

Bestimmung des Einflusses der Kronenform und der lokalen Konkurrenz auf den Zuwachs von Nadelbäumen mit Hilfe terrestrischer Laserscannerdaten

Stefan Seifert

Lehrstuhl für Waldwachstumskunde
Technische Universität München
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2
85354 Freising
seifert@tum.de

Abstract: Die Krone eines Baums ist ausschlaggebend für den Zuwachs. Die Kronendimensionen werden üblich nur durch Ablotung von Kronenradien und Messung der Kronenlänge ermittelt. In diesem Beitrag wird gezeigt, dass die übliche Projektion der Kronen die realen Kronenabstände deutlich unterschätzt. Zudem erlauben höher aufgelöste Kronenbeschreibung aus terrestrischen Laserscanner-Aufnahmen eine bessere Zuwachsvorhersage der untersuchten Bäume.

1. Problematik

Der Standort und die Verfügbarkeit von Licht sind zwei limitierende Faktoren für das Baumwachstum. Die Menge des Lichts, das ein Baum im Bestand nutzen kann, wird von seiner eigenen Krone und den Kronen seiner direkten Nachbarn beeinflusst. Üblicherweise werden daher Kronenmodelle verwendet, um die räumliche Kronensituation nachzubilden [PBD02], [VH08]. Diese Kronenmodelle werden vor allem durch so genannte Kronenablotungen, einer Horizontalprojektion der Kronen und die Messung der Kronenlänge parametrisiert. Für detailliertere, dreidimensionale Kronenbeschreibungen kamen bisher aufwendige, destruktive Messmethoden zum Einsatz [Sc54], [Gr02], [Se03]. Die Vermessung der Kronenform mit Hilfe von terrestrischen Laserscannern ist gut geeignet, um die Kronenform exakt wiederzugeben [SS09]. In dieser Arbeit wird nun gezeigt, ob eine hoch aufgelöste Beschreibung der Kronenform relevant für die Bestimmung des Baumzuwachses ist und damit einen Mehrwert gegenüber den bisher verwendeten einfachen Kronenmodellen darstellt.

2. Untersuchungsgebiet

Für die Untersuchung der Kronenformen wurden auf 13 Versuchspartzen Laserscanner-Aufnahmen durchgeführt. Die Versuchspartzen befinden sich an der Grenze zum

borealen Wald im Zentrum von British Columbia (54°35'N, 126°55'W). Die Plots wurden so ausgewählt, dass die ca. 70-jährigen Mischbestände einen Standortgradienten bilden. Die Hauptbaumarten sind Küsten-Kiefer (*Pinus contorta*), Felsen-Tanne (*Abies lasiocarpa*) und Weiß-Fichte (*Picea glauca*).

3. Methodik

In jeder Parzelle wurde eine Gruppe von 10 bis 20 Bäumen ausgewählt und diese durch 5 – 6 einzelne Laserscans vermessen. Der verwendete Laserscanner Riegel LMS-Z360i wurde dabei in First Target Mode mit einer Winkelauflösung von 0,12 Grad betrieben. Die einzelnen Scans wurden über die Positionen der mit vermessenen Reflektoren zusammengesetzt. Aus dieser Punktwolke wurden alle gut erkennbaren Baumobjekte manuell freigestellt. Zusätzlich zu den Laserscans wurden die Baumart, die Baumhöhe, der Durchmesser in 1,3 m Höhe und die Höhe des Kronenansatzes an den ausgesuchten Bäumen bestimmt. Der Durchmesserzuwachs der letzten zehn Jahre wurde dabei über Zuwachsbohrungen erhoben.

Für die Untersuchung der Kronenabstände zwischen direkten Baumnachbarn wurde zunächst der komplette virtuelle Bestand in 1 m hohe horizontale Schichten unterteilt, dann für jedes Baumobjekt eine horizontale zweidimensionale konvexe Hülle als Kronenrand bestimmt. In einen Bereich von 1 m Breite zwischen den Baumspitzen eines Baumpaars dürfen nur die konvexen Hüllen der Kronen des Baumpaars hineinragen und keine weiteren Kronen hineinreichen, um als gültiger Nachbarschaftsbereich zu gelten. Der Abstand zwischen den konvexen Hüllen in einem gültigen Nachbarschaftsbereich wurde als Kronenabstand (D_i) des Baumpaars in der jeweiligen Schicht definiert. Der kleinste dieser horizontalen Abstände des Baumpaars wird als realer minimaler Abstand angesehen ($D_{min} = \min D_i$). Zudem wurde der minimale Abstand aller Schichten des Baumpaars, ohne Berücksichtigung der Schichthöhe, als Ablotungsabstand D_{abl} definiert.

Um die Relevanz von hochaufgelösten Kronenformmodellen zu zeigen wurden drei Modelle zur Bestimmung des Durchmesserzuwachses zd berechnet (Tabelle 2). In Modell A wurde dabei nur der Stammdurchmesser bhd , die Fläche der Kronenprojektion $area$ und die Baumhöhe h verwendet, in Modell B ein Konkurrenzindex CI , der die Konkurrenzsituation über einfache rotationssymmetrische Kronenformmodelle beschreibt [PBD02]. Modell C enthält denselben Konkurrenzindex, jedoch wurden anstelle der Kronenformmodelle die konvexen Hüllen der tatsächlichen Kronen hinterlegt (CI_{Laser}). Die Modelle sind möglichst einfach gehalten und sollen nicht eine exakte Vorhersage des Durchmesserzuwachses ermöglichen, sondern den Beitrag der Laserscandaten bzw. der hoch aufgelösten Kronenbeschreibung ersichtlich machen.

4. Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt D_{abl} über D_{min} . In Tabelle 1 ist der Zusammenhang beider Variablen als lineares Modell wiedergegeben. D_{abl} ist im Durchschnitt um 20 Prozent kleiner als D_{min} .

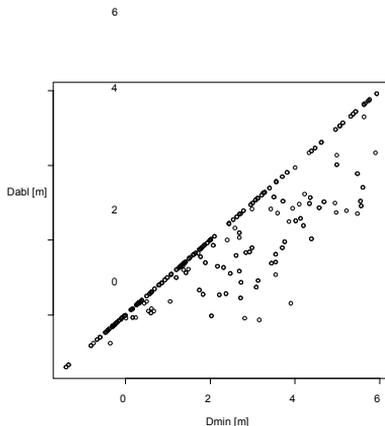


Abbildung 1: Der Abstand der Baumkronen, den man durch eine Horizontalprojektion erhalten würde (D_{abl}), aufgetragen auf den gemessenen minimalen Kronenabstand (D_{min})

Modell	Schätzwert	Freiheitsgrade	R^2 (adj)	F-Statistik
$D_{abl} = a \cdot D_{min}$	$a = 0,80378$	376	0,9153	$p < 2,2e-16$

Tabelle 1: Parameter des linearen Modells für den Zusammenhang zwischen D_{min} und D_{abl}

Die Parametrisierungsergebnisse der Modelle A, B und C sind in Tabelle 2 aufgeführt. Alle Parameter sind dabei jeweils signifikant.

Modell	Parameter	R^2 (adj.)	F-Statistik
A: $z_d = a + b \cdot bhd + c \cdot h + d \cdot area$	a: 0,532582 b: 0,033306 c: -0,038262 d: 0,026792	0,246	3,403e-11
B: $z_d = a + b \cdot bhd + c \cdot h + d \cdot area + e \cdot CI$	a: 0,634388 b: 0,033371 c: -0,041418 d: 0,023002 e: -0,004960	0,258	3,269e-11
C: $z_d = a + b \cdot bhd + c \cdot h + d \cdot area + e \cdot CI_{Laser}$	a: 0,732164 b: 0,033044 c: -0,045829 d: 0,022957 e: -0,011002	0,266	1,337e-11

Tabelle 2: Parameter der Zuwachsmodele A bis C

5. Diskussion

Der Kronenraum, den ein Baum zur Verfügung hat, wird zumeist über die Kronenablotung ermittelt. Der wahre Abstand zwischen den Bäumen wird im Mittel 20 % unterschätzt. Die Baumkronen berühren sich weit weniger, als Horizontalprojektionen vorhersagen. Der Raum wird zum überwiegenden Teil immer nur von einer Baumkrone beansprucht und es wird nicht eine Raumeinheit unter mehreren Kronen aufgeteilt. Dies hat Auswirkungen auf Untersuchungen zur Raumnutzungseffizienz und zur Modellbildung über die Vorgänge in Mischbeständen.

Dass eine echte dreidimensionale Kronenoberflächenbeschreibung bessere Zuwachsvorhersagen als bisher verwendete Kronenmodelle erlaubt geht aus Tabelle 2 hervor. Mit Hilfe der Daten der einfachen konvexen Hülle konnte der RMSE der Zuwachsvorhersage abgesenkt werden (Tabelle 3).

Modell	A	B	C
RMSE [mm]	0.440	0.435	0.432

Tabelle 3: RMSE der Modelle A bis C

Zusammenfassend kann man sagen, dass terrestrische Laserscans zur Beschreibung der Kronenform gut geeignet sind und erst diese Art der Messung auch die Berücksichtigung der Nachbarschaftsverhältnisse in gleich hoher Auflösung zulässt. Die Mehrinformation aus diesen Messungen hat zudem einen Einfluss auf die Vorhersagegenauigkeit des Zuwachses und enthält damit relevante Informationen über die Kronen und die Interaktion von benachbarten Kronen.

Literaturverzeichnis

- [PBD02] Pretzsch H., Biber P., Dursky J., 2002 The single tree-based stand simulator SILVA: construction, application and evaluation. *Forest. Ecol. and Manage.* 162: 3–21
- [VH08] Vincent G., Harja D., 2008 Exploring ecological significance of tree crown plasticity through three-dimensional modelling. *Annals of Botany* 101: 1221–1231.
- [Sc54] SCHÖPF J., 1954 Untersuchungen über Astreinigung der Selber Kiefer. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 73, 275–290.
- [Gr02] Grote R., 2002 Foliage and branch biomass estimation of coniferous and deciduous tree species. *Silva Fenn.* 36(4): 779-788.
- [Se03] Seifert, T. 2003 Integration von Holzqualität und Holzsortierung in behandlungssensitive Waldwachstumsmodelle, Dissertation, Technische Universität München, 330 S.
- [HP10] Huang P., Pretzsch H. 2010 Using terrestrial laser scanner for estimating leaf areas of individual trees in a conifer forest. *Trees.* 24: 609–619.
- [SS09] Seifert S., Seifert T. 2006 Bodengestütztes Laserscanning zur Erfassung der Nadelbiomasse bei Fichte, In: Nagel, J. DVFF Sektion Ertragskunde: Beiträge zur Jahrestagung 2006, 86-97