

Die Entwicklung von Robinien- und Kiefernauflorungen auf dem chinesischen Weibei-Lößplateau

Hong Peng, Bernd Stimm, Hany El Kateb und Reinhard Mosandl
Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der TU München

1. Einleitung

Eine der limitierenden Ursachen für eine nachhaltige ländliche Entwicklung auf dem chinesischen Lößplateau und Hauptgrund für die Armut der ansässigen Bevölkerung ist die Bodenerosion. Seit 40 Jahren werden daher umfangreiche Auflorungen zur Erosionsbekämpfung und Umweltverbesserung durchgeführt. Auf dem Weibei-Lößplateau entstanden dabei großflächige Robinien- und Kiefernbestände verschiedener Altersstadien.

Zu diesen Robinien- und Kiefernauflorungen gibt es bereits einige Studien, die sich mit Bonitierung, Ertrag, Wachstum und ökologischen Auswirkungen befassen. Sie haben allerdings den Nachteil, dass sie meist nur die jungen Entwicklungsphasen der Bestände, bis zu einem Alter von 26 Jahren, abbilden (Mu et al. 1984; Li 1988; Tang 1988; Zhang et al. 1987).

Um einen tiefergehenden Einblick in die Entwicklung der Robinien- und Kiefernauflorungen über einen Zeitraum von 40 Jahren zu gewinnen, wurden Erhebungen in verschieden alten Beständen durchgeführt. Dabei wurden wichtige Kenngrößen des Wachstums, wie Höhe, Durchmesser, Grundfläche und Vorrat, für die Bestände erfasst und ihre zeitliche Entwicklung und Dynamik dargestellt. Durch einen Vergleich dieser Wuchsreihen mit der Entwicklung von anderen Auflorungsbaumarten im selben Gebiet und mit derjenigen in anderen Anbauländern lassen sich die Möglichkeiten des Wachstums und des Ertrags der bisherigen Robinien- und Kiefernauflorungen besser beurteilen.

2. Material und Methodik

2.1. Probeflächen

Die Untersuchung umfasste sieben staatliche Forstfarmen (mit einer Größe zwischen 2.000 und 20.000 ha), in denen hauptsächlich mit Robinie und Kiefer aufgeforstet worden war (Abb. 1). Für alle Forstfarmen lagen brauchbare Inventurdaten aus dem Jahr 1984 vor; es fehlten aber genaue Informationen über die Auflorungsbestände und deren Bewirtschaftung.

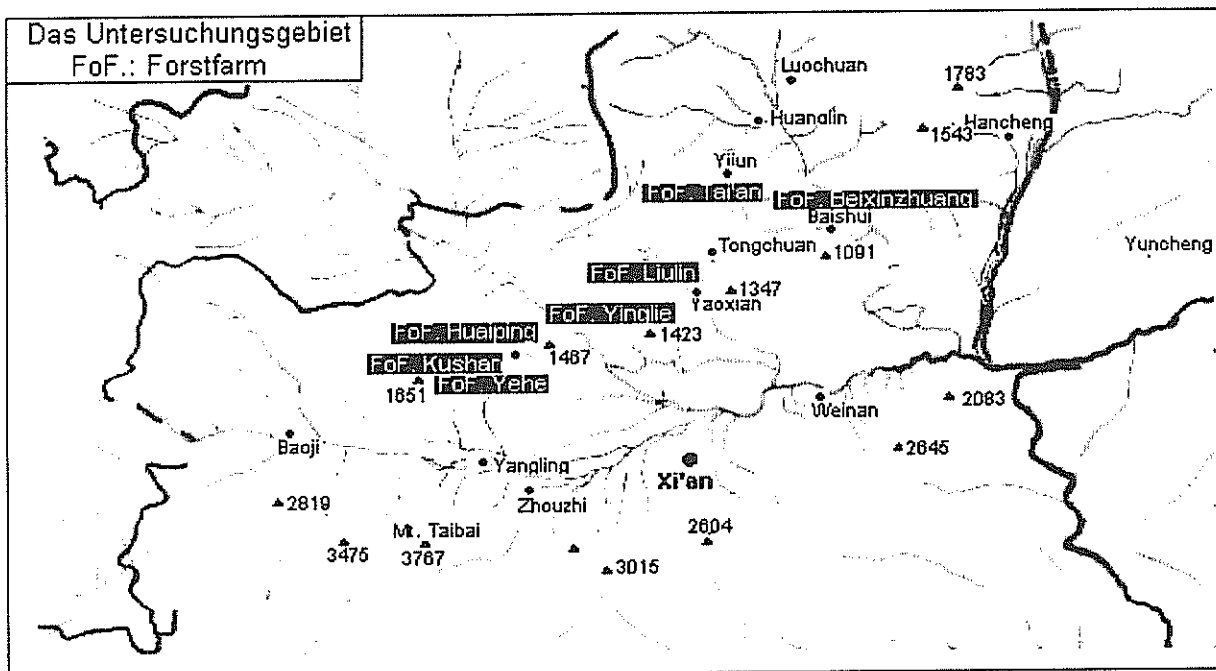


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet und Lage der sieben staatlichen Forstfarmen auf dem Weibei-Lößplateau

Mit Hilfe der Inventurdaten, hauptsächlich Bestandeskarten (im Maßstab 1:25000), wurden zunächst für jede Forstfarm die Baumart bzw. der Bestandestyp und das Bestandesalter registriert. Die Baumarten wurden in 5 Altersstufen klassifiziert (siehe Tab. 1). In diesen Beständen wurden Probeflächen eingerichtet. Bestände unter 0,4 ha Größe wurden nicht berücksichtigt. Die Größe einer Probefläche wurde anhand der Altersstufe und der Anzahl der Bäume festgelegt. Für die Altersstufen I und II betrug der Radius 6,95 m (152 m²), ansonsten 8 m (201 m²). War die Stammzahl der Bäume auf dieser Fläche kleiner als 25, wurde der Radius auf 12 m (452 m²) vergrößert.

Altersstufe	Alter (Jahr)	Wuchsklasse	
		Robinie	Kiefer
I	1-2	Anwuchs	Anwuchs
II	3-10	Jungwuchs bis Dickung	Jungwuchs
III	11-20	Stangenholz	Dickung
IV	21-30	Schwaches Baumholz	Stangenholz
V	31-40	Starkes Baumholz	Baumholz

Tabelle 1: Altersstufen und Wuchsklassen nach Thomasius (1990)

Innerhalb jeder Altersstufe sollten pro Baumart zehn Stichproben zufällig ausgewählt werden. Bei Robinie wurde zusätzlich zwischen Hoch- und Niederwaldbewirtschaftung unterschieden. Unter Berücksichtigung der 5 Altersstufen wären dies 150 Stichproben gewesen. Aufgrund der Tatsache, dass im Robinienniederwald keine Bestände der fünften Altersstufe vorhanden

waren sowie aufgrund einiger technischer Probleme konnten jedoch lediglich 112 Bestände aufgenommen werden (Tab. 2).

Baumart	Altersstufen (Alter in Jahren)					Summe
	I (1-2)	II (3-10)	III (11-20)	IV (21-30)	V (31-40)	
Robinienhochwälder	7	5	10	10	10	42
Robinienniederwälder	6	8	7	3	0	24
Kiefer	8	8	10	10	10	46
Summe	21	21	27	23	20	112

Tabelle 2: Anzahl der ausgewählten Probeflächen

2.2. Datenmaterial

Für jeden untersuchten Bestand wurden standörtliche Charakteristika (Meereshöhe, topographische Lage, Hangneigung und -richtung, Bodentyp und -feuchte) ermittelt. Nach der standörtlichen Ansprache wurden die Bestände einer von zwei Standortgütekategorien, nämlich „gut“ oder „schlecht“, zugeordnet. Diese Einstufung wurde mit Hilfe der Bonitierungstabellen von Zhang et al. (1987) sowie Luo et. al. (1987) auf Plausibilität überprüft.

Des Weiteren wurden alle von den Forstfarmen erhältlichen Kenndaten, wie etwa das Jahr der Bestandsbegründung (Bestandesalter), Jahr und Art von Pflegemaßnahmen, Durchforstung bzw. Endnutzung zusammenfassend dokumentiert. Es fehlten jedoch präzise Informationen über Qualität und Quantität von Nutzungen. So gibt es keine eindeutigen Angaben zur Durchforstungsart und -intensität. Anhand der zum Teil noch erkennbaren Stöcke wurden das Jahr und die Intensität der Durchforstung zumindest näherungsweise bestimmt.

Entsprechend der wenigen verfügbaren Daten bzw. Informationen können die in den Untersuchungsbeständen durchgeführten Durchforstungsregime nur sehr grob charakterisiert werden als:

Schwache Eingriffe: Entnahme von wenigen und dünnen Bäumen. Bei der Kiefer schließt diese Kategorie auch Bestände ein, die gar nicht, nur leicht bzw. nicht planmäßig genutzt worden waren.

Starke Eingriffe: Entnahme von relativ vielen und dicken Bäumen. Diese Kategorie umfasst die Robinien- und Kiefernbestände, die mindestens zweimal mit relativ hoher Intensität durchforstet worden waren.

Die untersuchten Bestandesglieder sind gleichaltrig. Aufgrund von Nachbesserungen konnten Abweichungen im Alter von bis zu 3 Jahren auftreten. In solchen Fällen wurde das Alter der älteren Pflanzen als Bestandesalter definiert. In jüngeren Kiefernbeständen wurde das Alter durch Zählung der Wirtel bestimmt. In Robinien- und älteren Kiefernbeständen wurde, soweit

das Alter nicht bekannt war, mindestens ein dickerer Baum je Bestand gefällt, um das Alter durch Jahrringzählung an den Stöcken direkt zu bestimmen.

Bei allen Bäumen mit mehr als 3 m Höhe wurde der Brusthöhendurchmesser (BHD) gemessen. Für Robinien der Altersstufe I und Kiefern unter 9 Jahren wurde die Höhe aller Bäume gemessen, ansonsten wurde die Oberhöhe (entspricht den 100 stärksten Bäumen pro Hektar) ermittelt. Aus dem erhobenen Datenmaterial wurden folgende Bestandesparameter abgeleitet: Oberhöhe, Dichte, Mitteldurchmesser, Grundfläche und Vorrat.

2.3. *Statistische Verfahren*

Die Zusammenhänge zwischen den vorgenannten Bestandesparametern wurden unter Berücksichtigung der Einflussgrößen Standortsgüte und Eingriffsstärke mittels der multiplen Regressionsanalyse untersucht. Dazu wurde folgendes Modell gebildet:

$$Y_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 Z_1 + b_3 Z_2 + b_4 Z_1 Z_2 + b_5 X_i Z_1 + b_6 X_i Z_2 + b_7 X_i Z_1 Z_2 + e_i$$

wobei,

Y_i = Kriteriumsvariable wie z.B. Mitteldurchmesser,

X_i = Prädiktorvariable wie z.B. Alter,

Z_1 = Dummy-Variable mit der Kodierung 1 für guten und -1 für schlechten Standort zur Testung des Effektes der Standortsgüte,

Z_2 = Dummy-Variable mit der Kodierung 1 für schwachen und -1 für starken Eingriff zur Testung des Effektes der Eingriffsstärke,

$Z_1 Z_2$ = Wechselwirkung zwischen Eingriffsstärke und Standortsgüte,

$X_i Z_1$ = Wechselwirkung zwischen X und Standortsgüte,

$X_i Z_2$ = Wechselwirkung zwischen X und Eingriffsstärke,

$X_i Z_1 Z_2$ = Wechselwirkung zwischen X, Eingriffsstärke und Standortsgüte,

$b_0 - b_7$ = Regressionsparameter.

In einem weiteren Schritt wurde ein Reduktionsverfahren, basierend auf der „backward elimination method“, durchgeführt. Dabei wird diejenige Prädiktorvariable, deren partieller F-Wert nicht signifikant ist, eliminiert. In Anlehnung an El Kateb (1991) wurde die Annahme des linearen Modells überprüft. Wenn nötig wurde eine geeignete linearisierende Transformation (Draper & Smith 1981; El Kateb 1991) der Kriteriumsvariable und/oder der Prädiktoren durchgeführt.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Wuchspotential und Zustand der Bestände

Bereits ein erster Blick auf die Kennwerte der untersuchten Robinien- und Kiefernauaufforstungen auf dem Weibei-Lößplateau (Tab. 3) zeigt, dass in ihnen ein erhebliches Wuchspotential steckt. Die maximale Baumhöhe in den Robinienbeständen lag bei 27,1 m im Alter 34 und in den Kieferbeständen bei 15,9 m im Alter 38; der mittlere BHD wies im besten Falle bei Robinie einen Wert von 34,3 cm, im Alter 33 auf und bei Kiefer einen Wert von 30,5 cm im Alter 38. Die Vorräte erreichen 162 Vfm/ha im Alter 32 im Robinienhochwald und 222 Vfm/ha im Alter 27 in Kiefernbeständen (Tab. 3). Für den Robinienniederwald konnte ein Vorrat von 97 Vfm/ha im Alter 9 registriert werden. Eine Zusammenfassung wichtiger ertragskundlicher Größen der untersuchten Bestände zeigt Tab. 4. Mit Ausnahme der Bestandsdichte lassen sich zwischen den höheren Altersstufen keine eindeutigen Unterschiede in den untersuchten Bestandesparametern erkennen (Tab. 4). Dies gilt sowohl für Robinie als auch für die Kiefer. Eine mögliche Erklärung hierfür ist in den unterschiedlichen Vornutzungen zu suchen. Die Tabelle 4 zeigt, dass die Stammzahlen auf guten Standorten bei Robinie wie auch bei Kiefer deutlich geringer sind als auf schlechten Standorten. Dies deutet darauf hin, dass in Aufforstungen auf guten Standorten stärker eingegriffen wurde als in jenen auf schlechten Standorten.

Baumarten bzw. Betriebsform	Höhe (m)	BHD (cm)	Grundfläche (m ² /ha)	Vorrat (Vfm/ha)
Robinienhochwald	27,1 im Alter 34	34,3 im Alter 33	38,5 im Alter 32	162 im Alter 32
Robinienniederwald	18,0 im Alter 22	24,0 im Alter 21	32,0 im Alter 9	97 im Alter 9
Kiefer	15,9 im Alter 38	30,5 im Alter 38	53,9 im Alter 27	222 im Alter 27

Tabelle 3: Maximumwerte ausgewählter Baum- und Bestandesparameter in den untersuchten Beständen

Eine Wirkung der Standortgüte auf Grundfläche und Vorrat ist bei Kiefer und Robinienhochwald erkennbar, jedoch nicht bei Robinienniederwald. Auf schlechtem Standort liegt die Grundfläche des Robinienhochwaldes mit zunehmendem Alter höher, auf gutem Standort dagegen niedriger. Dies deutet auf eine stärkere Nutzung des Robinienhochwaldes auf gutem Standort hin. Gleiches gilt auch für die Kiefer in den Altersstufen III und IV (vgl. Tab. 4). Je besser der Standort, um so stärker wurde genutzt. Es scheint, dass der Robinienniederwald unabhängig von der Standortgüte immer die gleiche Nutzung erfuhr.

Baumart	Alters- stufe	Stand- ortsgüte	Oberhöhe (m)			Dichte (N/ ha)			Mitteldurch- messer (cm)			Grundfläche (m ² /ha)			Vorrat (Vfm/ha)		
			m	Sd	cv	m	sd	Cv	m	sd	cv	m	sd	cv	m	sd	cv
Robinienhochwald	I	+	0,3			1398											
		-	0,5	0,1	25,8	2423	569	57,5									
	II	+	9,5	2,9	53,3	2600	513	34,2	7,1	2,0	47,8	10,2	4,0	67,6	36,8	15,4	72,3
		-	9,0	1,1	16,8	3127	557	25,2	7,1	1,7	34,4	12,0	3,7	43,3	40,7	15,0	52,3
	III	+	15,1	0,8	11,6	2530	481	42,5	11,3	0,8	15,9	23,5	1,7	16,0	95,3	6,3	14,8
		-	11,7	0,8	15,3	2951	318	24,1	9,5	0,5	12,0	20,3	1,5	16,9	76,5	7,0	20,5
	IV	+	15,8	2,0	22,4	1298	195	26,0	15,0	1,8	20,6	22,8	4,9	37,3	103,7	28,7	47,9
		-	13,5	0,6	12,5	1771	202	30,2	12,7	1,0	21,5	21,4	2,0	24,2	89,7	10,1	29,9
	V	+	24,4	2,4	13,8	499	4	1,3	21,8	0,2	1,3	18,7	0,2	1,3	98,8	2,0	2,9
		-	16,4	0,7	12,6	1323	154	33,0	16,4	1,0	17,7	26,5	2,2	24,0	123,0	10,8	24,7
Robinienniederwald	I	+	2,6	0,5	33,1	10042	2872	49,0	3,5			4,0			10,3		
		-	2,0	0,2	21,5	10175	6335	104,0	2,5			0,6			1,3		
	II	+	11,3	1,0	15,0	4309	720	29,0	7,1	0,6	13,8	16,4	0,2	1,8	56,4	2,3	7,2
		-	8,0	0,5	14,2	7273	1590	48,9	5,2	0,2	9,9	15,7	4,1	59,1	47,5	12,9	60,6
	III	+	14,1	0,9	10,8	2101	544	44,8	10,2	0,5	8,5	16,5	3,0	31,4	65,5	10,1	26,8
		-	10,1	0,4	7,1	4170	823	34,2	7,5	0,2	3,7	18,1	3,1	30,1	62,0	10,9	30,4
	IV	+	15,4	1,6	20,6	1768	607	68,7	12,5	1,5	23,7	18,3	1,9	21,0	77,5	5,6	14,4
	Kiefer	I	+	0,2	0,0	53,2	2527	1169	80,1								
-			0,1	0,0	24,9	2056	353	38,4									
II		+	2,2	1,0	75,5	5630	1509	46,4	4,4			5,4			14,8		
		-	2,0	0,4	44,4	5761	2525	98,0	3,7	0,3	10,1	3,2	0,3	14,9	7,8	1,0	18,2
III		+	10,3	0,8	12,7	3582	415	20,1	12,3	0,9	12,2	41,5	0,9	3,7	173,1	7,9	7,9
		-	7,0	0,6	23,6	3883	461	31,4	9,6	0,8	22,5	27,1	3,0	29,4	102,6	14,0	36,1
IV		+	11,5	0,5	11,4	2491	666	65,5	14,2	1,0	17,8	33,7	3,5	25,5	146,8	11,9	19,9
		-	8,7	0,4	10,0	4241	321	15,1	11,8	0,4	6,1	46,4	2,6	11,3	191,1	11,7	12,2
V		+	13,5	0,8	12,5	1047	432	82,4	18,3	1,9	20,4	22,7	4,3	37,8	111,7	16,7	29,9
		-	11,1	0,5	10,2	1464	302	50,5	15,5	1,1	17,5	25,5	3,1	30,1	117,5	14,1	29,4

Tabelle 4: Mittelwerte(m), Standardfehler(sd) und Variationskoeffizient(cv) einiger Bestandsparameter nach Altersstufen und Standortsgüte (+ guter und – schlechter Standort)

3.1. Zusammenhänge zwischen Bestandsparametern

Die Ergebnisse der regressionsanalytischen Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Parametern sind Tabelle 5 zu entnehmen. Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass für alle Aufforstungen die Mitteldurchmesser und Oberhöhe von der Standortsgüte abhängig sind, während die Grundfläche und der Vorrat von den Eingriffen stärker beeinflusst werden. Im Folgenden werden einige wichtige Zusammenhänge näher beschrieben.

Baumart	untersuchte Merkmale		Darstellung in	F-Test und Signifikanzniveau							Bestimmtheitsmaß	
	Y	X		F Global	Partielle F							
					X	Z ₁	Z ₂	XZ ₁	XZ ₂	Z ₁ Z ₂		Z ₃
Robinienhochwald	Oberhöhe	Alter	Abb. 2	***	***	***	--	--	--	--	--	0,81
	Oberhöhe	M-BHD ¹	Abb. 2	***	***	**	--	--	--	--	--	0,83
	M-BHD ¹	Alter	Abb. 3	***	***	**	--	--	--	--	--	0,81
	Grundfläche	Alter	Abb. 4	***	***	--	--	--	***	--	--	0,79
	Vorrat	Alter		***	***	*	--	--	***	--	--	0,80
	Vorrat	M-BHD ¹	Abb. 5	***	***	--	***	--	***	--	--	0,84
Robinienniederwald	Oberhöhe	Alter	Abb. 2	***	***	***	--	--	--	--	--	0,88
	Oberhöhe	M-BHD ¹	Abb. 2	***	*	--	--	--	--	--	--	0,80
	M-BHD ¹	Alter	Abb. 3	***	***	**	--	--	--	--	--	0,88
	Grundfläche	Alter	Abb. 4	***	***	--	***	--	--	--	--	0,83
	Vorrat	Alter		***	***	*	***	--	--	--	--	0,85
	Vorrat	M-BHD ¹	Abb. 5	***	***	--	--	--	**	--	--	0,75
Kiefer	Oberhöhe	Alter	Abb. 2	***	***	***	--	--	--	--	--	0,79
	Oberhöhe	M-BHD ¹	Abb. 2	***	***	*	--	--	--	--	--	0,73
	M-BHD ¹	Alter	Abb. 3	***	***	**	--	--	--	--	--	0,74
	Grundfläche	Alter	Abb. 4	***	--	--	***	--	***	--	--	0,61
	Vorrat	Alter		***	*	--	***	--	**	--	--	0,48
	Vorrat	M-BHD ¹	Abb. 5	***	***	--	***	--	***	--	--	0,77

¹=Mitteldurchmesser

Sig. = Signifikanzniveau bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von α : 0,001 = ***, 0,01 = ** und 0,05 = *

Tabelle 5: Ergebnisse der Reduktionsverfahren („backward elimination method“ zum 5% Niveau) für die Zusammenhänge zwischen den Bestandesparametern unter Berücksichtigung der Standortsgüte und Eingriffsstärke

Oberhöhe in Abhängigkeit vom Alter und Mitteldurchmesser

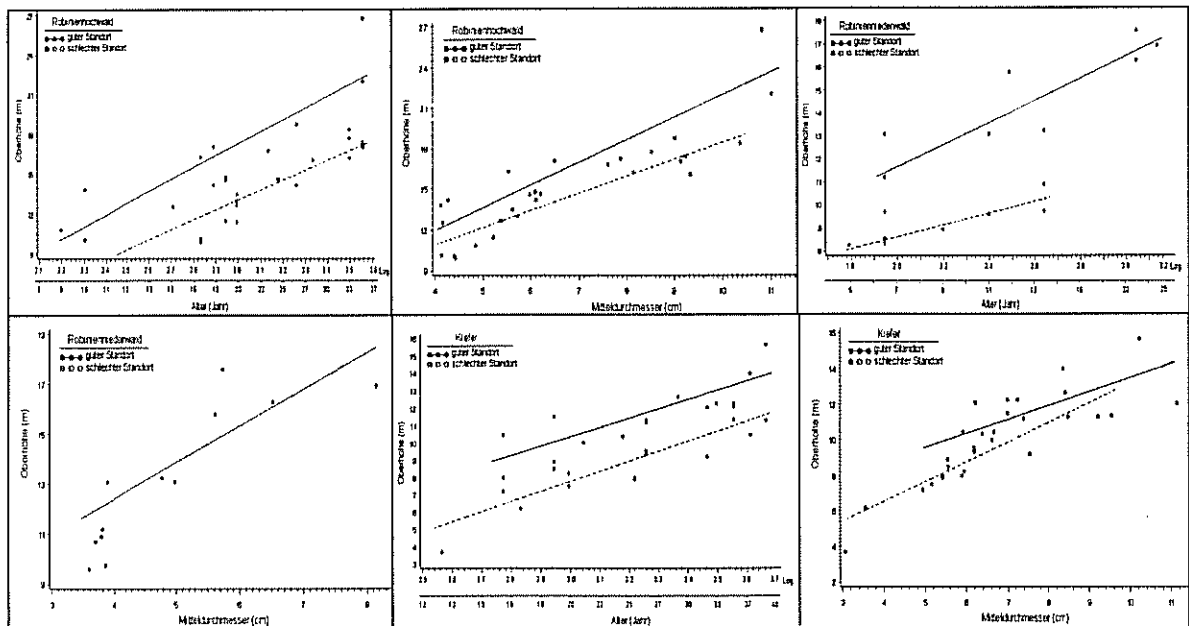


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Bestandesoberhöhe und Alter sowie Oberhöhe und Mitteldurchmesser in Abhängigkeit von der Standortsgüte

Zwischen gutem und schlechtem Standort sind die Unterschiede für Robinie ebenso wie für Kiefer eindeutig signifikant (Abb. 2, Tab. 5). Die größten Differenzen sind beim Robinienniederwald und die geringsten bei der Kiefer zu beobachten. Im Vergleich zwischen gutem und schlechtem Standort fällt die Beziehung zwischen Oberhöhe und Mitteldurchmesser unterschiedlich aus. Die Differenz in der Oberhöhe nimmt mit zunehmendem Mitteldurchmesser beim Robinienhochwald zu und bei der Kiefer ab.

Mitteldurchmesser in Abhängigkeit vom Alter und der Bestandesdichte

Die Regressionsanalyse bestätigt die eindeutige Wirkung der Standortsgüte auf die Durchmesserentwicklung von Robinie wie von Kiefer (Abb. 3, Tab. 5); bei gleichem Alter ist der Mitteldurchmesser auf einem guten Standort höher als auf einem schlechten.

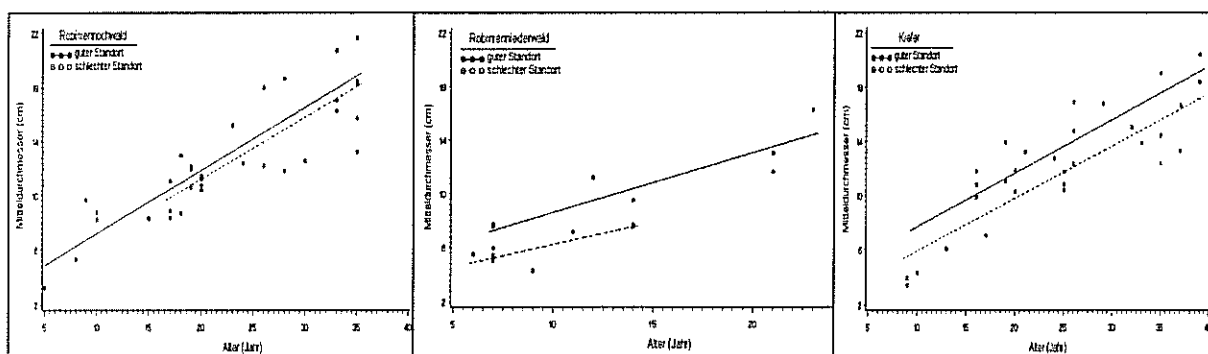


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Mitteldurchmesser und Alter in Abhängigkeit von der Standortsgüte

Die Wirkung der Eingriffsstärke konnte nicht in das Regressionsmodell einbezogen werden, weil die Eingriffsschemata völlig unterschiedlich zu sein scheinen. Trotzdem lassen sich in den Mitteldurchmessern die Unterschiede auf Grund der unterschiedlichen Eingriffsstärken in einzelnen Altersstufen noch erkennen (Tab. 6).

Baumart	Eingriffsstärke	Mittelwert (Standardfehler)			
		Altersstufen			
		II	III	IV	V
Robinienhochwald	Schwach	7,1 (2,7)	10,3 (1,6)	14,1 (3,9)	15,2 (2,4)
	Stark		10,9 (2,9)	12,7 (1,5)	19,1 (3,3)
Robinienniederwald	Schwach	6,2 (1,2)	8,6 (1,4)		
	Stark	4,9 (0,8)	9,5 (2,5)	12,5 (2,0)	
Kiefer	Schwach		10,3 (2,6)	11,8 (1,0)	13,8 (1,3)
	Stark		10,9 (0,2)	15,3 (2,0)	17,8 (3,2)

Tabelle 6: Mitteldurchmesser in verschiedenen Altersstufen und Eingriffsstärken

In der Regel wurde die Stammzahl bei starken Eingriffen mehr reduziert als bei schwachen Eingriffen. Dadurch ergibt sich bei starken Eingriffen ein oft höherer Mitteldurchmesser. Dies ist der Fall in der Altersstufe V des Robinienhochwaldes, ab der Altersstufe III des

Robinienniederwaldes sowie ab der Altersstufe IV der Kiefern (Tab. 6). In der Altersstufe IV des Robinienhochwaldes und Altersstufe II des Robinienniederwaldes wurden bei starken Eingriffen offenbar vorwiegend größere Stämme entnommen und somit der mittlere BHD des verbleibenden Bestandes abgesenkt (Tab. 6). Bei Kiefer fand die starke Nutzung meist in älteren Beständen statt.

Grundfläche in Abhängigkeit vom Alter

Es zeigt sich, dass die Entwicklung der Grundfläche mit zunehmendem Alter wesentlich vom Eingriffsschema geprägt wird (Abb. 4, Tab. 5). Die Wechselwirkungen zwischen Grundfläche und Alter sind beim Robinienhochwald sowie bei der Kiefer signifikant, jedoch nicht beim Robinienniederwald (Tab. 5). Deshalb verlaufen beide Kurven beim Robinienniederwald parallel.

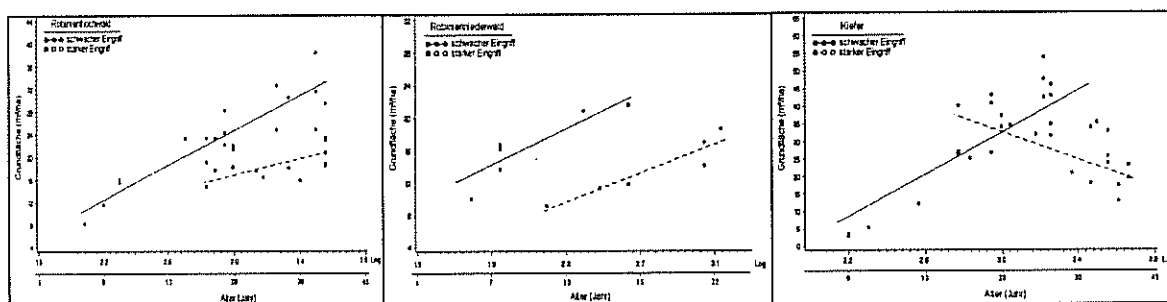


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Grundfläche und Alter sowie Grundfläche und Oberhöhe in Abhängigkeit von der Eingriffsstärke

Aus dem Verlauf der Regressionskurven lässt sich der Zeitpunkt der Eingriffe ablesen: er liegt bei 16-17 Jahren für Kiefer und Robinienhochwald und beginnt bereits im Alter von 9 Jahren für den Robinienniederwald (vgl. Abb. 4).

Vorrat in Abhängigkeit vom Alter

Wie zu erwarten, sind die Ergebnisse der Regressionsanalysen im Bezug auf den Einfluss der Eingriffsstärke auf den Vorrat im Zusammenhang mit dem Alter ähnlich wie der Einfluss auf die Grundfläche. Für die Robinien ist zusätzlich die Standortsgüte im Regressionsmodell als weitere erklärende Variable für die Variabilität in den Vorrat aufgenommen worden (Tab. 5).

Vorrat in Abhängigkeit vom Mitteldurchmesser

Zuerst zeigt sich, dass der Bestandesvorrat mit zunehmendem mittlerem BHD ansteigt; dies wird aber signifikant von den Eingriffen beeinflusst (Abb. 5). Die dargestellten Ergebnisse in Tabelle 5 zeigen, dass die Wechselwirkung zwischen der Eingriffsstärke und dem mittleren BHD signifikant ist: Mit zunehmendem mittleren BHD nehmen die Vorratsunterschiede

zwischen den zwei Eingriffsvarianten zu (Abb. 5). Durch stärkere Eingriffe in den Beständen, die einen niedrigeren mittleren BHD haben, wird die Zunahme des BHD-Wachstums begünstigt und der Bestandesvorrat allmählich erhöht. Allerdings haben keine der untersuchten Bestände mit starkem Eingriff die Vorräte der Bestände mit schwachem Eingriff erreicht. Dies ist höchstwahrscheinlich auf zweierlei Gründe zurückzuführen: Erstens, die Bestände mit schwachem Eingriff sind sehr dicht bestockt und haben einen hohen Vorrat bestehend aus vielen schwachen Bäumen. Zweitens, erfahren die Bestände mit starker Eingriffsvariante nicht nur einen Eingriff sondern weitere Eingriffe, in denen mit großer Wahrscheinlichkeit die stärkeren Bäume entnommen werden.

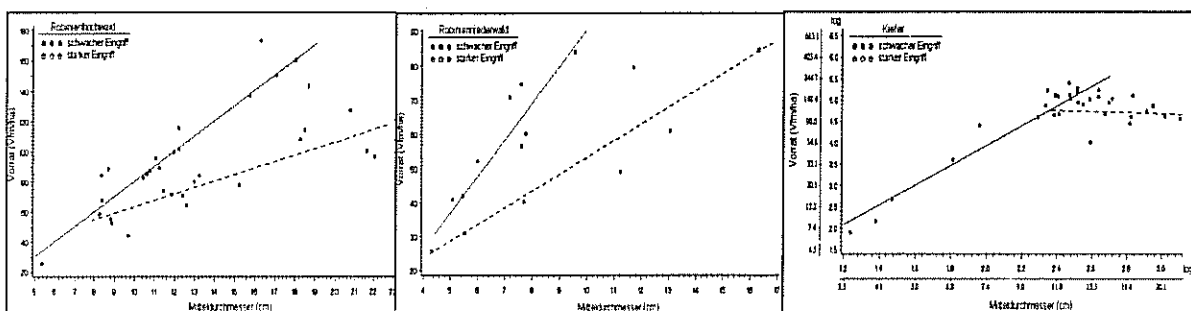


Abbildung 5: Zusammenhänge zwischen Bestandesvorrat und Mitteldurchmesser sowie Vorrat und Oberhöhe in Abhängigkeit von der Eingriffsstärke

3.2. Vergleich der Befunde im Weibei-Lößplateau mit den Ergebnissen verschiedener Studien

Die Aufforstungsanstrengungen der vergangenen 40 Jahre in Nordwestchina wurden schon verschiedentlich in der einschlägigen Literatur gewürdigt (Betke 1980; Zhang et al. 1986; Pretzsch 1987; Ministry of Forestry 1995; Zhou und Weisgerber 1997). Auf dem Weibei-Lößplateau zeigen die Aufforstungen mit Kiefern und Robinie ein hohes Potential hinsichtlich Bestandeswachstum und Holzproduktion. Die bisher durchgeführten unplanmäßigen waldbaulichen Eingriffe sind in ihren Auswirkungen wenig zufriedenstellend. Im Folgenden wird die Wirkung der Vornutzung auf die Entwicklung der untersuchten Bestände im chinesischen Lößplateau im Vergleich zu anderen in verschiedenen Studien untersuchten Beständen beleuchtet.

Mittelhöhe

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Oberhöhe, welche der mittleren Höhe der stärksten 100 Bäume entspricht, ermittelt. Die Mittelhöhe wurde unter Anwendung der von Luo et al. (1987) ermittelten Regressionsgleichung für die Beziehung zwischen Oberhöhe und Mittelhöhe geschätzt. Dadurch wird ein Vergleich mit verschiedenen weiteren Literaturquellen möglich, da sich die in anderen Quellen gemachte Angaben, z.B. in Form von Ertragstafeln,

oft auf die Mittelhöhe beziehen. Für die stark genutzten Bestände wurde keine Mittelhöhenschätzung durchgeführt, da bisher keine Beziehungen zwischen Ober- und Mittelhöhe für solche Bestände untersucht sind. Daher werden Bestände mit starker Nutzung bei den mittelhöhenbasierten Vergleichen nicht berücksichtigt.

Zusammenhang zwischen Mittelhöhe und Grundfläche sowie Vorrat

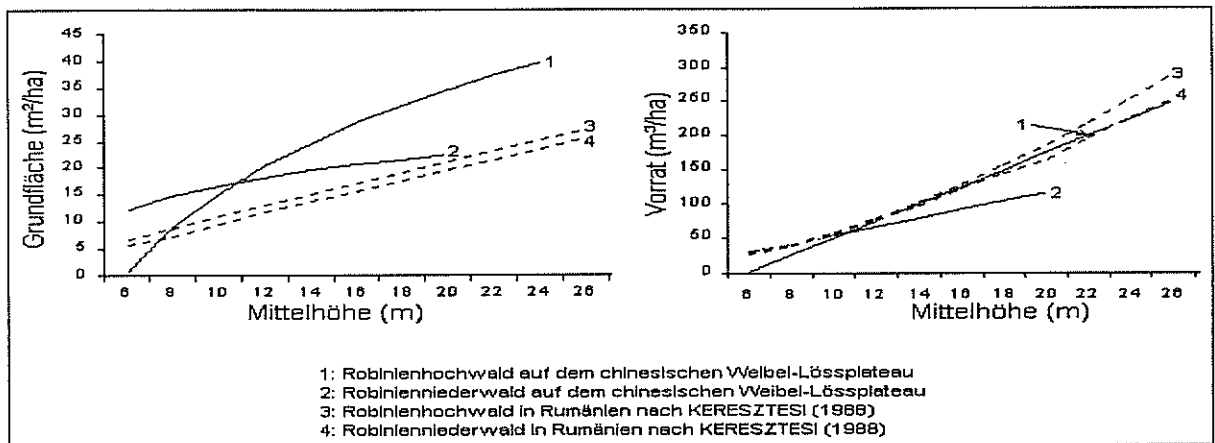


Abbildung 6: Entwicklung der Grundfläche und des Vorrates (auf Mittelhöhenbasis) von Robinien im Weibei-Lößplateau im Vergleich mit Untersuchungen aus Rumänien (jeweils auf gutem Standort mit schwacher Durchforstung)

In Abbildung 6 und 7 sind die Zusammenhänge zwischen Mittelhöhe und Grundfläche bzw. Vorrat für die untersuchten Bestände in der vorliegenden Studie und in anderen Studien aus der verfügbaren Literatur dargestellt. Der Zusammenhang zwischen Mittelhöhe und Vorrat für den Robinienhochwald (guter Standort, schwacher Eingriff) kommt Befunden aus Robinienhoch- und Niederwald in Rumänien (ebenfalls guter Standort, schwache Durchforstung) nahe (Abb. 6 rechts). Der Verlauf der Grundfläche in Abhängigkeit von der Mittelhöhe für den Hoch- und Niederwald in Rumänien ist parallel (Abb. 6 links). Dies ist in den untersuchten Beständen im Lößplateau nicht zu beobachten, möglicherweise auf Grund der unregelmäßigen Nutzung. Dennoch weisen die Bestände auf dem chinesischen Lößplateau eine höhere Grundfläche als die rumänischen Bestände bei gleicher Mittelhöhe auf (Abb. 6 links). Sowohl die Grundflächen- als auch der Vorrat im Niederwald des Lößplateaus schwächen sich mit zunehmender Mittelhöhe deutlich ab. Eine Ursache dafür könnte sein, dass der Niederwald im Vergleich zu anderen Bestandestypen trotz guten Standorts mit relativ „schwachen“ Eingriffen letztlich doch „zu stark“ durchforstet worden war.

Im Vergleich mit Naturwäldern im selben Gebiet zeigen die Kiefernauflorungen bei gleicher Mittelhöhe vielfach höhere Grundflächen und Vorräte. Bemerkenswert sind die Aufforstungen mit der fremdländischen Robinie, deren Grundflächen und Vorräte mit zunehmender

Mittelhöhe eindeutig höher sind als die von einheimischen Kiefernauflorungen sowie von Naturwäldern aus Eiche, Weißbirke und Bergpappel (vgl. Abb. 7).

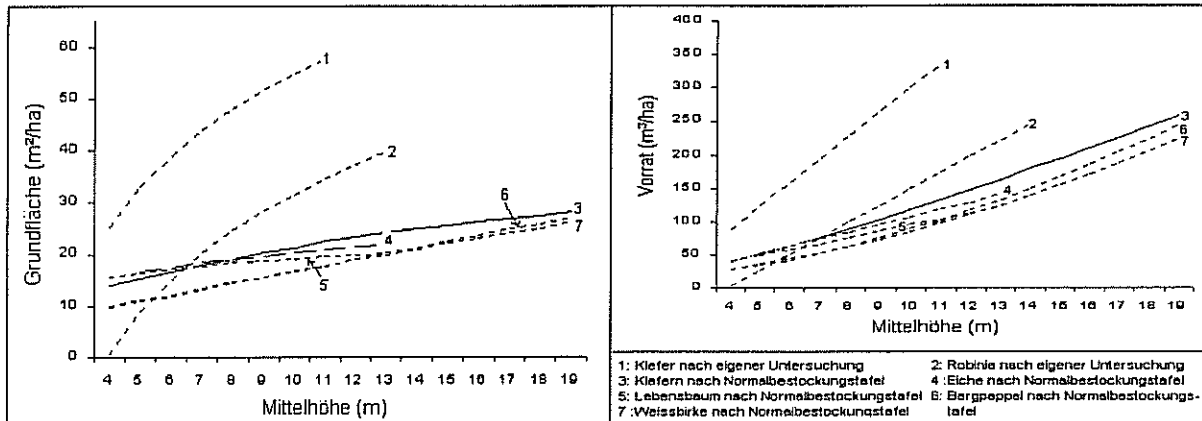


Abbildung 7: Entwicklung der Grundfläche und des Vorrates (auf Mittelhöhenbasis) von Robinien- und Kiefernauflorungen auf gutem Standort mit schwachem Eingriff im Vergleich zu Normalbestockungstafeln einiger Naturwälder im chinesischen Weibei-Lößplateau.

Vor Erreichen von 7m Mittelhöhe sind Grundfläche und Vorrat bei Robinienauflorungen kleiner, danach nehmen sie rasch zu und überholen den Naturwald deutlich. Als Erklärung kann einerseits die größere Pflanzdichte der Robinienauflorung in der frühen Wachstumsphase ohne Durchforstung bis zur Differenzierung herangezogen werden. In den dichten Beständen wird der Höhenzuwachs stärker gefördert als der Durchmesserzuwachs, dagegen wird im Sekundärnaturwald aufgrund einer geringeren Dichte der Durchmesserzuwachs gefördert. Allerdings sind die sekundären Naturwaldbestände aus Eichenarten wie *Quercus variabilis*, *Q. liaotungensis*, *Q. aliena*, *Q. acutissima*, Bergpappel und Weißbirke meist aufgrund häufiger Nutzung degradiert. Sie bestehen oft aus Stämmen, die aus viele Generationen alten Ausschlägen stammen. Ein Zusammenhang zwischen einem mehrere Generationen alten Ausschlagwald und der Abnahme der Biomasseproduktion wurde bereits für sekundäre Eichenwälder (*Quercus aliena* var. *acuteserrata*) im Qinling-Gebirge nachgewiesen (Chen et al. 1996, Chen und Peng 1996).

Grundfläche und Vorrat entwickeln sich in allen Beständen mit Naturwaldbaumarten sehr ähnlich; die Unterschiede zwischen Weißbirke und Bergpappel, also Vertretern der Pionierwaldgesellschaften im Weibei-Lößplateau, sowie zwischen Eiche und Lebensbaum sind nur gering. Bemerkenswert sind allerdings die erheblichen Unterschiede zwischen Kiefernauflorungen und Kiefernauflorungen (Abb. 7).

Entwicklung der Robinienmittelhöhe

Auf Sandböden in Rumänien liegt die Mittelhöhenkurve von Robinienniederwald (Kurve 1, Abb. 8 links) am höchsten. Die Kurve für den Robinienhochwald in Ungarn (Kurve 2, Abb. 8 links) übertrifft zwar die aus Nordamerika (Kurve 3, Abb. 8 links) bis zum Alter von 35 Jahren, tendiert aber danach zur Abnahme. Der Kurvenverlauf aus den eigenen Untersuchungen (Kurve 5, Abb. 8 links) im Robinienhochwald (auf gutem Standort mit schwachem Eingriff) stimmt mit dem Befund der Ertragstafel nach Liu (1998) für das Weibei-Lößplateau (Kurve 4, Abb. 8 links) mit wenigen Abweichungen überein, und nähert sich dem aus Deutschland an (Kurve 6, Abb. 8 links). Die deutlich niedrigere Mittelhöhe des Robinienhochwaldes auf dem Weibei-Lößplateau im Vergleich zu der in Rumänien, Ungarn und Nordamerika ist höchstwahrscheinlich auf die im Untersuchungsgebiet betriebenen Durchforstungsmaßnahmen zurückzuführen. Im Lauf der Bestandesentwicklung werden höchstwahrscheinlich die stärksten Bäumen immer wieder entnommen..

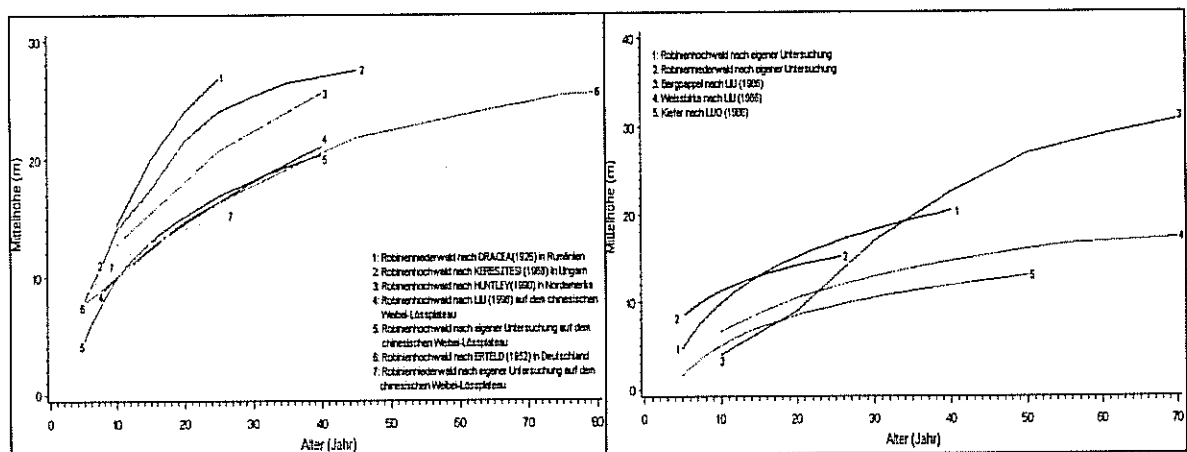


Abbildung 8: Vergleich der Mittelhöhenentwicklung von Robinien aus verschiedenen Ländern (I. EKL. oder beste Bonität) mit einigen Hauptbaumarten (I. EKL. oder beste Bonität) im chinesischen Weibei-Lößplateau auf gutem Standort mit schwachem Eingriff

Vor einem Alter von etwa 15 Jahren wies die Mittelhöhenkurve des Robinienniederwaldes im Lößplateau (Kurve 2, Abb. 8 rechts) gegenüber dem Hochwald (Kurve 1, Abb. 8 rechts) nach oben, ging aber seither deutlich zurück. Im Vergleich mit chinesischer Kiefer (Kurve 5, Abb. 8 rechts) und Weißbirke (Kurve 4) zeigt sich bei der Mittelhöhenkurve von Robinien trotzdem eine hohe Überlegenheit. Gegenüber der chinesischen Kiefer beträgt die Überlegenheit von Robinienhochwald im Alter von 30 Jahren bis zu 8m. Die Kurve von Weißbirke liegt dazwischen.

Bis zum Alter von etwa 20 Jahren liegt die Mittelhöhe des Bergpappelnaturwaldes (Kurve 3, Abb. 8 rechts) unter der von anderen Baumarten im Lößplateau, sie steigt aber danach rasch

an und übertrifft die Mittelhöhe der anderen Baumarten ab dem Alter von etwa 35 Jahren. Im Bestand, bis zum Alter von etwa 20 Jahren, scheinen Bergpappeln unterdrückt zu werden. Nach dem Einwachsen in die Oberschicht des Bestandes zeigen sie eine gute Höhenwuchsleistung.

Mitteldurchmesserentwicklung

Die Entwicklungskurven des Mitteldurchmessers für Robinienniederwald aus Rumänien (Kurve 1, Abb. 9 links) sowie für Robinienhochwald aus Nordamerika (Kurve 2, Abb. 9 links) liegen an der Spitze, für Robinienhoch- (Kurve 3 und 4, Abb. 9 links) und -niederwald (Kurve 6, Abb. 9 links) aus dem Weibei-Lößplateau auf unterem Niveau. Robinienhochwald aus Deutschland (Kurve 5, Abb. 9 links) nimmt eine Zwischenstellung ein. Diese Befunde sind nicht verwunderlich weil die Robinienbestände im Weibei-Lößplateau sehr dicht bestockt sind und nicht unter planmäßiger Nutzung standen.

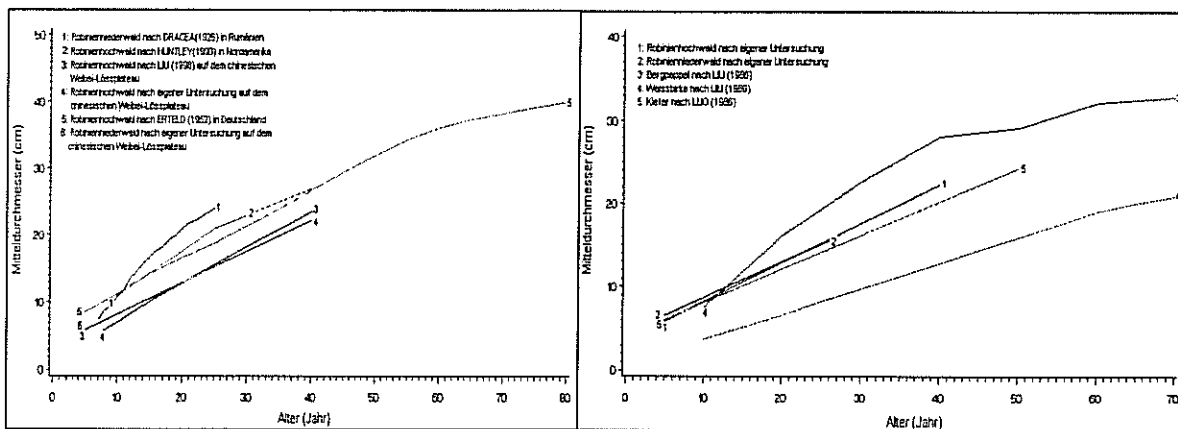


Abbildung 9: Vergleich der Mitteldurchmesserentwicklung von Robinien aus verschiedenen Ländern (I. EKL. oder beste Bonität) mit Hauptbaumarten (I. EKL. oder beste Bonität) im chinesischen Weibei-Lößplateau auf gutem Standort mit schwachem Eingriff

Die Kurve für Robinienhochwald der eigenen Untersuchung (Kurve 4, Abb. 9 links) ähnelt der (Kurve 3) von Liu (1998), die ebenfalls auf Erhebungen auf dem Weibei-Lößplateau beruht.

Auf dem Lößplateau liegt der Mitteldurchmesser der Bergpappel (Kurve 3, Abb. 9 rechts) ab einem Alter von 12 Jahren am höchsten. Gegenüber der Weißbirke (Kurve 4) zeigt die Bergpappel eine Überlegenheit von etwa 15 cm im Alter von 40 Jahren. Die Robinienaufröstungen der eigenen Untersuchungen (Kurve 1 und 2, Abb. 9 rechts) sowie Kiefernaufröstungen (Kurve 5) nach Luo (1986) nehmen eine Zwischenstellung ein.

Grundflächenentwicklung

Im Alter von 12 Jahren überholt die Grundfläche der Kiefern (Kurve 1, Abb. 10 links) im chinesischen Weibei-Lößplateau die der Robinien. Bis zum Alter von 40 Jahren zeigen sie schon eine Überlegenheit gegenüber den Robinien von ca. 20 m²/ha. Die Entwicklung der Grundfläche ist eng mit der Bestandesdichte verbunden. Die Kiefer wurde mit großen Pflanzdichten aufgeforstet. Soweit nur wenig durchforstet wurde, bleibt bis zum Alter von 40 Jahren eine hohe Dichte erhalten (Kurve 1, Abb. 10 rechts).

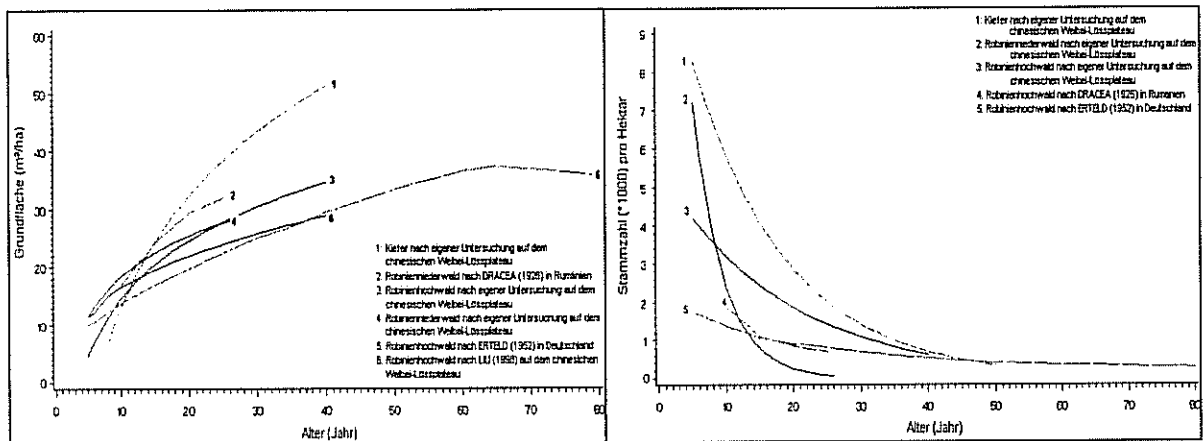


Abbildung 10: Vergleich der Entwicklung der Grundfläche sowie der Stammzahl von Robinien aus Europa (I. EKL.) mit Kiefern- und Robinienaufforstungen im chinesischen Weibei-Lößplateau auf gutem Standort mit schwachem Eingriff

Der Grundflächenzuwachs des Robinienniederwaldes auf dem Weibei-Lößplateau (Kurve 4, Abb. 10 links) zeigt aufgrund höherer Stammzahl (Kurve 2, Abb. 10 rechts) bis zum Alter von 25 Jahren eine Überlegenheit gegenüber dem Hochwald (Kurve 3, Abb. 10 links). Auf bestem Sandboden in Rumänien hat der Niederwald (Kurve 2, Abb. 10 links) die höchste Robiniengrundfläche im Verlauf der Altersentwicklung. Wegen der geringen Bestandesdichte (Kurve 5, Abb. 10 rechts) ist die Grundfläche im Hochwald aus Deutschland (Kurve 5, Abb. 10 links) am kleinsten.

Trotz der Tatsache, dass Liu (1998) im selben Untersuchungsgebiet gearbeitet hat, weicht die Entwicklungskurve der Grundflächen des Robinienhochwaldes (Kurve 3, Abb. 10 links) von den von ihr geschätzten Grundflächenzuwächsen (Kurve 6, Abb. 10 links) ab. Dies ist ein Hinweis darauf, dass Liu in ihrer Studie eine andere Population untersucht hat.

Vorratsentwicklung

Wie die graphische Darstellung (Abb. 11) erkennen lässt, ist der Vorratszuwachs von Robinienhochwald nach Liu (1998) für das Weibei-Lößplateau (Kurve 2) bis zum Alter von 40 Jahren am höchsten; darunter liegen die Kiefern- und Robinienaufforstungen (Kurve 3 – 5)

dieser Untersuchung. Ab etwa einem Alter von 15 Jahren zeigt die Robinie eine höhere Holzproduktion als die Kiefer. Die Vorratskurve des Weißbirkenwaldes (Kurve 6, Abb. 11) liegt am niedrigsten.

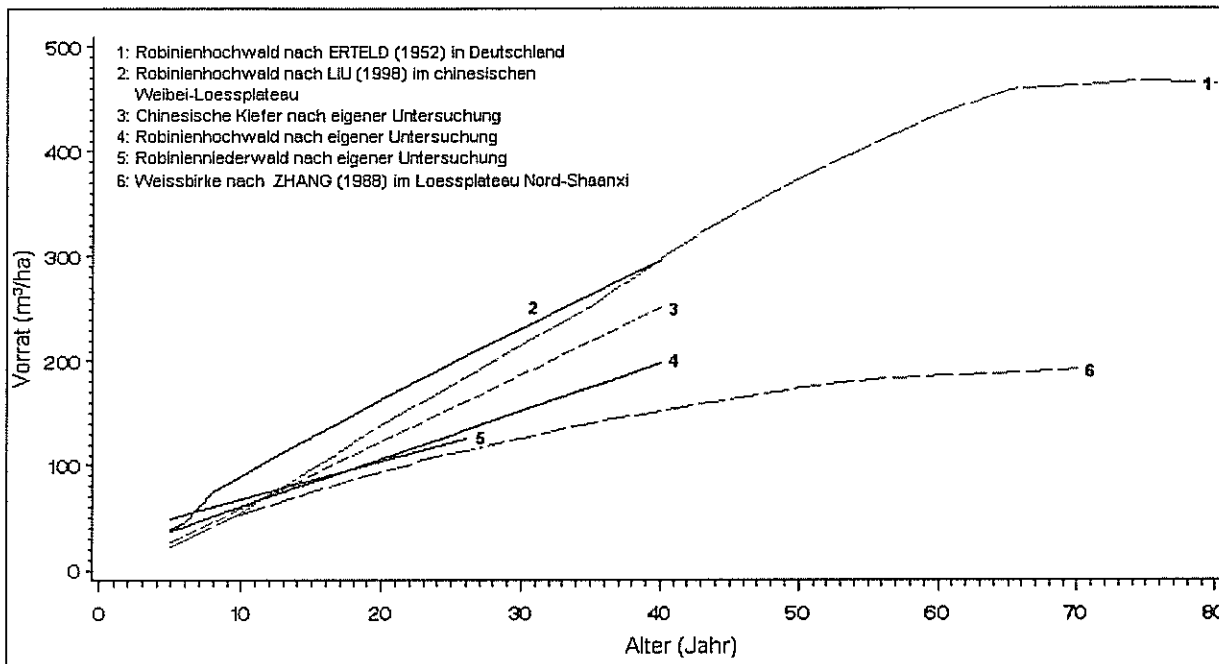


Abbildung 11: Vergleich der Vorratsentwicklung verschiedener Wälder im Weibei-Lößplateau (guter Standort mit schwachem Eingriff) mit Daten aus Deutschland (I. EKL.)

Eine Vorstellung über die Nutzungspotentiale kann anhand der Untersuchungen von Liu (1998) gewonnen werden. Sie hat ein Modell für die Nutzholz- und Grubenholzproduktion entwickelt. Dabei wurde die Ausbeute verschiedener Nutzholzkategorien in einer Tafel angegeben, allerdings fehlt eine eindeutige Definition der verschiedenen Sortimente. Werden die von ihr angegebenen Ausbeuten für das Vorratsmodell der vorliegenden Untersuchung unterstellt (Abb. 12), so zeigt sowohl die Nutzholz- als auch die Grubenholzproduktion der Bestände auf guten Standorten¹ nach Liu (1998) viel höhere Werte als die Bestände der eigenen Untersuchung (gute Standorte mit schwachen Eingriffen).

Bei vergleichbarer Standortgüte ergibt sich nach Liu (1998) bei gleichem Mitteldurchmesser bzw. gleicher Mittelhöhe ein höherer Vorrat und auch eine höhere Holzausbeute als in der eigenen Untersuchung, obwohl die beiden Untersuchungen im selben Gebiet fast zum selben Zeitpunkt (die vorliegende Untersuchung erfolgte 1 Jahr später) durchgeführt wurden und daher ähnliche Entwicklungen der Mittelhöhe und Mitteldurchmesser zeigen (Abb. 8 und 11). Eine der Erklärungen für diese Unterschiede könnte im zugrundeliegenden

¹ Liu (1998) gliedert die Standortgüte nach der Höhenbonität in 4 Klassen: Standort mit Höhenbonität 8, 10, 12, und 14 m. Als guter Standort wird dabei der Mittelwert aus Höhenbonität 12 und 14 m definiert.

Stichprobenverfahren liegen. Liu (1998) untersuchte wahrscheinlich durchforstete Bestände, in denen das Dickenwachstum gezielt gefördert worden war. In diesem Sinn drücken die von ihr erarbeiteten Ertrags- und Holzausbeutetafeln eher das mögliche Potential als den tatsächlichen Zustand im Untersuchungsgebiet aus.

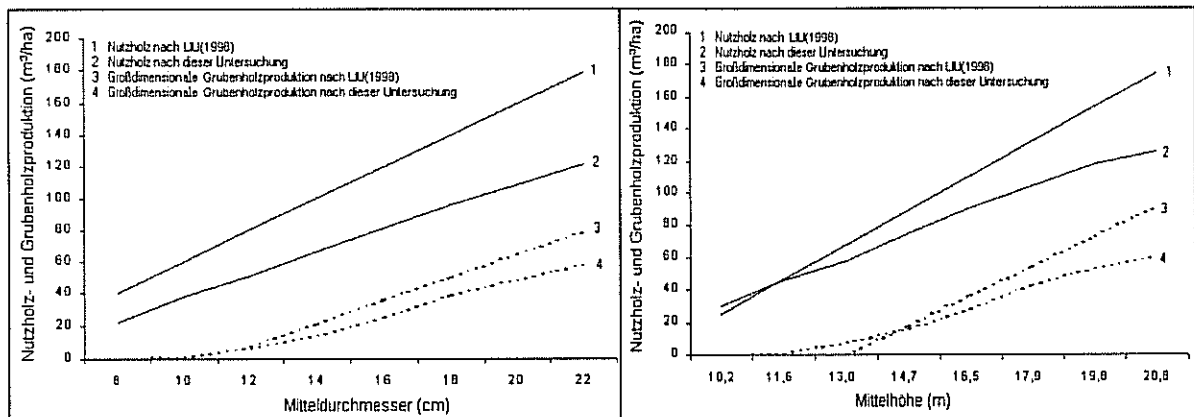


Abbildung 12: Nutzholz- und Grubenholzproduktion aus Robinienauforstungen in Abhängigkeit von Mitteldurchmesser und Mittelhöhe

4. Schlussfolgerungen

Die Einführung einer angepassten und planmäßigen Forstwirtschaft auf dem chinesischen Lößplateau ist dringend notwendig. Vergleiche mit anderen Aufforstungsbaumarten im selben Gebiet und mit den selben Baumarten in anderen Anbauländern zeigen, dass sowohl Robinien- wie Kiefernauforstungen erhebliche Produktionspotentiale bzw. -vorteile aufweisen. Die eigenen Untersuchungen zeigen jedoch, dass die bisherigen unregelmäßigen Eingriffe oft geringe Erfolge bringen und nicht geeignet sind, die möglichen Nutzungspotentiale auszuschöpfen.

5. Zusammenfassung

Seit rund 4 Jahrzehnten werden auf dem chinesischen Weibei-Lößplateau als Maßnahme zur Erosionsbekämpfung und zur Umweltverbesserung umfangreiche Aufforstungen durchgeführt. Um einen tiefergehenden Einblick in die Entwicklung der Robinien- und Kiefernauforstungen über diesen Zeitraum zu gewinnen, wurden Erhebungen in verschieden alten Beständen durchgeführt. Insgesamt wurden 112 Bestände untersucht, wobei 42 dem Robinienhochwald, 24 dem Robinienniederwald und 46 dem Kiefernhochwald zuzurechnen waren. In jedem Bestand wurden Probekreise angelegt und wichtige Kenngrößen des Wachstums, wie BHD und Höhe, erfasst und daraus die Grundfläche und der Vorrat ermittelt. Es zeigte sich, dass die Robinien- und Kiefernbestände nicht die erwartete Wuchsleistung

erbrachten. Es wird gezeigt, dass dies auf die in der Vergangenheit durchgeführten, regellosen Durchforstungen mit unterschiedlichen Eingriffsstärken zurückzuführen ist.

Die untersuchten Robinien- und Kiefernauaufforstungen haben im Vergleich zu anderen Aufforstungsbaumarten im Untersuchungsgebiet, aber auch im Vergleich zu Aufforstungen mit den selben Baumarten in anderen Anbauländern insgesamt ein relativ hohes Wachstums- und Ertragspotential. Dieses Potential kann mobilisiert werden, wenn es gelingt eine planmäßige Forstwirtschaft auf dem chinesischen Lößplateau zu etablieren.

6. Summary

Silvicultural study on Black locust and Chinese pine plantations in the Weibei-Loessplateau, China

Extensive afforestation programmes have been going on for about 40 years aiming at arresting the erosion and improving the environmental conditions on the Weibei-loess plateau. Black locust and Chinese pine are the main species, which have been established in plantations. However, questions about the success of the afforestation and their utilisation possibilities have rarely been addressed till date. Addressing these questions is quite important for effective timber utilisation and for planning future afforestation programmes. Therefore a study including 112 stands of different ages of coppice and high forests of black locust and pine was conducted on the Weibei-loess plateau. In each stand, data were collected from a circular sample plot. Diameter at breast height, total height and some other parameters were measured. Stand parameters such as average height of the vigorous 100 trees per hectare, diameter at breast height, basal area, and volume did not show a development which would be expected for the black locust and pine plantations under the given environmental conditions. This is because of the irregular thinning regimes and utilisation of the stands practised in the investigation area. Because black locust and pine plantations exhibit a high potential of wood production, it is urgently requested to introduce an appropriate and sound silvicultural concept for the management of these plantations in the Chinese loess plateau.

7. Literaturverzeichnis

- Betke D. (1980): Zur Aufforstungsstrategie der VR China für die 80er Jahre. AFZ, Jahrgang 35, S. 1470-1472
- Bortz J. (1985): Lehrbuch der Statistik für Sozialwissenschaftler. 2. Aufl., Springer. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 898 S.
- Chen C. G., Gong L. Q., and Peng H. (1996): Biomass and productivity of the sharptooth oak forests in the Qinling Mountains. Journal of Northwest Forestry College, 11(Supplement):103-114[Chinese]

- Chen C. G., and Peng H. (1996): Standing crops and productivity of the major forest-types at the Huoditang forest region of the Qinling Mountains. *Journal of Northwest Forestry College*, 11(Supplement):92-102[Chinese]
- Dracea M. D. (1926): Beiträge zur Kenntnis der Robinie in Rumänien. Unter Berücksichtigung ihrer Kultur auf Sandböden in der Oltenia. *Oec. Publ. Diss. München. Bucuresti.*
- Draper N.R., Smith H. (1981): *Applied regression analysis*. 2nd ed, Wiley, New York
- El Kateb, H. (1991): Der Einfluss waldbaulicher Maßnahmen auf die Spößgewichte von Naturverjüngungspflanzen im Bergmischwald. *Forstl. Forschungber. München*, Nr. 111, 208 S.
- Erteld W. (1952): Wachstum und Ertrag der Robinie im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik. In: Göhre, Die Robinie und ihr Holz. S. 15-148. *Deutscher Bauernverlag, Berlin.*
- Huntley J.C. (1990): Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). In: *Silvics of North America*. Vol.2, Hardwoods, Burns. M. R. and Honkala H. B. et. al.(eds.), U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 271. Washington, DC., p. 755-761
- Keresztesi B. (1988): *The black locust*. Akademiai Kiado, Budapest.
- Li Y. M. (1988): Site index curves of *Robinia* based on stem analysis data. *Shaanxi forest science and technology*, No.1: 18-23.[in Chinese]
- Liu Y.C. (1998): Models of out-turn of the felling of wood assortments for *Robinia pseudoacacia* Stand. *J. of Northwest Forestry College*, 13(3): 31-36 [in Chinese]
- Liu Y.C. (1998): Yield table of *Robinia pseudoacacia* stands on Weibei loess plateau. *J. Northwest Forestry College*, 13(3):37-41 [in Chinese]
- Luo W. X. (1986) : Timber forest--Chinese pine forests, In: *Forests in Shaanxi*, pp. 190-191. Zhang Y.Q. ed. *Al. Forestry press, Beijing*.[in Chinese]
- Luo W. X., Zhou N. G., Han En.X., Tang D. R., and Zhao H. (1987) : Compiling and application of site index table for black locust in loess plateau of Shaanxi province. *Shaanxi forest science and technology*, No.4: 29-37 [in Chinese]
- Ministry of Forestry (1995): *Forestry development in China*. Ministry of Forestry, Beijing.
- Mu K. P., Xue D. Zh., Li Y. M., and Zhao Zh. (1984): Compiling the quantitative site index table for the black locust plantation in the Wiebei loess plateau. *Proceedings of Forest Management, Chinese Forestry Press*. Pp. 39-40 [in Chinese]
- Peng Hong (2001): Robinien (*Robinia pseudoacacia* Linné) - und Kiefern (*Pinus tabulaeformis* Carr.)-aufforstungen auf dem chinesischen Weibei- Lößplateau. *Shaker Verlag, Aachen*, 188 S.
- Pretzsch H. (1987): Forstplanung und Sandwüstenaufforstung in der Volksrepublik China. *AFZ*, Jahrgang 45, 1177-1180
- Tang D. R. (1988): Compiling and application of diameter class density table of *Robinia pseudoacacia* plantations in Shaanxi loess plateau. *Shaanxi forest science and technology*, No.2: 29-36.[in Chinese]
- Thomasius H. (1990): *Waldbau. Teil 1, Allgemeine Grundlagen*. Herausgegeben von der Karl-Marx-Universität Leipzig, Agrarwissenschaftliche Fakultät.
- Zhang K. J., Xue D. Zh., Song Ch. Zh., and Wang L. (1987): A study on methods and site selection suitable for *pinus tabulaeformis* in Weibei loess plateau. *J. of Northwest Forestry College*, 2(1): 36-47[in Chinese]
- Zhang Y. Q., et al. (1986): *Forests in Shaanxi*. Chinese Forestry Press and Shaanxi Science and Technology press. Beijing, Xi'an. [in Chinese]
- Zhou H., Weisgerber H. (1997): Beiträge zur Wiederbewaldung der Lößhochebene in Nordchina. *Datong/Hann.Münden*.