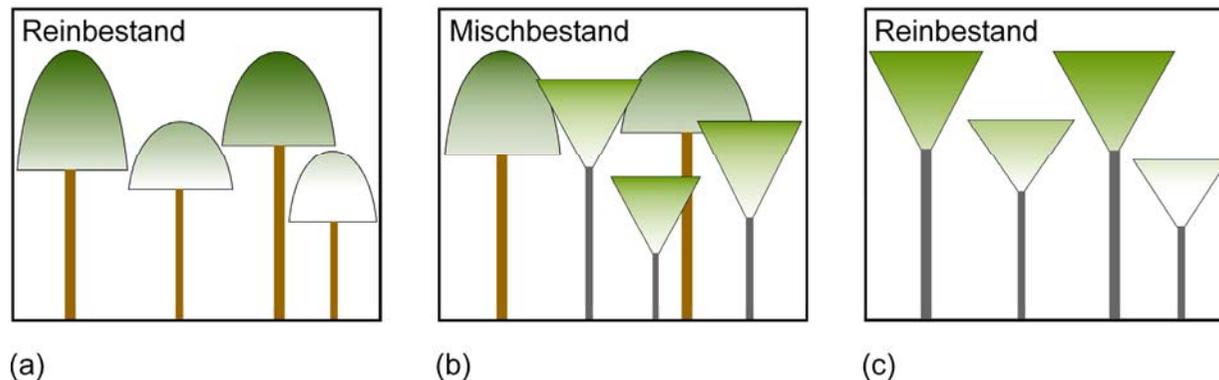


Effekt der Mischung auf die Bestandesstruktur, die Dichte und das Ertragsniveau von Waldbeständen

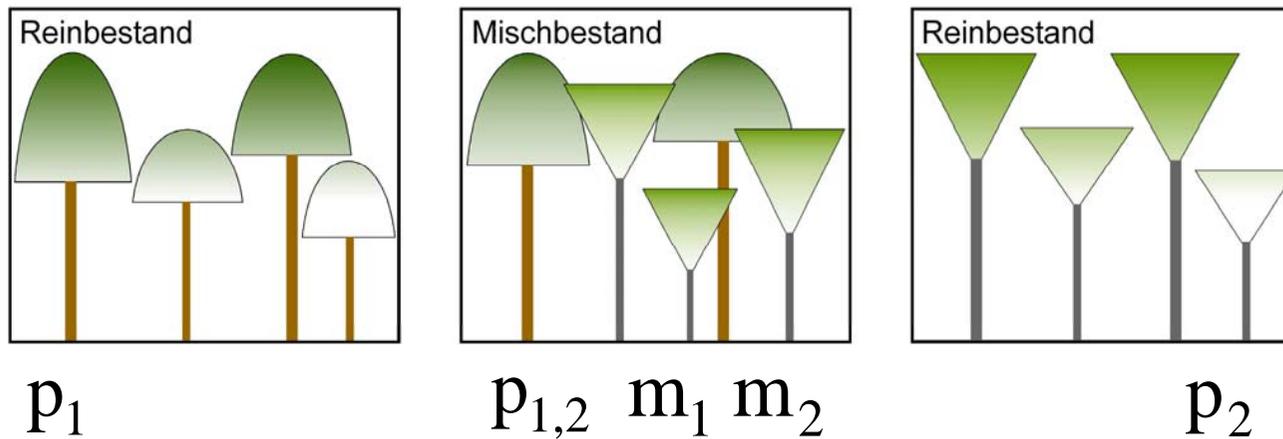
Hans Pretzsch

Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Technische Universität München
<http://www.forestgrowth.wzw.tum.de/presentations.html>



Strukturelle und funktionelle Komplementarität: plastische/unplastische Krone, Flach-/Tiefwurzler, Licht-/Schattenbaumart, schnell-/langsamwüchsig Nadel-/Laubholz, stickstoff-bindened/nicht stickstoff-bindened...

Vergleich von Mischbeständen mit Reinbeständen. Methodischer Ansatz

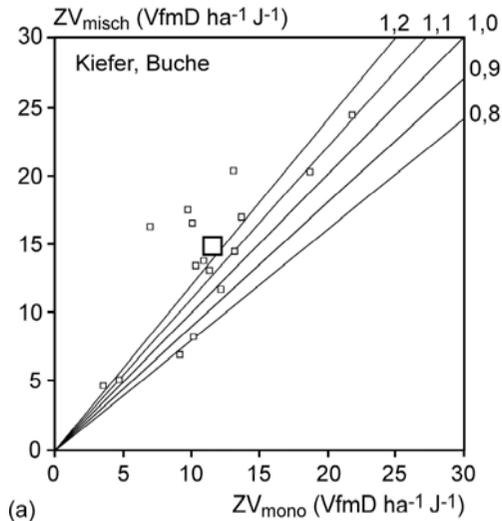


$$\hat{p}_{1,2} = p_1 m_1 + p_2 m_2$$

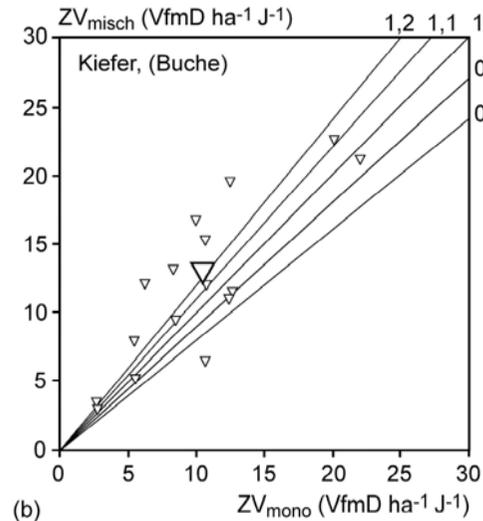
$$RP_{1,2} = \frac{p_{1,2}}{m_1 \times p_1 + m_2 \times p_2}$$

$$RP_{1,(2)} = pp_{1,(2)} / m_1 / p_1 \quad RP_{(1),2} = pp_{(1),2} / m_2 / p_2$$

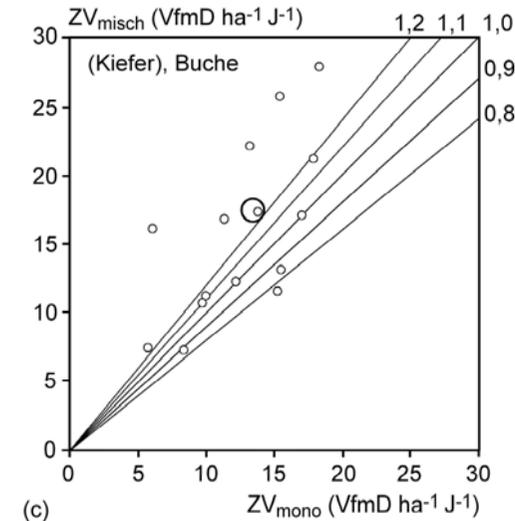
Zuwachs von Kiefer/Buche, Kiefer und Buche im Misch- vs. Reinbestand in Mitteleuropa



Gesamt + 30 %



Ki, (Bu) + 27 %



(Ki), Bu + 32 %

Mittelwert über Triplets in ganz Europa

Gesamt + 8 %

Ki, (Bu) + 10 %

(Ki), Bu + 9 %

Übersicht über Mehrzuwächse in Mischbeständen

Werte aus

Studie Gritti et al. (2016), weltweit

77 Versuche, mittlerer Effekt: **+ 18 %**

Studie Zhang et al. (2012), boreal und temperiert

54 Versuche, mittlerer Effekt: **+ 23.7 %**

Werte aus eigenen Untersuchungen in Deutschland 140 triplets:

Baumarten- kombination	Fichte/ Buche	Kiefer/ Buche	Eiche/ Buche	Buche/ Dougl.	Kiefer/ Fichte	Lärche/ Fichte	Fichte/ Tanne	Mittel
Erhöhung (± SE) in %	21 (± 3)	30 (± 9)	20 (± 3)	11 (± 8)	21 (± 11)	25 (± 6)	13 (± 6)	
Korrektur- faktor	1.10	1.20	1.10	1.10	1.20	1.20	1.10	1.10

Effekt der Mischung auf die Bestandesstruktur, die Dichte und das Ertragsniveau von Waldbeständen

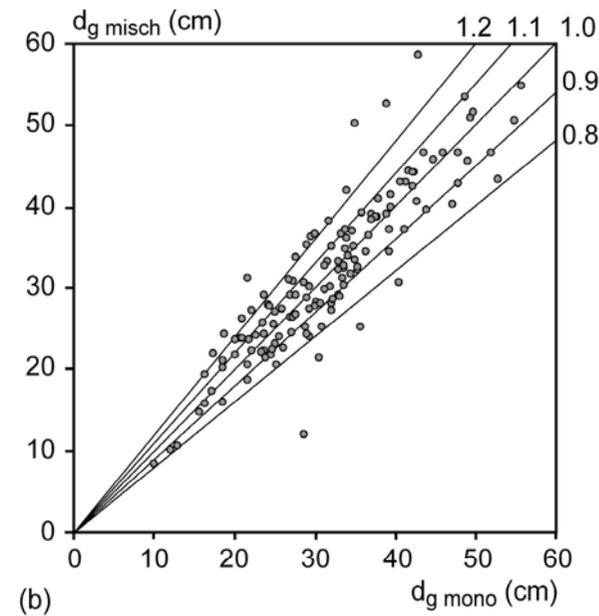
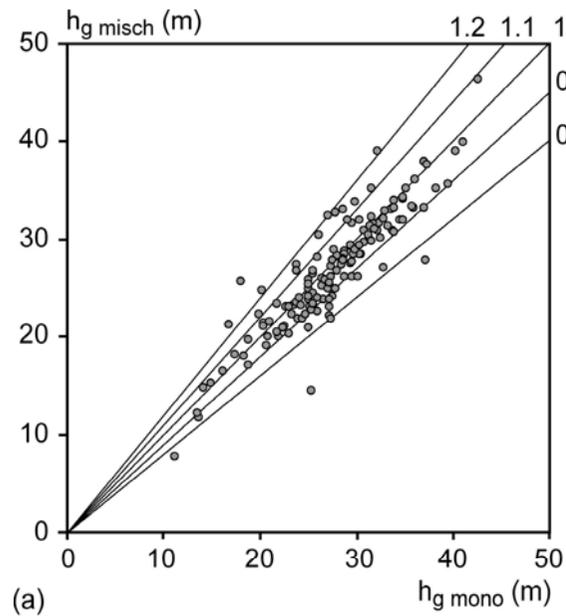
- 1 Vergleich der mittleren Stammdimensionen h_g , d_g , misch vs. rein
- 2 Vergleich der Bestandesdichten, N , G , SDI , V
- 3 Eichhorn'sche Beziehung, $V=f(h_g)$, und Ertragsniveau, $GWL=f(h_g)$, in Mischung im Vergleich zum Reinbestand

Datenbasis: Langfristige Versuchsflächen

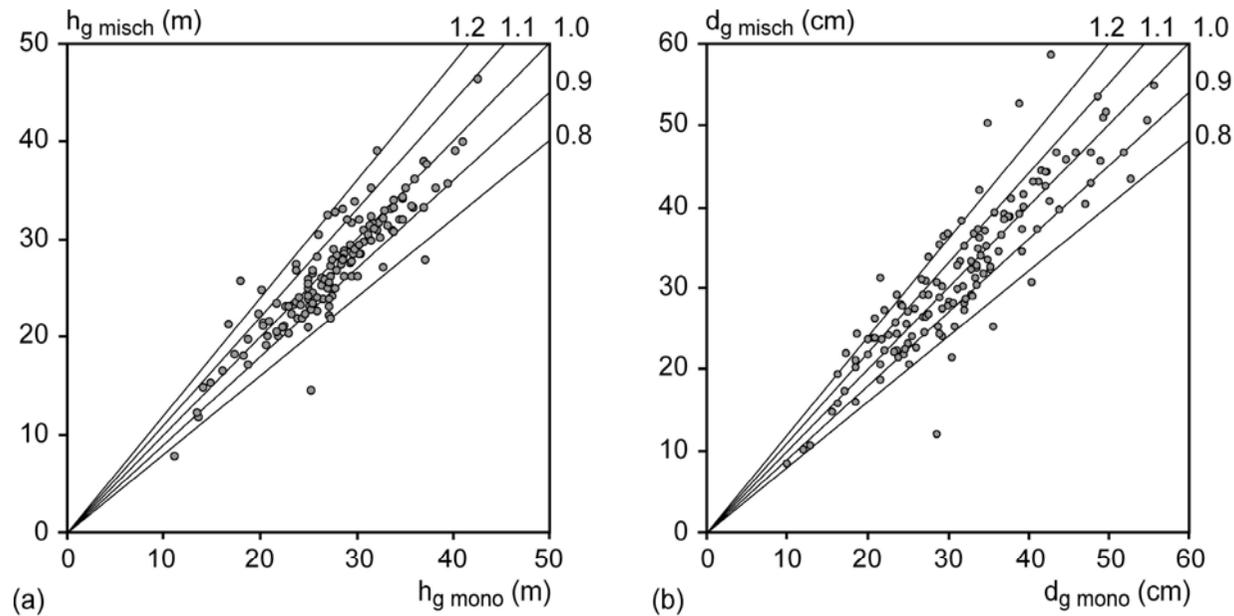
Allershausen 1012, Alzenau 1015, Arnstein 1021, Bischbrunn 311, Bodenwöhr 1011, Daun 1005, Dießen 777, Ebersberg 1044, EuMixFor 1004, 1031, 1032, 1033, 1036, 1037, 1040, 1042, 1043, 1044, 1045, 1047, 1051, 1052, 1054, 1057, 1063, 1070, Freising 1023, Geisenfeld 1016, Gemünden 871, Hain 27, Schlanders/Vinschgau 1000, 2000, 3000, Hirschwald 1006, Kelheim 1022, Kreuth 122, Krumbach 861, Mitterteich 101, Neuburg 841, Pfalz 1007, Ramingstein-Thomatal/Lungau 1-11, Rothenbuch 313 334, Rohrbrunn 90, Rohrbrunn 620, Rohrmoos 107, Sachsenried 607, Selb 1013, Schongau 814, Spessart 1003, Starnberg 91, Traunstein 1025, Waldbrunn 105, 106, Waldleinigen 1001, Waldsassen 1024, Weiden 1014, Wieda 114, Wolfratshausen 97, Würzburg, 1002 und Zwiesel 111, 134, 135

Artenkombinationen und insgesamt	Anzahl n	mittl. Alter Jahre	Bonität h_{A80} m	h_g m	d_g cm	N Bäume ha ⁻¹	G m ² ha ⁻¹	V m ³ ha ⁻¹
<i>Artenkombinationen</i>								
Fichte/Tanne	8	113	27,3	33,5	44,9	361	53,0	777
Fichte/Kiefer	7	74	26,7	25,2	27,0	999	49,4	598
Fichte/Lärche	10	110	22,0	24,5	30,6	910	59,1	752
Fichte/Buche	52	86	28,2	28,7	33,1	537	43,7	532
Fichte/Erle	3	52	28,0	20,3	22,4	1.929	48,2	493
Kiefer/Buche	17	74	27,0	23,8	27,0	915	36,3	415
Lärche/Buche	1	64	30,3	26,2	28,4	487	29,4	385
Buche/Eiche	24	83	26,2	25,8	30,3	418	23,6	329
Buche/Douglasie	19	64	36,4	28,7	35,6	915	49,1	707
<i>insgesamt</i>								
Minimalwert		25	10,6	7,3	7,8	62	7,7	35
Mittelwert		80	28,0	26,3	31,0	830	43,5	554
Maximalwert		241	52,0	50,5	83,2	5.000	123,5	2.071

1 Effekt der Mischung auf die Mittelhöhe h_g und den Durchmesser des Grundflächenmittelstammes, d_g



1 Effekt der Mischung auf die Mittelhöhe h_g und den Durchmesser des Grundflächenmittelstammes, d_g



Variablen	Einheit	Stich- probe n	Gruppenmittelwerte (\pm SE)		Quotient
			misch	mono	misch/mono (\pm SE)
<i>mittlere Stammdimensionen</i>					
h_g	m	141	29,25 (\pm 0,52)	29,85 (\pm 0,50)	0,98* (\pm 0,008)
d_g	cm	141	32,10 (\pm 0,88)	32,18 (\pm 0,85)	1,01 (\pm 0,100)
v_g	m ³	141	1,36 (\pm 0,09)	1,37 (\pm 0,09)	1,05 (\pm 0,033)

1 Effekt der Mischung auf die Mittelhöhe h_g und den Durchmesser des Grundflächenmittelstammes, d_g

Variablen	Artenkombination	n	Art 1 misch/mono (\pm SE)	Art 2 misch/mono (\pm SE)	Gesamtbestand misch/mono (\pm SE)
<i>Mittelhöhe h_g (m)</i>					
	Fichte/Kiefer	7	0,86 (\pm0,06)	1,05 (\pm 0,03)	0,94 (\pm 0,04)
	Fichte/Lärche	10	0,71 (\pm 0,31)	1,07 (\pm 0,10)	0,95 (\pm 0,10)
	Fichte/Buche	52	1,01 (\pm 0,01)	0,99 (\pm 0,02)	1,00 (\pm 0,01)
	Kiefer/Buche	17	1,04 (\pm 0,03)	0,97 (\pm 0,05)	1,01 (\pm 0,04)
	Eiche/Buche	24	0,98 (\pm 0,01)	0,90 (\pm0,02)	0,95 (\pm0,01)
<i>Mitteldurchmesser d_g (cm)</i>					
	Fichte/Kiefer	7	0,82 (\pm 0,09)	1,03 (\pm 0,03)	0,89 (\pm 0,05)
	Fichte/Lärche	10	0,74 (\pm 0,21)	1,11 (\pm 0,08)	1,08 (\pm 0,13)
	Fichte/Buche	52	1,12 (\pm0,02)	0,95 (\pm0,02)	1,05 (\pm 0,02)
	Kiefer/Buche	17	1,13 (\pm0,06)	0,94 (\pm 0,04)	1,04 (\pm 0,04)
	Eiche/Buche	24	0,94 (\pm0,02)	0,95 (\pm 0,03)	0,95 (\pm0,02)

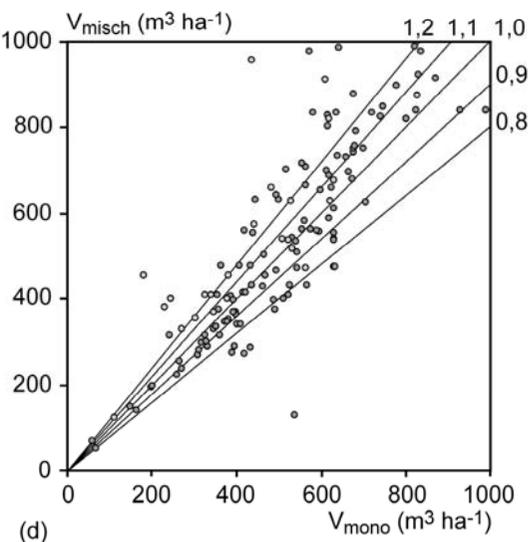
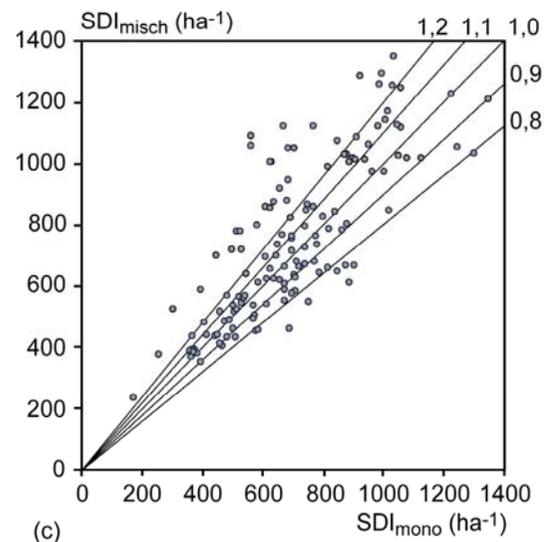
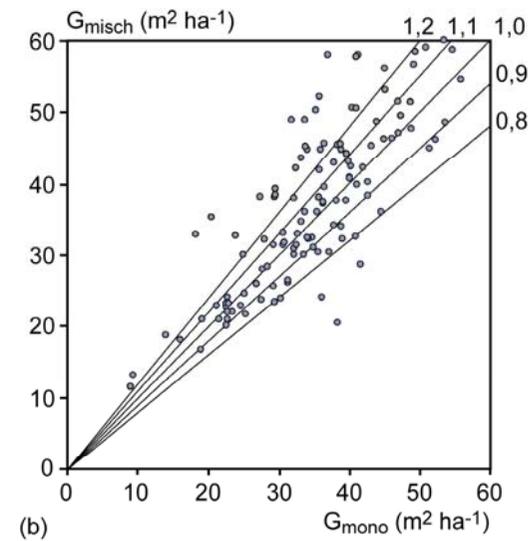
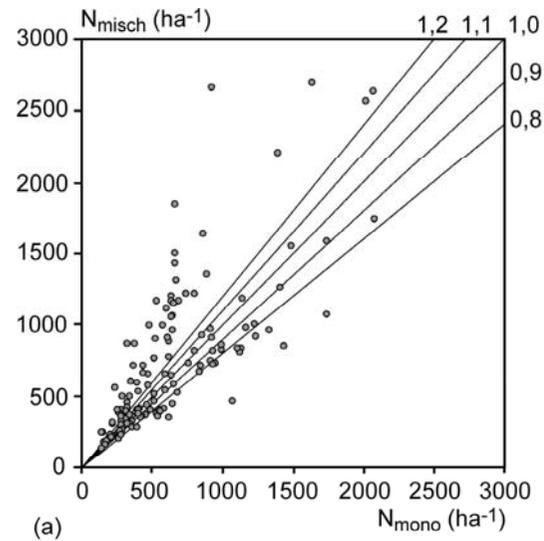
1 Effekt der Mischung auf die Mittelhöhe h_g und den Durchmesser des Grundflächenmittelstammes, d_g

Variablen	Artenkombination	n	Art 1 misch/mono (± SE)	Art 2 misch/mono (± SE)	Gesamtbestand misch/mono (± SE)
-----------	------------------	---	-------------------------------	-------------------------------	---------------------------------------

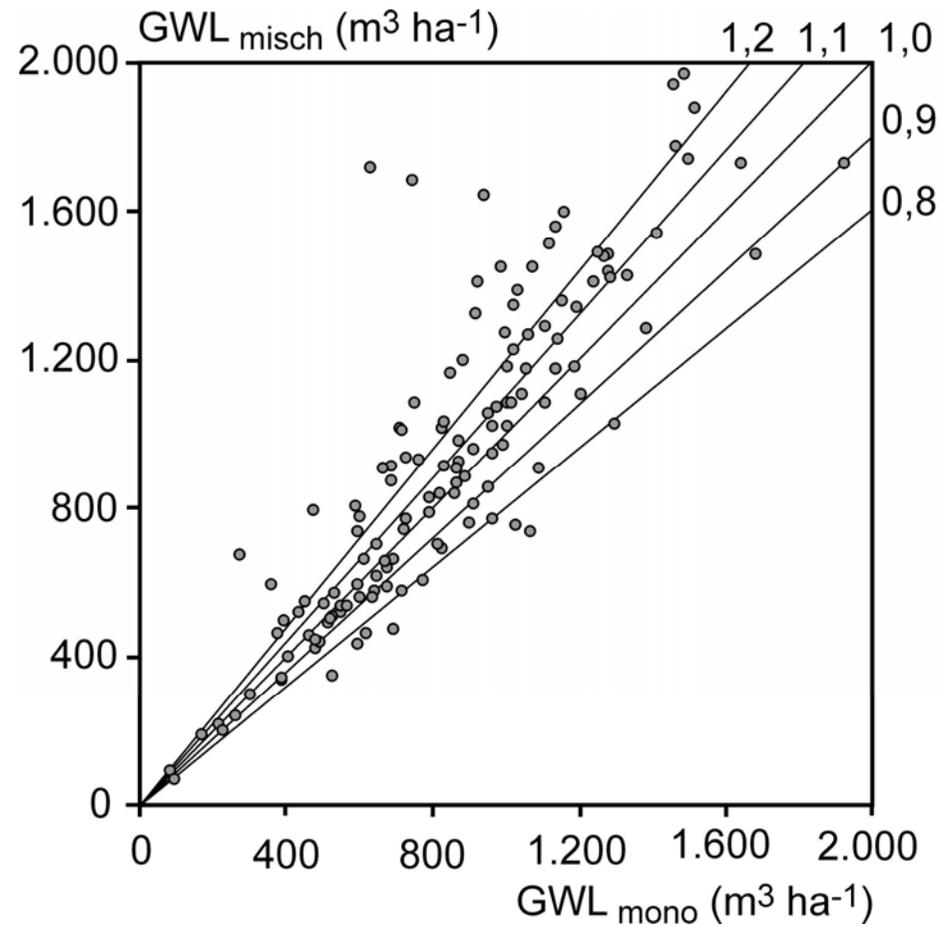
- Mittelhöhe und Mitteldurchmesser in Mischung:
- durchschnittlich kaum verändert gegenüber Reinbeständen
 - Vorteil von Art 1 kompensiert Nachteil von Art 2

Fichte/Buche	52	1,12 (±0,02)	0,95 (±0,02)	1,05 (±0,02)
Kiefer/Buche	17	1,13 (±0,06)	0,94 (±0,04)	1,04 (±0,04)
Eiche/Buche	24	0,94 (±0,02)	0,95 (±0,03)	0,95 (±0,02)

2 Erhöhung von Dichte und Vorrat in Mischbeständen resultiert primär aus höheren Baumzahlen



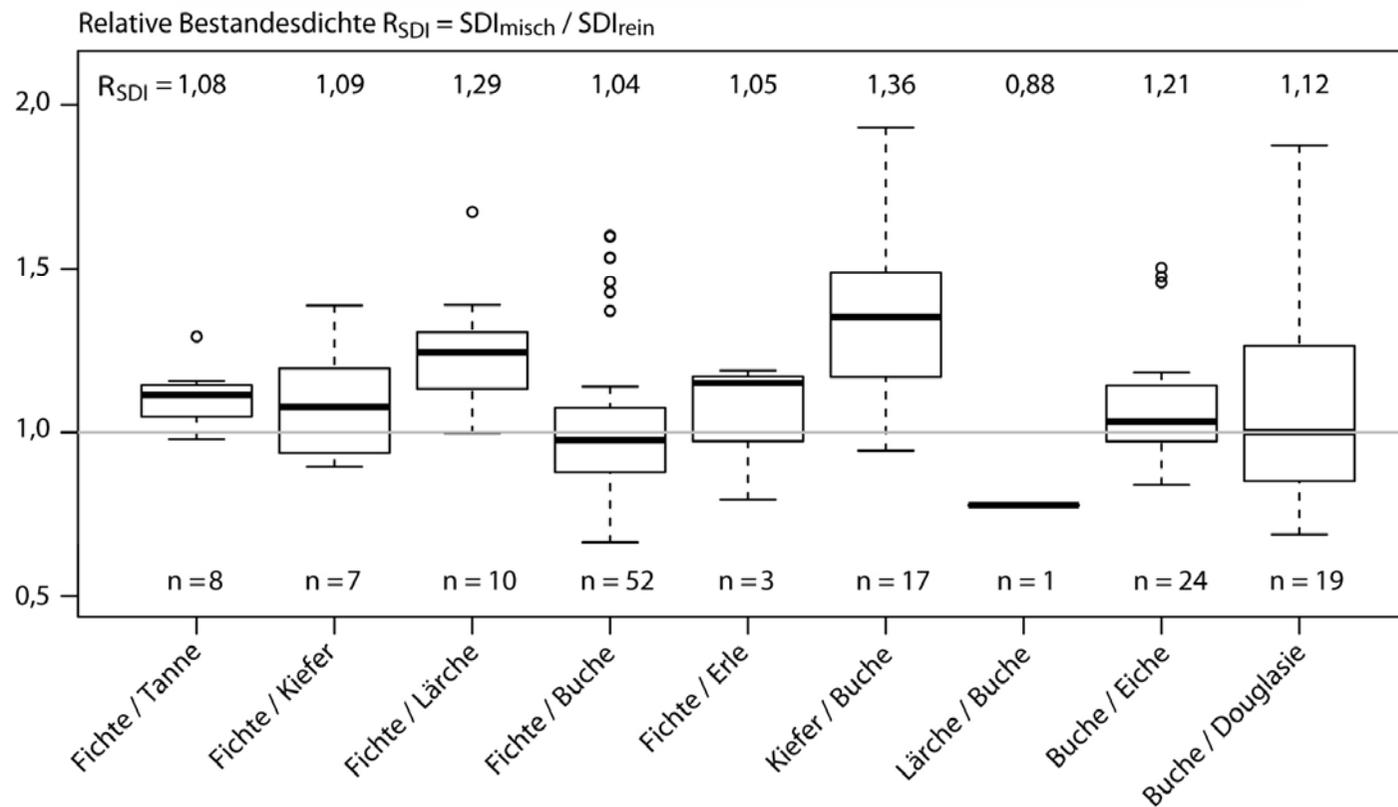
2 Gesamtwuchsleistung in Mischung im Vergleich zum Reinbestand



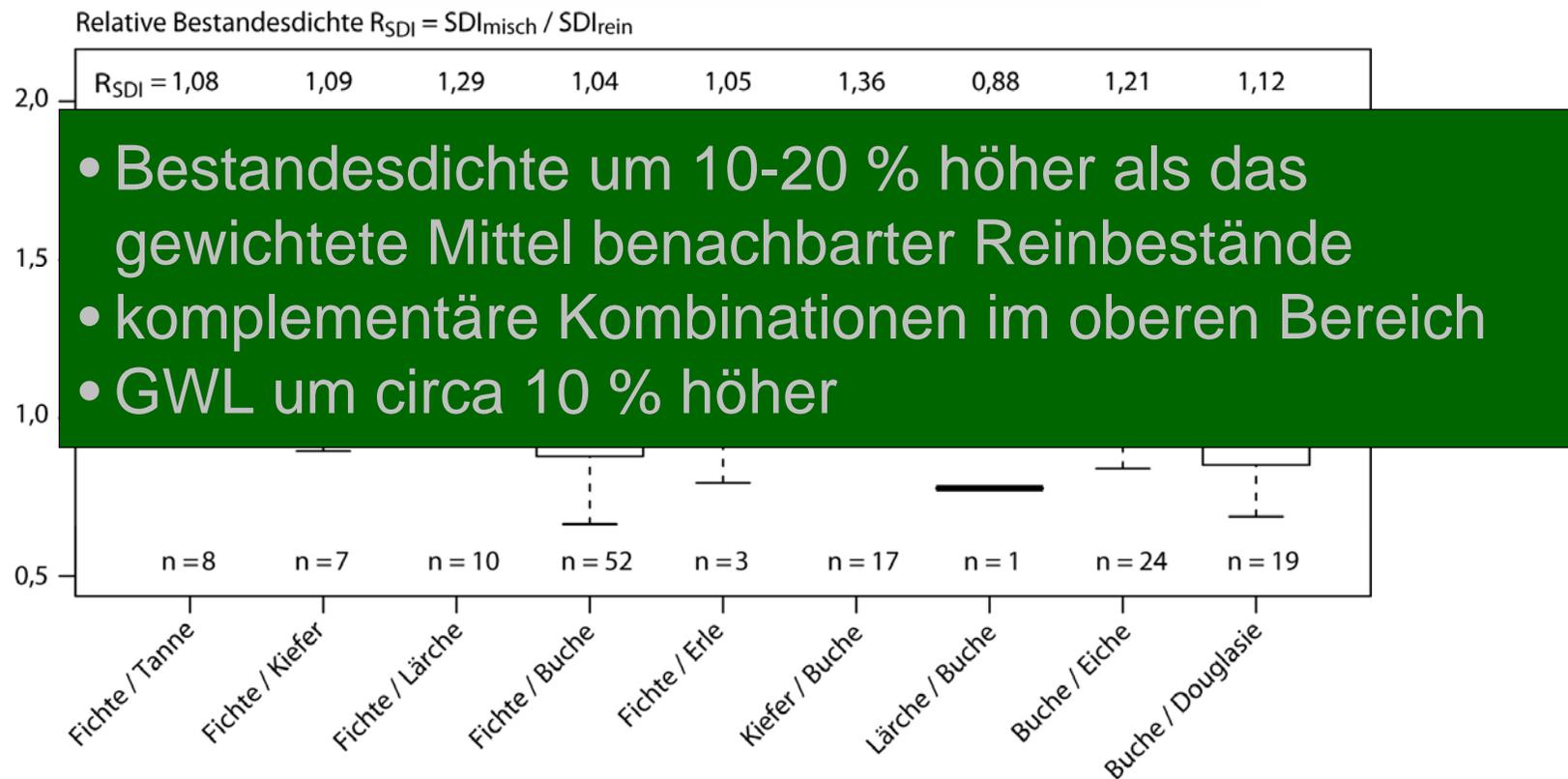
2 Effekt der Mischung auf die Bestandesdichte und die Gesamtwuchsleistung im Vergleich zu Reinbeständen

Variablen	Einheit	Stich- probe n	Gruppenmittelwerte (± SE)		Quotient
			misch	mono	misch/mono (± SE)
<i>Dichte und Vorrat</i>					
N	Bäume ha ⁻¹	141	752 (± 54)	635 (± 40)	1,22*** (± 0,040)
G	m ² ha ⁻¹	141	42,12 (± 1,43)	38,09 (± 1,12)	1,12** (± 0,024)
SDI	Bäume ha ⁻¹	141	793 (± 27)	717 (± 20)	1,16*** (± 0,025)
V	m ³ ha ⁻¹	141	561,38 (± 21,66)	525,59 (± 19,52)	1,08** (± 0,026)
<i>Gesamtwuchsleistung</i>					
GWL	m ³ ha ⁻¹	79	979,85 (± 42,50)	883,85 (± 37,61)	1,12** (± 0,027)

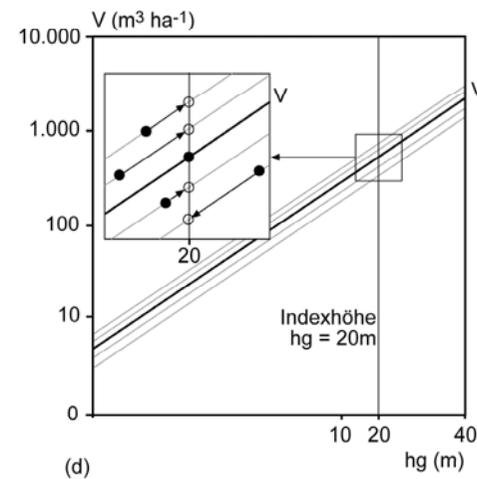
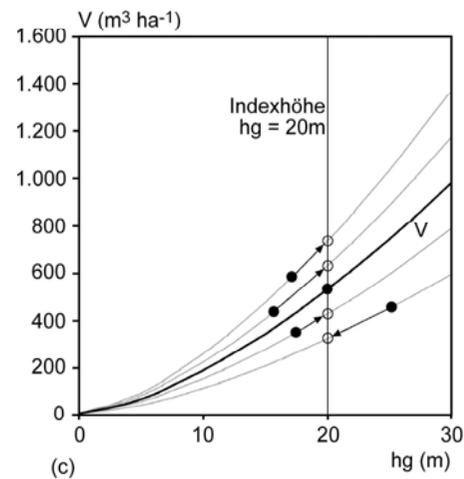
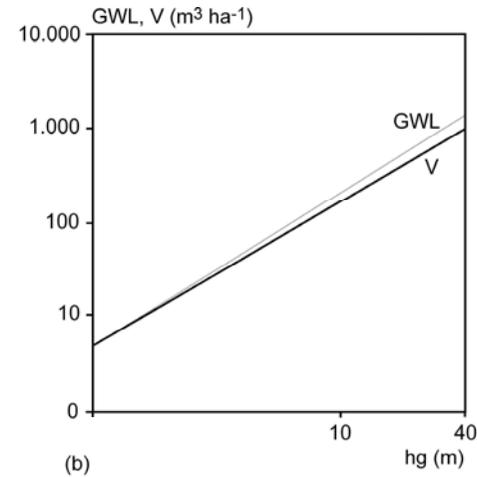
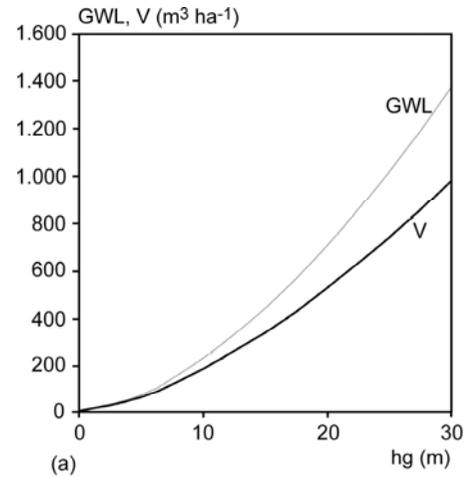
2 Bestandesdichte in Mischbeständen in Relation zum gewichteten Mittel benachbarter Reinbestände



2 Bestandesdichte in Mischbeständen in Relation zum gewichteten Mittel benachbarter Reinbestände



3 Eichhorn'sche Beziehung und Ertragsniveau quantifiziert durch V_{hg20} bzw. GWL_{hg20}



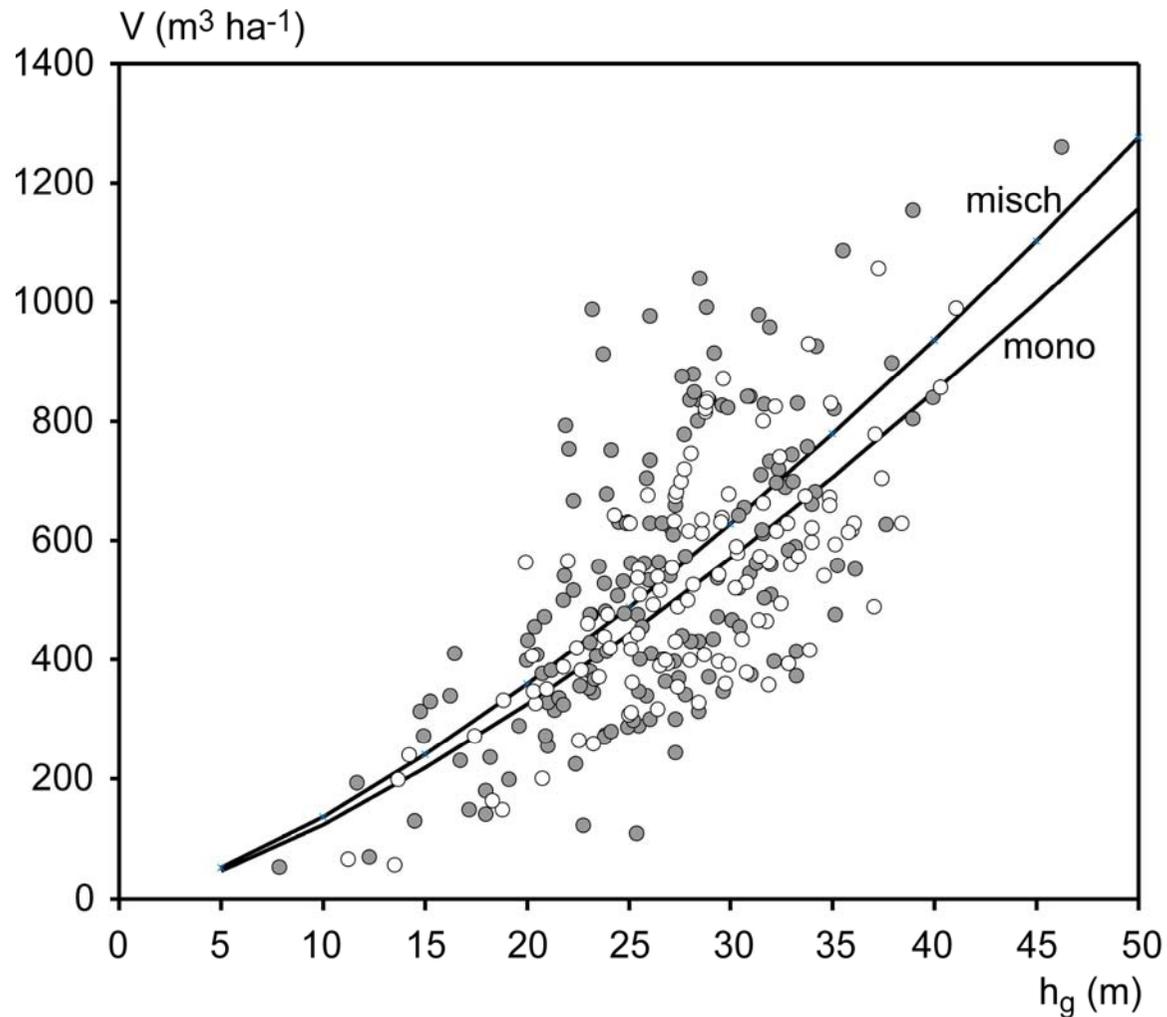
$$V_{hg20} = V \times (20/h_g)^{\alpha_{V,hg20}}$$

$$GWL_{hg20} = GWL \times (20/h_g)^{\alpha_{GWL,hg20}}$$

3 Eichhorn'sche Beziehung und Ertragsniveau quantifiziert durch V_{hg20} bzw. GWL_{hg20}

Variablen	Einheit	Stich- probe n	Gruppenmittelwerte (± SE)		Quotient
			misch	mono	misch/mono (± SE)
<i>Eichhorn'sche Beziehung und Ertragsniveau</i>					
V_{h20}	$m^3 ha^{-1}$	141	325,57 (± 13,06)	282,06 (± 8,40)	1,16** (± 0,028)
GWL_{h20}	$m^3 ha^{-1}$	79	509,42 (± 21,59)	419,78 (± 13,13)	1,21*** (± 0,030)

3 Eichhorn'sche Beziehung: Vorräte bei gleicher Höhe in Mischung höher



3 Eichhorn'sche Beziehung und Ertragsniveau quantifiziert durch V_{hg20} bzw. GWL_{hg20}

Variablen	Artenkombination	n	Art 1 misch/mono (± SE)	Art 2 misch/mono (± SE)	Gesamtbestand misch/mono (± SE)
<i>V_{h20} ($m^3 ha^{-1}$)</i>					
	Fichte/Kiefer	7	1,19 (±0,07)	1,38 (±0,04)	1,22 (±0,04)
	Fichte/Lärche	10	1,84 (±0,94)	1,32 (±0,19)	1,43 (±0,31)
	Fichte/Buche	52	1,07 (±0,04)	1,05 (±0,04)	1,05 (±0,03)
	Kiefer/Buche	17	1,41 (±0,07)	1,40 (±0,09)	1,40 (±0,07)
	Eiche/Buche	24	1,02 (±0,04)	1,21 (±0,07)	1,11 (±0,04)
<i>GWL_{h20} ($m^3 ha^{-1}$)</i>					
	Fichte/Kiefer	7	2,10 (±0,29)	1,43 (±0,16)	1,31 (±0,04)
	Fichte/Lärche	10	1,26 (±0,36)	1,37 (±0,18)	1,55 (±0,40)
	Fichte/Buche	28	1,01 (±0,06)	1,11 (±0,05)	1,07 (±0,03)
	Kiefer/Buche	9	1,86 (±0,31)	1,48 (±0,11)	1,43 (±0,08)
	Eiche/Buche	12	1,07 (±0,03)	1,11 (±0,07)	1,17 (±0,05)

3 Eichhorn'sche Beziehung und Ertragsniveau quantifiziert durch V_{hg20} bzw. GWL_{hg20}

Variablen	Artenkombination	n	Art 1 misch/mono (± SE)	Art 2 misch/mono (± SE)	Gesamtbestand misch/mono (± SE)
-----------	------------------	---	-------------------------------	-------------------------------	---------------------------------------

Eichhorn'sche Beziehung und Ertragsniveau:

- um durchschnittlich 16 % bzw. 21 höher als in benachbarten Reinbeständen
- beide Arten tragen zur Steigerung bei

Fichte/Buche	28	1,01 (±0,06)	1,11 (±0,05)	1,07 (±0,03)
Kiefer/Buche	9	1,86 (±0,31)	1,48 (±0,11)	1,43 (±0,08)
Eiche/Buche	12	1,07 (±0,03)	1,11 (±0,07)	1,17 (±0,05)

Übersicht über den Effekt der Mischung auf die Bestandesstruktur, die Dichte und das Ertragsniveau von Waldbeständen

Variablen	Einheit	Stich- probe n	Gruppenmittelwerte (± SE)		Quotient
			mixed	mono	mixed/mono (± SE)
<i>mittlere Stammdimensionen</i>					
h_g	m	141	29,25 (± 0,52)	29,85 (± 0,50)	0,98* (± 0,008)
d_g	cm	141	32,10 (± 0,88)	32,18 (± 0,85)	1,01 (± 0,100)
v_g	m ³	141	1,36 (± 0,09)	1,37 (± 0,09)	1,05 (± 0,033)
<i>Dichte und Vorrat</i>					
N	Bäume ha ⁻¹	141	752 (± 54)	635 (± 40)	1,22*** (± 0,040)
G	m ² ha ⁻¹	141	42,12 (± 1,43)	38,09 (± 1,12)	1,12** (± 0,024)
SDI	Bäume ha ⁻¹	141	793 (± 27)	717 (± 20)	1,16*** (± 0,025)
V	m ³ ha ⁻¹	141	561,38 (± 21,66)	525,59 (± 19,52)	1,08** (± 0,026)
<i>Gesamtwuchsleistung</i>					
GWL	m ³ ha ⁻¹	79	979,85 (± 42,50)	883,85 (± 37,61)	1,12** (± 0,027)
<i>Eichhorn'sche Beziehung und Ertragsniveau</i>					
V_{h20}	m ³ ha ⁻¹	141	325,57 (± 13,06)	282,06 (± 8,40)	1,16** (± 0,028)
GWL_{h20}	m ³ ha ⁻¹	79	509,42 (± 21,59)	419,78 (± 13,13)	1,21*** (± 0,030)

Diskussion und Perspektiven

- *Warum dichter, aber nicht höher, Ursachen?*
verbesserte NE Versorgung scheidet als U. aus (Dü, Verdünnung usw.)
Wasserversorgung auch (höhere Interzeption, weniger Wasser/Baum)
Arbeitshypothese: erhöhte Lichtinterzeption (Kronen, standörtl. Muster)
- *Konsequenzen für Inventur, Modellbildung?*
FE-Inventur über Höhe, ET-Nutzung mit BG Korrektur, Mortalitätsmodelle, self-thinning Linien
- *Waldbaulichen Konsequenzen?*
Erhöhte Produktivität und Dichte könnten bei waldbaulicher Behandlung berücksichtigt werden (G-haltg, Z-Baum-Zahlen)
- *Perspektiven?*
Weitere Prüfung der Ursachen; Untersuchung der Mischungseffekte auf die Stammform, Holzqualität, Holzdichte, Sproß-Wurzel-Relation



Dank geht an

M. Heym, G. Schütze

P. Biber, Klaas Wellhausen,

E. Uhl, U. Kern

für die Unterstützung der Aufnahme und Auswertung

EU EuMIXFOR COST FP1206

DFG

BayStELF

BaySF

für die Forschungsförderung.

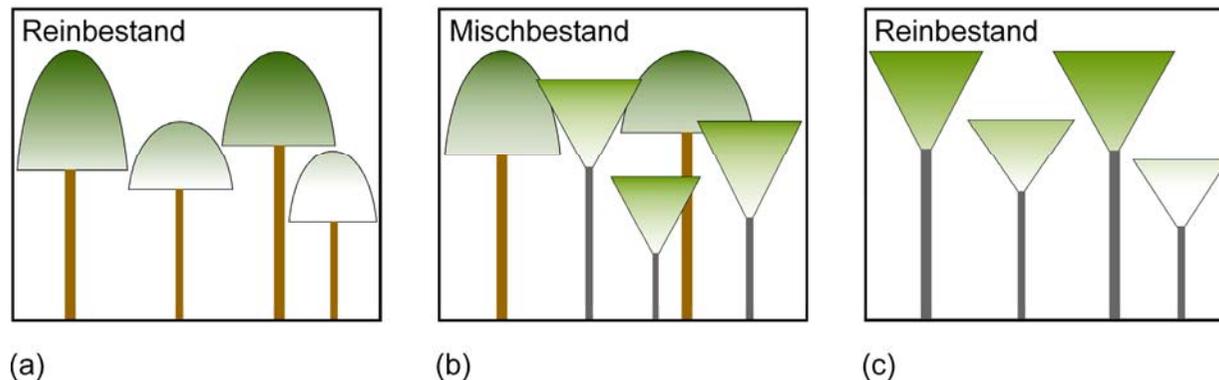


Fotos: Leonhard Steinacker

Effekt der Mischung auf die Bestandesstruktur, die Dichte und das Ertragsniveau von Waldbeständen

Hans Pretzsch

Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Technische Universität München
<http://www.forestgrowth.wzw.tum.de/presentations.html>



Strukturelle und funktionelle Komplementarität: plastische/unplastische Krone, Flach-/Tiefwurzler, Licht-/Schattenbaumart, schnell-/langsamwüchsig Nadel-/Laubholz, stickstoff-bindened/nicht stickstoff-bindened...