

Zuwachsuntersuchungen in einem ungleichaltrigen Tannen-, Douglasien-, Kiefern-Naturbestand Nordostmexikos

OSCAR AGUIRRE*, JAVIER JIMÉNEZ* HORST KRAMER**

*Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L., Apartado Postal 41, 67700 Linares, N. L., Mexiko

**Institut für Waldinventur und Waldwachstum, Büsgenweg 5, D-37077 Göttingen

Einleitung

Die Erhaltung und der Schutz von wertvollen Naturwäldern hat in den letzten Jahren auch in Mexiko sehr an Bedeutung gewonnen (KRAMER u. JIMÉNEZ 1990). So werden in zunehmendem Maße Nationalparks und Naturschutzgebiete geschaffen, in denen die forstliche Nutzung ganz untersagt ist oder erheblichen Beschränkungen unterliegt. In diesen zum großen Teil noch nicht erschlossenen, unberührten Waldgebieten bieten sich der Forschung zahlreiche Objekte an, um die Struktur und die Entwicklung der verschiedenen Bestandestypen zu erfassen.

Im vorliegenden Fall erstreckt sich die Untersuchung auf ein erst 1998 gegründetes Naturschutzgebiet in den Hochlagen der Sierra Madre Oriental im Bundesland Nuevo León (Nordostmexiko), in der Nähe der Forstlichen Fakultät der Universität von Nuevo León (UANL) in Linares. Die hierdurch gewonnenen Ergebnisse der dendrometrischen Aufnahmen sollen die Voraussetzung für spätere Vegetations- und Standortsuntersuchungen sowie weitere Biotopuntersuchungen bilden. Das gesamte Untersuchungsgebiet dient sowohl der Forschung als auch der Lehre.

Im Rahmen eines mexikanisch-deutschen Forschungsprojekts wurden während der letzten Jahre eingehende Bestandesuntersuchungen in diesem Gebiet durchgeführt. Neben der Auscheidung, Beschreibung und Kartierung verschiedener Bestandestypen (AGUIRRE *et al.* 2001) wurde ein 1,24 ha großer, ungleichaltriger Nadelholzmischbestand eingehend analysiert. Hierbei wurden für jeden einzelnen Baum die Position eingemessen, das Alter durch Bohrspananalyse bestimmt und neben den üblichen Stammdimensionen verschiedene Kronenparameter ermittelt. Für die vier Baumarten (Tanne, Douglasie, zwei Kiefernarten) konnten charakteristische Unterschiede der Stamm- und Kronenform sowie der Schattentoleranz nachgewiesen werden (JIMÉNEZ *et al.* 2002, KRAMER *et al.* 2002). Aufbauend auf die bisherigen Forschungsergebnisse sollen im Folgenden getrennt für die Baumarten der Durchmesser- und Grundflächenzuwachs der Bäume ermittelt und die Beziehungen zwischen Zuwachs und Stammdurchmesser sowie Alter untersucht werden.

Material und Methoden

Untersuchungsbestand

Der 1,24 ha große Hochgebirgsbestand stockt in 2700 m Höhe am Nordosthang des Cerro Potosí (Sierra Madre Oriental, Nuevo León, Mexiko) auf einem überwiegend flachgründigen Kalksteinverwitterungsboden. Das Klima ist gekennzeichnet durch hohe Jahresniederschläge (1500 mm bis 2000 mm), eine mittlere Jahrestemperatur von ca. 10 °C, und eine starke Windexposition (Jiménez *et al.* 2002).

Der ungleichaltrige (14 bis 126 Jahre) Mischbestand besteht aus *Abies vejari* mit 30% der Stammzahl (N) und nur 12% der Bestandesgrundfläche (G) des gesamten Bestandes, *Pseudotsuga menziesii* (25% N, 24% G), *Pinus ayacahuite* (30% N, 34% G) und *Pinus hartwegii* (15% N, 30% G).

Aufnahmemethodik

Bei der Vollaufnahme des Bestandes wurden für jeden Baum wurden ermittelt: Baumart, Bruthöhendurchmesser, Baumhöhe, Kronenansatz (Höhe des Astansatzes des untersten lebenden Astes), Kronendurchmesser in N-S und O-W Richtung. Zusätzlich wurde das Alter mit Hilfe von Bohrkernen an der Stammbasis bestimmt (Jiménez et al. 2002). Zur Ermittlung des 10-jährigen Durchmesser- und Grundflächenzuwachses wurden bei 1,3 m Höhe (jeweils an der Nordseite des Baumes) Bohrspäne entnommen. Mit Hilfe dieser Originaldaten wurden – getrennt nach Baumarten- berechnet: Stammzahl je ha, Grundfläche je ha, arithmetischer Mitteldurchmesser und arithmetische Mittelhöhe (jeweils mit Standardabweichung und Variationsbreite) und der Schlankheitsgrad (h/d Verhältnis).

Die Bedeutung der einzelnen Baumarten wird durch ihre Abundanz und Dominanz beurteilt. Hierbei werden als Maßstab für die Abundanz die Stammzahl je ha und als ein solcher für die Dominanz i. Allg. die Kronenschirmfläche verwendet (MUELLER-DOMBOIS u. ELLENBERG 1974). Wo die Kronenschirmfläche nicht oder nicht genau genug ermittelt werden konnte, wird die Bestandesgrundfläche als Ausdruck für die Dominanz verwendet (LAMPRECHT 1986, Aguirre et al, 2002).

Im Folgenden wird –getrennt für die vier Baumarten- der Durchmesserzuwachs der letzten 10 Jahre in Abhängigkeit vom Bruthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) und dem Baumalter dargestellt. Anschließend werden Korrelationen zwischen dem 10 jährigen Grundflächenzuwachs der Bäume und ihrem Bruthöhendurchmesser und ihrem Alter geprüft.

Ergebnisse

Bestandesdaten

Der ungleichaltrige, vielschichtige Nadelholzmischbestand aus *Abies vejari*, *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus ayacahuite* und *Pinus hartwegii* zeichnet sich durch eine große Stammzahl aus. Aus Tabelle 1 kann man zunächst die durchschnittliche Abundanz und Dominanz der Baumarten auf den drei Probeflächen entnehmen. Die durch die Stammzahl je ha ausgedrückte Abundanz ist bei *Abies vejari* mit 41% der Gesamtstammzahl am größten, danach folgten *Pseudotsuga menziesii* mit 27 % und *Pinus ayacahuite* mit 24%. Die Häufigkeit ist am geringsten bei *Pinus hartwegii* mit lediglich 8%. Die Dominanz, die hier durch den Grundflächenanteil wiedergegeben wird, ist bei Douglasie (30%), Tanne (29%) und Ayacahuite-Kiefer (28%) etwa gleich groß. Lediglich bei der Schwarzkiefer *Pinus hartwegii* (13%) ist die Dominanz erheblich niedriger, aber deutlich höher als es bei ihrer Abundanz zu erwarten wäre. Die vier Baumarten unterscheiden sich z. T. deutlich in Mitteldurchmesser und Mittelhöhe. So ist *Pinus hartwegii* den drei anderen Baumarten in Durchmesser und Höhe wesentlich überlegen. Aus den jeweiligen Minimal- und Maximalwerten könnte man schließen, daß die Verteilung der Baumarten auf die einzelnen Baumschichten unterschiedlich ist.

Tabelle 1: Bestandesdaten

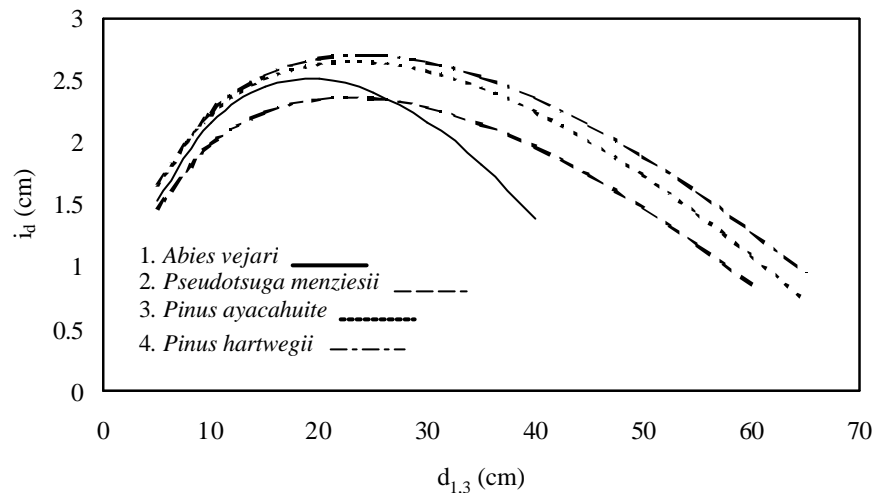
Stand Data

Baumart	N/ha	G/ha (m ²)	Durchmesser (cm)				Höhe (m)				h/d
			$\bar{d}_{1,3}$	$S_d\%$	min	max	\bar{h}	$S_h\%$	min	max	
<i>Abies vejari</i>	360	13,7	19,9	47,7	5,9	35,5	11,0	38,9	4,0	22,5	55
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	240	14,0	24,3	51,8	5,2	49,5	13,4	38,2	4,0	21,8	55
<i>Pinus. ayacahuite</i>	206	13,3	25,9	47,6	8,0	54,7	12,5	31,1	5,5	22,6	48
<i>Pinus hartwegii</i>	67	6,1	32,6	33,2	11,3	49,0	14,9	27,4	6,8	20,2	46
Summe	873	47,1	23,5	49,5	5,2	54,7	12,3	37,0	4,0	22,6	52

N/ha= Abundanz, G/ha= Dominanz

Durchmesserzuwachs

Abbildung 1 zeigt die Korrelation zwischen Durchmesserzuwachs und Durchmesser getrennt nach den vier Baumarten. Der Verlauf der Zuwachskurven von Douglasie und den beiden Kiefernarten ist sehr ähnlich. Der Zuwachs kulminiert bei einem $d_{1,3}$ von 24 cm, ist aber bei den Kiefern größer als bei Douglasie. Einen unterschiedlichen Kurvenverlauf weist die Tanne auf. Der Zuwachs gleicht zunächst dem der Kiefern, kulminiert jedoch bereits bei einem Stammdurchmesser von 18 cm und fällt danach steil ab.



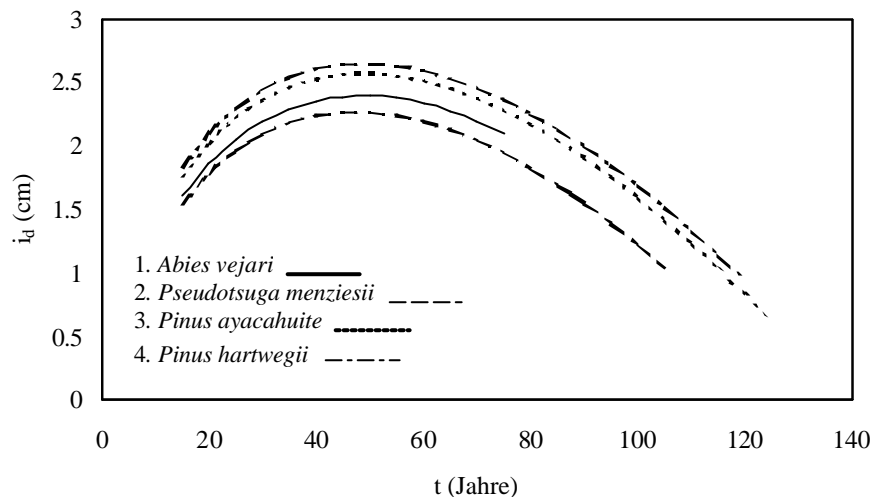
1. $i_d = 36.7703 \cdot d_{1,3}^{0.9964053} - 36.2513 \cdot d_{1,3}$; $n = 149$, $S_y\% = 13.5$, $r_{yy} = 0.749$
2. $i_d = 0.90524 \cdot d_{1,3}^{0.7497337} - 0.310518 \cdot d_{1,3}$; $n = 126$, $S_y\% = 21.2$, $r_{yy} = 0.561$
3. $i_d = 0.989542 \cdot d_{1,3}^{0.731487} - 0.3113933 \cdot d_{1,3}$; $n = 154$, $S_y\% = 22.2$, $r_{yy} = 0.575$
4. $i_d = 0.978792 \cdot d_{1,3}^{0.718052} - 0.287084 \cdot d_{1,3}$; $n = 75$, $S_y\% = 17.4$, $r_{yy} = 0.703$

Abbildung 1: 10 jähriger Durchmesserzuwachs (i_d) in Abhängigkeit vom Durchmesser ($d_{1,3}$).
10 years diameter increment (i_d) depending on diameter ($d_{1,3}$).

Die Abbildung 2 macht deutlich, dass der altersabhängige Durchmesserzuwachs bei den vier Baumarten sehr ähnlich ist. Der Zuwachs steigt langsam bis zum Kulminationspunkt im Alter

von 50 Jahren an, um danach gleichmässig abzusinken. Auffallend ist, dass der Zuwachs der beiden Lichtbaumarten (*Pinus hartwegii* und *Pinus ayacahuite*) höher ist als bei Tanne und Douglasie.

Der Zuwachsgang unterscheidet sich wesentlich von dem der Nadelbäume im gleichaltrigen Bestand, bei dem nach Erteld und Hengst (1966) das Dickenwachstum von Kiefer meist schon vor 10 Jahren und von Fichte zwischen 8 und 12 Jahren kulminiert.

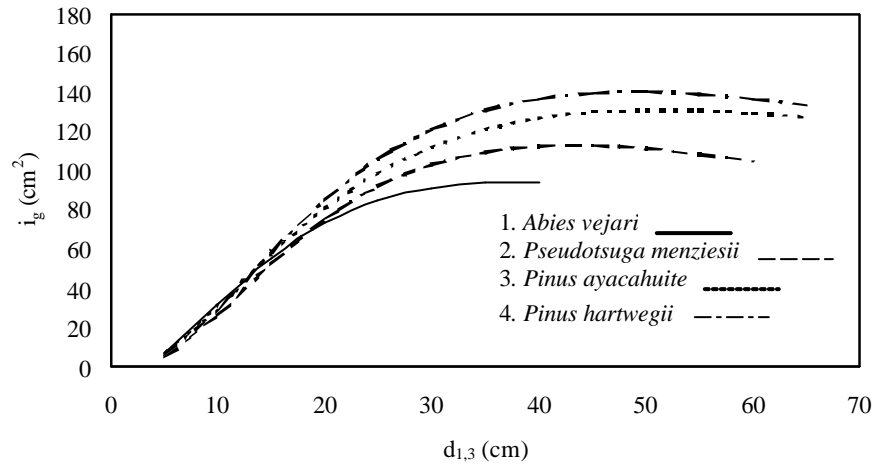


1. $i_d = 11.4616 \cdot t^{0.99566} - 11.22084 \cdot t$; $N = 149$, $S_y\% = 17.0$, $r_{yy} = 0.551$
2. $i_d = 6.13945 \cdot t^{0.991982} - 5.90468 \cdot t$; $N = 126$, $S_y\% = 22.4$, $r_{yy} = 0.483$
3. $i_d = 0.941493 \cdot t^{0.92556} - 0.6523363 \cdot t$; $N = 154$, $S_y\% = 23.8$, $r_{yy} = 0.478$
4. $i_d = 0.7552684 \cdot t^{0.890289} - 0.4388613 \cdot t$; $N = 75$, $S_y\% = 19.0$, $r_{yy} = 0.631$

Abbildung 2: 10 jähriger Durchmesserzuwachs (i_d) in Abhängigkeit vom Alter (t).
10 years diameter increment (i_d) depending on age (t).

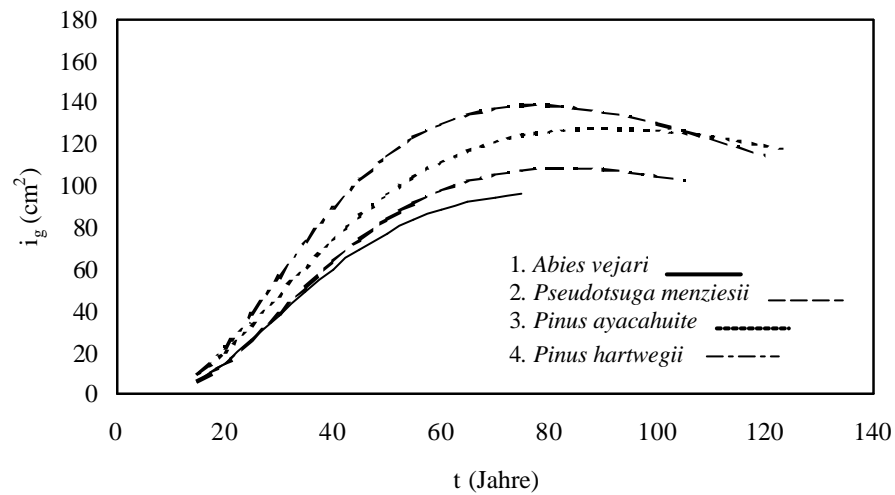
Grundflächenzuwachs

Sowohl zwischen Grundflächenzuwachs und Brusthöhendurchmesser (Abbildung 3) als auch zwischen Grundflächenzuwachs und Alter (Abbildung 4) bestehen enge Zusammenhänge. Der multiple Korrelationskoeffizient mit Werten zwischen 0.81 und 0.98 ist hier wesentlich höher als die entsprechenden Werte beim Durchmesserzuwachs (0.48-0.75). Bedingt durch die von Jiménez et al. (2002) nachgewiesene enge Korrelation zwischen Alter und Brusthöhendurchmesser ähneln sich die Kurvenverläufe des Grundflächenzuwachses über Durchmesser und Alter. Nach Erreichen des Kulminationspunktes nimmt der Grundflächenzuwachs nur unbedeutend ab. Lediglich bei der Baumart mit dem höchsten Zuwachs (*Pinus hartwegii*) sinkt der Zuwachs deutlich in höheren Alter. Zu bemerken ist jedoch, dass bei allen Baumarten der Kurvenbereich beim Alter von über 100 Jahre nur durch wenige Bäume bestimmt ist. Aus der Abbildung ist zu entnehmen, dass der Grundflächenzuwachs der beiden Kiefernarten dem von Douglasie und Tanne deutlich überlegen ist. Im Alter von 70 Jahren überragt der Zuwachs der ausgesprochenen Lichtbaumart *Pinus hartwegii* den der Schattenbaumart Tanne um 44%.



1. $i_g = \exp(-3.895725 + 4.668517 \cdot \ln(d_{1,3}) - 0.645802 \cdot \ln(d_{1,3})^2)$; $n = 149$, $S_y\% = 11.4$, $r_{yy} = 0.981$
2. $i_g = \exp(-4.958204 + 5.141066 \cdot \ln(d_{1,3}) - 0.6824965 \cdot \ln(d_{1,3})^2)$; $n = 126$, $S_y\% = 21.5$, $r_{yy} = 0.956$
3. $i_g = \exp(-3.586444 + 4.29732 \cdot \ln(d_{1,3}) - 0.545677 \cdot \ln(d_{1,3})^2)$; $n = 154$, $S_y\% = 19.8$, $r_{yy} = 0.957$
4. $i_g = \exp(-4.515427 + 4.86313 \cdot \ln(d_{1,3}) - 0.6251754 \cdot \ln(d_{1,3})^2)$; $n = 75$, $S_y\% = 16.2$, $r_{yy} = 0.962$

Abbildung 3: 10 jähriger Grundflächenzuwachs (i_g) in Abhängigkeit vom Durchmesser ($d_{1,3}$).
10 years basal area increment (i_g) depending on diameter ($d_{1,3}$).



1. $i_g = \exp(-13.97893 + 8.443715 \cdot \ln(t) - 0.9610647 \cdot \ln(t)^2)$; $n = 149$, $S_y\% = 34.5$, $r_{yy} = 0.814$
2. $i_g = \exp(-14.9348 + 8.88261 \cdot \ln(t) - 1.005445 \cdot \ln(t)^2)$; $n = 126$, $S_y\% = 35.5$, $r_{yy} = 0.874$
3. $i_g = \exp(-11.7658 + 7.37706 \cdot \ln(t) - 0.819015 \cdot \ln(t)^2)$; $n = 154$, $S_y\% = 33.8$, $r_{yy} = 0.866$
4. $i_g = \exp(-14.0993 + 8.746915 \cdot \ln(t) - 1.005193 \cdot \ln(t)^2)$; $n = 75$, $S_y\% = 23.1$, $r_{yy} = 0.920$

Abbildung 4: 10 jähriger Grundflächenzuwachs (i_g) in Abhängigkeit vom Alter (t).
10 years basal area increment (i_g) depending on age (t).

Diskussion

In diesem ungleichaltrigen natürlichen Nadelholzbestand weisen die beiden Kiefernarten bei gleichem Alter, aber auch bei gleichem Brusthöhendurchmesser und gleichen Kronenmaßen (Kronenschirmfläche und Kronenmantelfläche) einen deutlich höheren Grundflächenzuwachs auf als Douglasie und Tanne. Aus dem größeren Grundflächenzuwachs der Kiefern kann man jedoch nicht ohne weiteres auf deren Überlegenheit beim Volumenzuwachs schließen, zumal in beiden Höhenzonen der Schlankheitsgrad (h/d) der beiden Kiefernarten deutlich niedriger ist als der von Tanne und Douglasie und dementsprechend geringere Formzahlen zu erwarten sind.

Es bietet sich an, den Durchmesserzuwachs dieses Bestandes mit dem entsprechenden Zuwachs in schweizer Plenterwäldern zu vergleichen (Schütz 2001, S. 116), bei dem der jährliche Durchmesserzuwachs über dem Brusthöhendurchmesser angegeben wird. Aus Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass der Durchmesserzuwachs auf dem Cerro Potosí (2700 m über Meereshöhe) bei einem BHD zwischen 20 cm und 35 cm mit einem jährlichen Durchmesserzuwachs von etwa 2,5 mm kulminiert und danach wieder deutlich absinkt. Auch bei dem Tannenplenterwald Hasliwald in einer Tieflage (550 m über dem Meer) nimmt der Zuwachs nach der Kulmination stark ab. Allerdings erreicht er dort wegen des sehr guten Standorts mehr als 6 mm. Der maximale Durchmesserzuwachs im mexikanischen Bestand entspricht genau dem Zuwachs des subalpinen Fichtenplenterwaldes im Habichtswald (1500m ü. d. M.).

Literatur

Aguirre, O.; Jiménez, J.; Kramer, H.; Akça, A. 2001. Ausscheidung und Strukturanalysen von Bestandestypen in einem unberührten Naturwald Nordmexikos – als Grundlage für die Biotopforschung. Forstarchiv 72, 17-25.

Aguirre, O.; Jiménez, J.; Kramer, H. 2002. Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro Potosí, Nuevo León, México. Ciencia UANL. En prensa.

Jiménez, J.; Kramer, H.; Aguirre, O. 2002. Bestandesuntersuchungen in einem ungleichaltrigen Tannen-, Douglasien-, Kiefern-Naturbestand Nordostmexikos. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 173, 47-55.

Kramer, H.; Jiménez, J. 1990. Forstliche Eindrücke aus Mexiko. Forst u. Holz 45, 681-685.

Kramer, H.; Jiménez, J.; Kätsch, Chr.; Aguirre, O. 2002. Kronenuntersuchungen in einem ungleichaltrigen Nadelholzmischbestand in den Hochlagen der Sierra Madre Oriental, Mexiko. Forstarchiv. Im Druck.

Lamprecht, H. 1986. Waldbau in den Tropen. Paul Parey, Hamburg u. Berlin.

Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons, New York.

Schütz, J.-P. 2001. Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey Buchverlag, Berlin.

Verfasser: Dr. Oscar Aguirre, Dr. Javier Jiménez, Facultad de Ciencias Forestales U.A.N.L., Apartado Postal 41, 67700 Linares, Nuevo León, México, eMail: oguirre@fcf.uanl.mx, jjimenez@fcf.uanl.mx; Prof. Dr. h.c. Horst Kramer, Institut für Waldinventur und Waldwachstum, Büsingenweg 5, D 37077 Göttingen, eMail: horst-rf-kramer@t-online.de.