



**Thomas Rötzer**

Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, TU München

Email: [thomas.roetzer@lrz.tum.de](mailto:thomas.roetzer@lrz.tum.de)

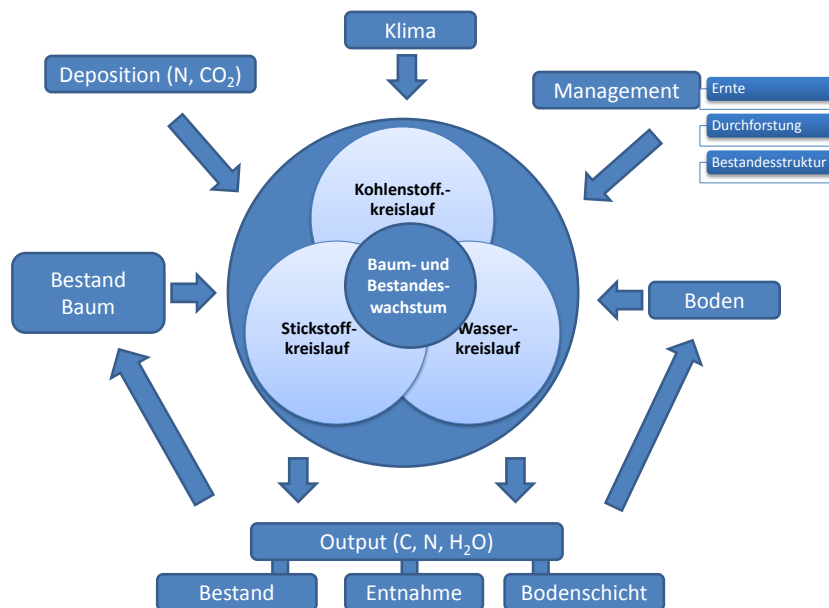
April, 2015

### **Kurzbeschreibung**

Das physiologische Wachstumsmodell BALANCE beschreibt die dreidimensionale ober- und unterirdische Entwicklung einzelner Bäume in Abhängigkeit von den äußeren Umweltfaktoren Witterung, CO<sub>2</sub>-Konzentration, Bodenbedingungen sowie Schadstoffen und der individuellen Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe. Die räumlichen Ebenen der Berechnung reichen vom Bestand über Einzelbäume und Baumkompartimente (Krone, Stamm, Wurzel) bis hin zu Kronen- und Wurzelschichten, die wiederum in Segmente eingeteilt werden. Sie stellen die Berechnungsgrundlage aller Kreisläufe und Prozesse dar. Die das Wachstum eines Baumes bestimmenden Prozesse werden in zeitlich unterschiedlicher Auflösung berechnet. Die Ressourcenverfügbarkeit wird in Tagesschritten für jeden einzelnen Baum bzw. jedes einzelne Segment bestimmt (Witterung, Wasserhaushalt und Phänologie). Am Ende jeder Dekade (= 10 Tage) werden die Werte der Ressourcenverfügbarkeit aufsummiert und bilden die Basis für die physiologischen Prozesse Photosynthese und Respiration sowie für den Nährstoffkreislauf. Die C-Allokation erfolgt in den gleichen Zeitschritten. Dabei wird der neu gewonnene Kohlenstoff auf Laub, Äste, Grob- und Feinwurzeln sowie Stammholz verteilt. Am Ende des Jahres wird die dreidimensionale Struktur eines jeden Baumes sowie des gesamten Bestandes neu berechnet. Entsprechend den Biomasseveränderungen werden das Höhen- und Durchmesserwachstum sowie die Kronenausdehnung eines jeden Baumes bestimmt. Die Dimensionsveränderung erfolgt aus der über das Jahr realisierten Zunahme von Stammholz, Grobwurzeln und Astholz. Dabei richtet sich der Anteil, der jedem Segment zugeordnet wird, nach seiner Effektivität, d.h. nach dem Verhältnis zwischen Kohlenstoffaufnahme und -abgabe. Für die Aufteilung des Stammholzzuwachses ist das Verhältnis der Effizienzen von Sonn- und Schattenkrone entscheidend. So führt beispielsweise starker Seitendruck, d.h. geringer Lichtgenuss in der Schattenkrone bzw. reduzierter Lichtgenuss in der Sonnenkrone, zu einer Einschränkung des Lateralwachstums und eventuell zu verstärktem Höhenwachstum. Freistand oder vollständige Überschirmung, d.h. geringe Unterschiede zwischen Sonn- und Schattenkrone, bewirken dagegen eine eher horizontale Ausbreitung.

Bei der Modellierung mit BALANCE werden zum einen die wesentlichen Flussgrößen des Wasser-, Kohlenstoff- und Stickstoffhaushalts, zum anderen das Wachstum der Bäume, das von diesen Größen abhängt, und die Konsequenzen, die sich daraus für die Bestandesstruktur ergeben, betrachtet. Das Hö-

hen- und Dickenwachstum des Stammes und die Ausdehnung der Krone bzw. des Wurzelraumes werden ergeben sich aus den in Dekadenschritten simulierten physiologischen Prozessen Photosynthese, Atmung, Verteilung des Kohlenstoffs und Stickstoffs im Baum und Gewebealterung.



Die Photosynthese ist eine Funktion von Blattfläche, Licht, Temperatur und CO<sub>2</sub>-Konzentration und kann durch Wasser- und Nährstoffmangel sowie Schadstoffe reduziert werden. Die Atmung setzt sich aus Erhaltungs- und Wachstumsatmung zusammen. Während die Wachstumsatmung ein fester Anteil der Bruttoassimilation ist, ist die Erhaltungsatmung eine Funktion von Temperatur und Biomasse. Die Berechnung des relativen Lichtgenusses wurde aus dem Konkurrenz-Algorithmus des Simulators SILVA abgeleitet. Anders als dort wird in BALANCE der Suchkegel zur Abschätzung der Konkurrenz nicht einmal pro Baum, sondern über jeden einzelnen Kronensektor in variabler Anzahl separat aufgespannt.

Die Simulation des Wasserhaushalts berücksichtigt die Bodenbedingungen in verschiedenen Schichten sowie den Einfluss der Interzeption und Perkolation durch die Schirmflächen- und Wurzelverteilung. Da das Durchwurzelungsvolumen von der Baumgröße und der Stellung zu den Konkurrenten abhängt, spiegelt sich auch hier der Einfluss der Bestandesstruktur und der Mischungsverhältnisse wider. Die tatsächliche Evapotranspiration wird nach Penman-Monteith bestimmt, wobei sowohl die täglichen Witterungsbedingungen als auch Blattfläche, aktuelle Kroneninterzeption und transpirierbarer Wasservorrat im Boden berücksichtigt werden. Die Nährstoffaufnahme ergibt sich als Minimum von Bedarf, Angebot und Aufnahmevermögen. Gegenwärtig wird dabei nur der Stickstoffkreislauf als wichtigstes Nährelement betrachtet. Der Bedarf wird aus der Differenz zwischen aktueller Stickstoffkonzentration und vorgegebener optimaler Konzentration ermittelt. Das Angebot ergibt sich aus den Bodeneigenschaften des durchwurzelten Bodens, das Aufnahmevermögen ist durch die Wurzeloberfläche und ihre Aufnahmevermögen vorgegeben.

Um die Zusammenhänge von Umwelteinflüssen und Wachstum darstellen zu können, muss zudem die jahreszeitliche Entwicklung der Blätter bekannt sein. Mit dem Beginn des Laubaustriebs ändert sich die Laubfläche, die Biomasse wie auch die Strahlungsverteilung und -absorption. Dementsprechend bestimmt der Laubaustrieb eines Baumes sein Assimilations- und Respirationsvermögen, verändert aber auch die Umweltbedingungen der Nachbarbäume. In BALANCE wird der Beginn des Laubaustriebs anhand eines baumartenspezifischen Temperatursummenmodells bestimmt, die Laubseneszenz wird in Abhängigkeit der Respirationssumme geschätzt.