



Modellierung teleonomischer Kronendynamiken von Kulturpflanzen und Bäumen mittels räumliche Blätterdichten

Funktionell-strukturelle Pflanzenmodelle vereinen die Wachstumsmechanismen prozessbasierter Modelle mit der Geometrie architektonischer Modelle. Solche Modelle lassen sich im Wesentlichen unterteilen in kleinmaßstäbliche Modelle mit topologischer Architektur – die häufig datenintensive Parametrisierungen, Parametersensitivität sowie hohe Rechenintensität mit sich ziehen – und großmaßstäbliche Modelle, die auf einer Beschreibung der Kronenform mittels rigider Strukturen wie etwa empirischen Kronenhüllen basieren – und der räumlichen Variabilität und Plastizität der Kronenstruktur und -form gegenüber lokaler biotischer oder abiotischer Faktoren bisweilen nur schwer Rechnung tragen können.

Vor diesem Hintergrund, und nicht zuletzt motiviert durch den Erfolg räumlicher Dichtemodelle innerhalb der theoretischen Ökologie, wird die räumliche Verteilung des Pflanzenblattwerks in dieser Arbeit mittels der räumlichen Blätterdichte charakterisiert, die eine vollständig lokale Beschreibung ohne a priori Plastizitätseinschränkungen ermöglicht und zugleich robust und recheneffizient ist. Die Dissertation stellt dynamische Wachstumsmodelle für Feldfrüchte und Bäume vor, untersucht verschiedene mathematische Ansätze in stetiger und diskreter Zeit, diskutiert kritisch deren konzeptuelle Eignung und sucht nach analytischen Vereinfachungen und Lösungen um Simulationen zu beschleunigen.

Das Lambert-Beer'sche Gesetz über den Durchgang von Licht durch ein absorbierendes Medium erlaubt die Bestimmung lokaler Lichtbedingungen innerhalb der Krone, auf Basis derer die lokale Biomassenproduktion berechnet wird. Ein zentraler Mechanismus der verschiedenen vorgestellten Modelle ist die lokale Ausbreitung der Blätterdichte in Richtung des Lichtgradienten, welcher mit der hinsichtlich zukünftiger Biomassenproduktivität aussichtsreichsten Richtung zusammenfällt. Diese Sichtweise spannt den Bogen zu teleonomischen und optimalen Pflanzenwachstumsmodellen. Der Ansatz ermöglicht insbesondere die ansonsten komplexe Modellierung von Verzweigungsprozessen außer Betracht zu lassen. In den entsprechenden Simulationen lässt sich eine horizontale sowie aufwärtsgerichtete Ausbreitungsbewegung des Blattwerks beobachten. Die horizontale Ausbreitung verlangsamt sich sobald die Krone eines benachbarten Konkurrenten erreicht wird, da der entsprechende Bereich bereits beschattet ist, und sich der lokale Lichtgradient entsprechend ändert. Dies führt automatisch zu schmaleren Kronen im Falle erhöhten Wettbewerbs, und damit schlussendlich zu verringerter Biomassenproduktion und zukünftigem Wachstum aufgrund geringerer Lichtabsorption. In einem zusätzlichen Schritt wird der Einfluss von Wasserverfügbarkeit der bisher betrachteten Lichtabhängigkeit der Biomassenproduktion mittels eines neu entwickelten hydraulischen Modells, das im Kontext stomataler Kontrolle das mechanistische Gleichgewicht von Wasserpotential und Transpiration bestimmt, hinzugefügt. Die Allokation produzierter Biomaße zu weiteren Pflanzenkompartimenten wie Wurzeln und oberirdischem Holz, kann etwa mittels der "Pipe Model Theory" ohne Weiteres in die Blätterdichtedynamik eingebettet werden.

Die Modellsimulationen werden mit einer Reihe empirischer Beobachtungen verglichen, die von langfristigen Forstinventurdaten bis hin zu laserefassten räumlichen Daten reichen, und vielfältige abiotische Umweltbedingungen und Wachstumsfaktoren sowie Bestandesdichten und damit

Wettbewerbsgrade abdecken. Die Modelle generieren zahlreiche komplexe emergente Eigenschaften, zu denen die realistische Vorhersage biometrischer Wachstumsparameter, die spontane Anpassungsfähigkeit und Plastizität der Kronenmorphologien in verschiedenen Wettbewerbsszenarien, die empirisch beschriebene Unempfindlichkeit der mittleren Baumhöhe gegenüber der Bestandesdichte, die korrekte Verlangsamung des Höhenwachstums sowie die Übereinstimmung mit allometrischen Gesetze gehören – und so insgesamt das Potential blätterdichtebasierter Modelle zureffizienten und robusten Pflanzenwachstumsmodellierung verdeutlichen.