



# Eine kurze Geschichte des Modells 4C

---

*Autoren:*

Franz-W. Badeck, Harald Bugmann, Cornelia Fürstenau, Rüdiger Grote, Martin Gutsch, Chris Kollas, Christopher Reyer, Petra Lasch-Born, Felicitas Suckow

Member of

*Leibniz*  
Leibniz  
Association

PIK - Kolloquium, Potsdam, 27.02.2019

# Institut für Ökosystemforschung - IfÖ

---

- Institut der AdW Anfang 1990 neu gegründet
- Abwicklung des Instituts Ende 1991
- Erste Begegnung mit H. J. Schellnhuber, geschildert in seinem Buch „Selbstverbrennung“



*Ein Sechsgeschosser auf dem Gelände der Normannenstraße: Wo noch vor einem Jahr die Staatssicherheit ihr Unwesen trieb, wird heute Ökosystemforschung betrieben.*

spectrum 21 (1990) 11

# Erster Projektantrag

## ➤ Erster Projektantrag beim BMFT Juli 1991

Dieses Projekt ist ein Beitrag zur Untersuchung der Wirkung von Klimaveränderungen auf Forst-Ökosysteme.

Kiefern-Ökosystemmodells:

mittels Klimaszenarien

mittel- und langfristige Verhalten von Kiefern-

Ökosystemen

Antrag auf Gewährung einer Bundeszuwendung auf Ausgabenbasis (AZA)

Bitte beachten Sie die beiliegenden Richtlinien für Zuwendungsanträge auf Ausgabenbasis

Bundesminister für Forschung

Getbe Felder bitte nicht ausfüllen

Eingangsstempel DANTRA

Förderkennzeichen/PZ

0010

0020  1 Antrag auf Erstzuwendung  
 2 Antrag auf Anschlusszuwendung  
 3 Antrag auf Aufstockung der Zuwendung

Kennwort

0030

Bewilligt  DM

v.H. der Gesamtausgaben

von  DM

den Planzeitraum

1.08.1994

Bewilligungszeitraum

vom  bis

Veränderungen auf Forst-Ökosysteme

forschung

0120 Magdalenenstr. 17/19

0150 Postleitzahl 0-1130

0160 Ort Berlin

AZA 5

AZA 1

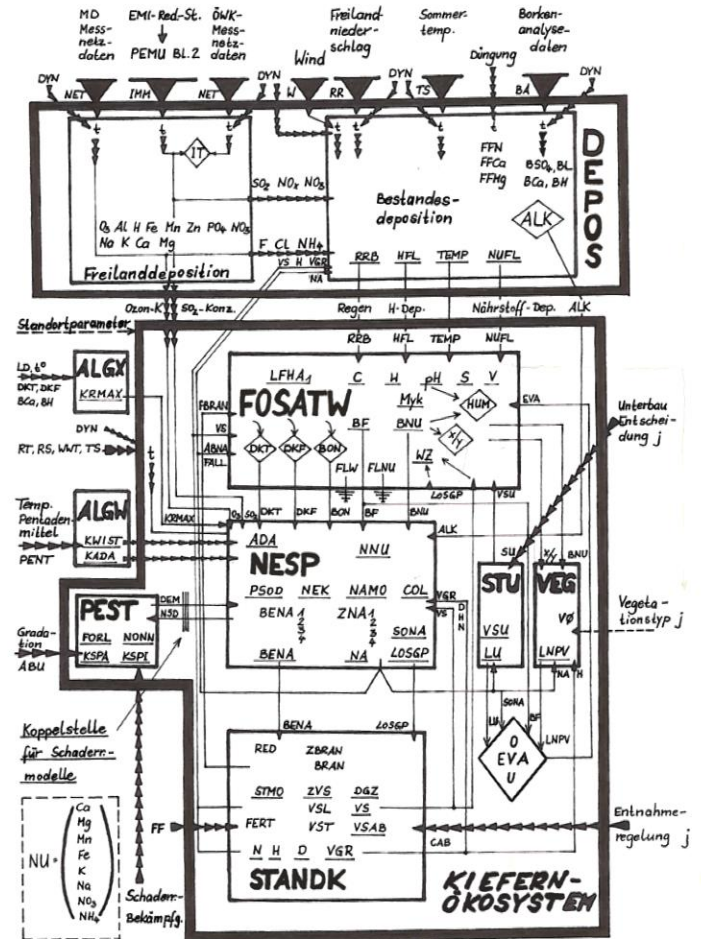
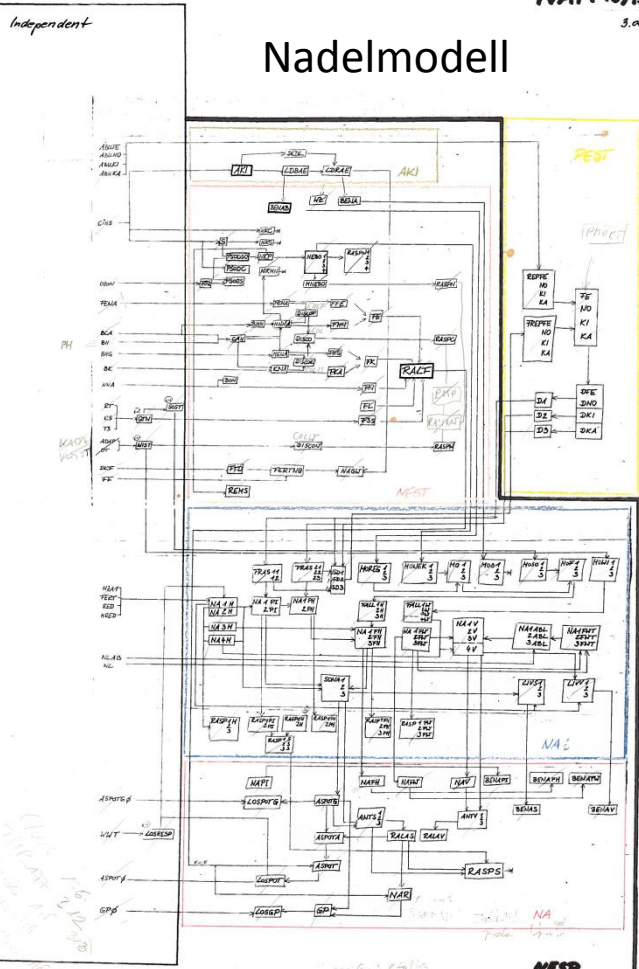
BMFT-Vordr. 0021/01.87

Wirkungen der Klimaveränderungen auf Forst-Ökosysteme



# Eindrucksvolle Schemata von Bellmann

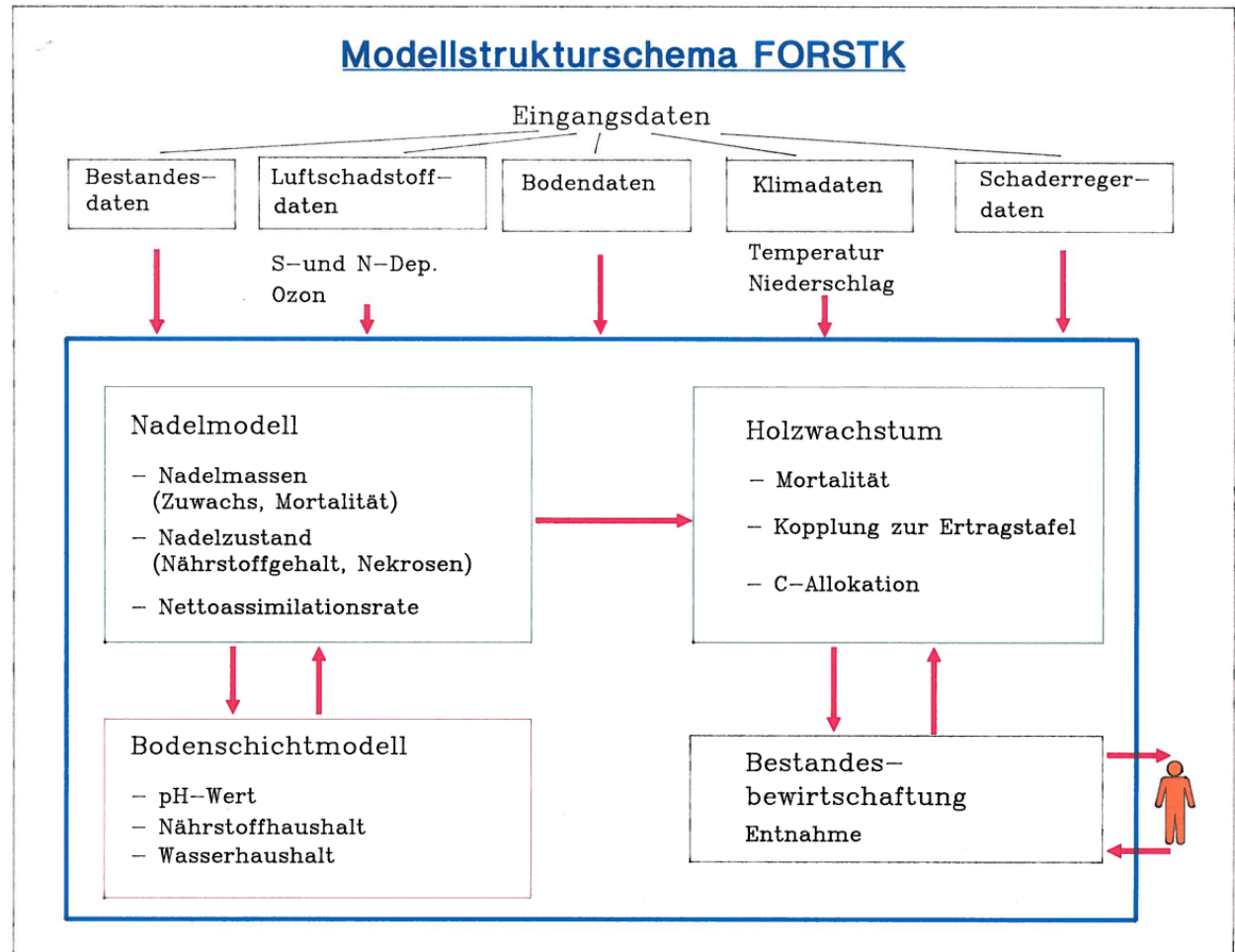
# FORSTKIC



# FORSTK

## 2. Deutsche Klimatagung Neubrandenburg, Oktober 1991

Poster  
„FORSTK - ein  
Simulationsmodell  
zur Untersuchung  
der immissions-  
und  
klimabedingten  
Dynamik von  
Kiefern-  
Ökosystemen“



# FORSTKN

## Veröffentlichungen 1992

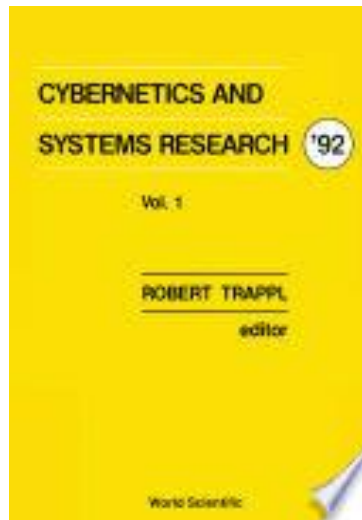
➤ IIASA



## Appendix A

### The PEMU Forest Decline Model

➤ April 1992 in Wien vor auf dem „Eleventh European Meeting on Cybernetics and System Research“



**FORSTKN - A SIMULATION MODEL OF THE COMBINED EFFECT OF SO<sub>2</sub>- AND N-IMMISSION LOAD ON PINE FOREST ECOSYSTEMS USING THE SIMULATION SYSTEM SONCHES**

F. SUCKOW  
P. LASCH  
K. BELLMANN  
V. WENZEL

*Institute for Ecosystems Research Berlin/Halle  
Magdalenenstr. 17/19, D-O-1130 Berlin*

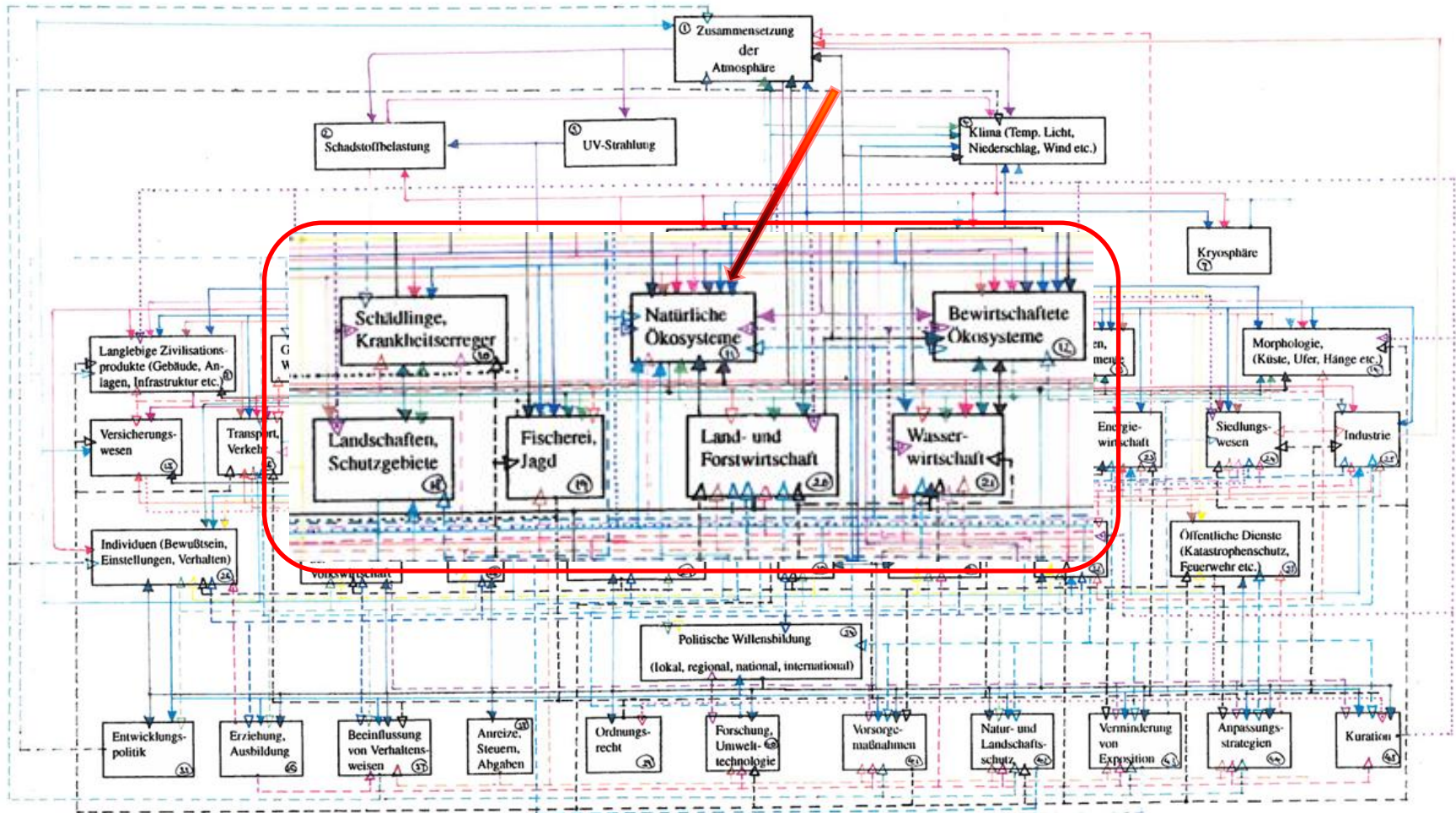
# Symbiose PIK ↔ 4C

- Gründung des PIK 1992
- ... Aufgaben, Interessen und Arbeitsbedingungen trafen zusammen ...



# Grundstruktur der Klimawirkungskaskade

GRUNDSTRUKTUR  
DER  
KLIMAWIRKUNGSKASKADE

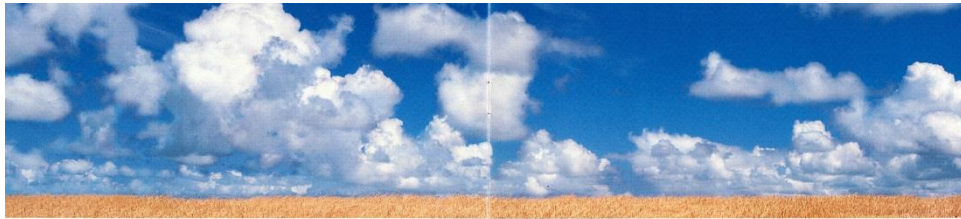


Schellnhuber, 1992





- Start 1992: Wissenschaftliches Begleitprogramm zur Sanierung der Atmosphäre über den neuen Bundesländern (SANA)
- SANA E2: Aufbau eines **Kiefernökosystemmodells FORSANA** unter Triebkräften veränderlicher Stoffdeposition und Spurengaskonzentration
- Juni 1993: Vorstellung des Modellansatzes auf dem „CEC/IUFRO Symposium on Nutrient Uptake and Cycling in Forest Ecosystems“ in Halmstad



Die Wirkung der Emissionsminderung –  
damit die Natur wieder aufblüht

Entscheidend für den Erfolg oder Misserfolg einer Aktion zur Schadstoffminderung ist die erreichte Wirkung am Ende der Reaktionskette. Deswegen wird das Projekt SANA nicht mit der Feststellung der Immissionsveränderungen abgeschlossen, sondern es werden auch die Auswirkungen auf die Biosphäre, insbesondere auf die Pflanzen, untersucht. Damit werden die gesamte Wirkungskette der Schadstoffe erfasst und wichtige Daten für die Ausarbeitung künftiger Sanierungsprojekte zur Verfügung gestellt.

Waldökosysteme reagieren sehr empfindlich auf veränderte Umweltbedingungen. Deswegen werden die Folgen der atmosphärischen Veränderungen an den besonders sensiblen Kiefernwäldern studiert. Diese Ökosysteme haben in den letzten 20 bis 30 Jahren zum



14 Teil dramatische Vitalitätverluste

größeren Schadstoffeintrag wird zu einer wesentlichen Verbesserung des Zustandes der Ökosysteme – einschließlich der Pflanzen, des Bodens und des Grundwassers – führen. Offen ist dabei die Frage, in welcher Weise diese geschädigten Ökosysteme auf einen geringeren Schadstoffeintrag reagieren und ob sie sich in den natürlichen, ursprünglichen Zustand zurückentwickeln werden. Um die Frage zu klären, wird in diesem SANA-Projekt ein interdisziplinäres Meß- und Beobachtungsprogramm durchgeführt. Die Veränderungen von biochemischen Prozessen in den Waldökosystemen werden in Abhängigkeit von der Schadstoffdeposition untersucht und die zeitliche Regeneration der geschädigten Pflanzen, z.B. durch die Bestimmung der Lebensdauer der Nadeln und der Verbesserung der Photosyntheseleistung

beobachtet. Die vorgesehenen Untersuchungen werden an drei Kiefernstandortdurchgehungen in der Dalmatiner Heide (nahe der SANA-Intensivstation Melitz), im Hauptbelastungsgebiet nordöstlich von Bitterfeld und im Referenzgebiet Stechlin. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die mit der abnehmenden  $\text{SO}_2$ -Belastung verbundene Regeneration der geschädigten Ökosysteme durch die mögliche Zunahme der Konzentration anderer Schadstoffe wie z.B.  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$  und anderer Photooxidanten behindert wird. Eine wichtige Forschungsaufgabe ist es daher auch, die Dynamik der Regeneration unter den neuen



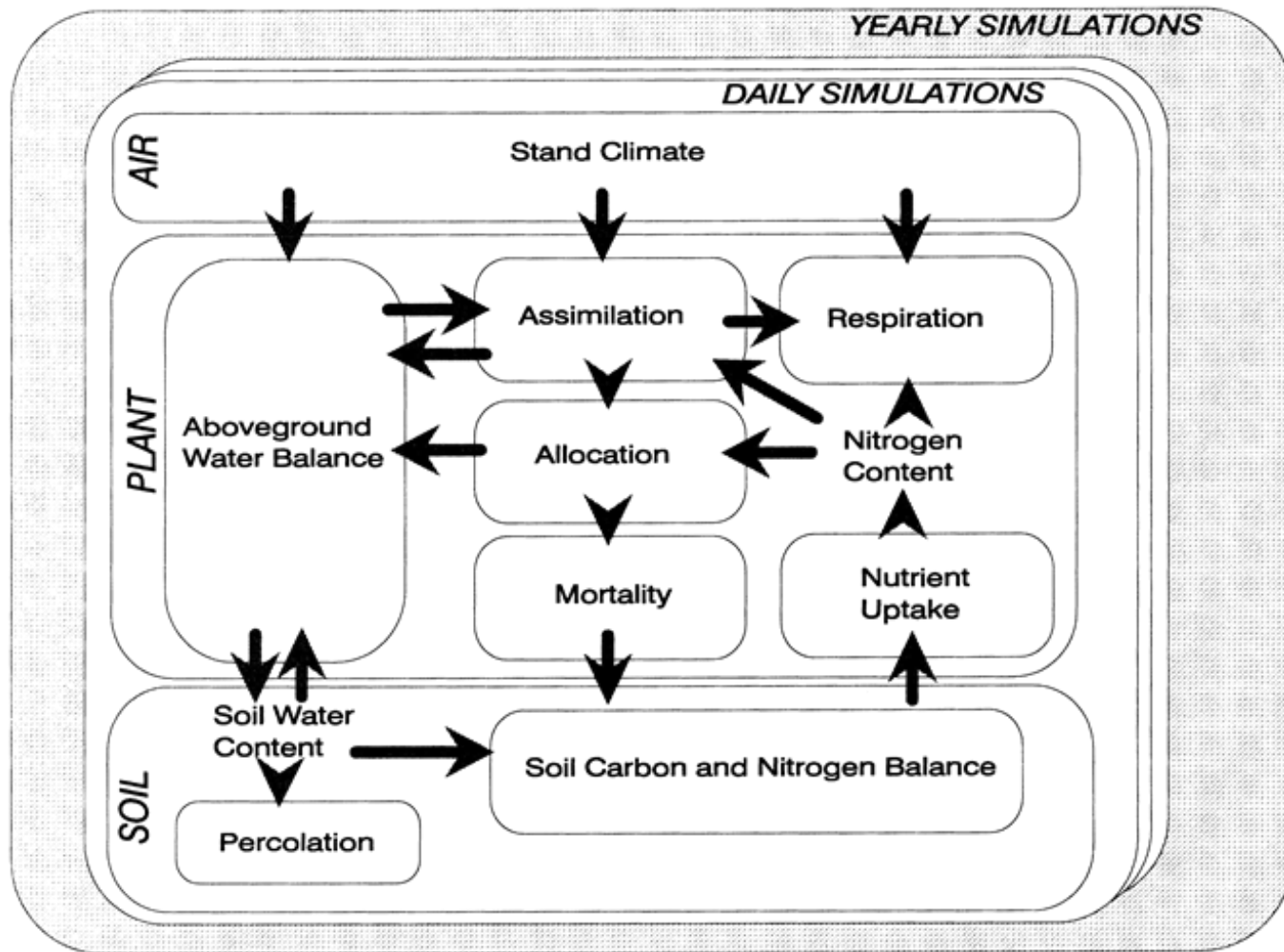
immissionsbedingungen zu analysieren und die mögliche Bildung neuer Stabilitätszustände zu beobachten, die von dem ursprünglichen natürlichen Zustand abweichen. Dabei ist der zeitliche Ablauf der verschiedenen Regenerationsprozesse von großem Interesse. Die in diesem SANA-Teilvorhaben erzielten Ergebnisse werden zur Verbesserung der vorhandenen „Wirkungsmodelle“ genutzt. Sie sollen zusammen mit dem atmosphärischen Modell zu einem Instrument weiterentwickelt werden, mit dessen Hilfe effiziente Strategien zur Vermeidung von Umweltschäden oder zur Verbesserung der

bestehenden Umweltbedingungen, u.a. in den Ländern Osteuropas oder der Dritten Welt, ausgearbeitet werden können. Mit allen in dem Verbundforschungsprojekt SANA erzielten Forschungsergebnissen kann ein übergreifender systematischer Ansatz zur Analyse der komplexen Wirkungskette zwischen der Emission von Schadstoffen und ihrer Wirkung auf sensible Ökosysteme erarbeitet werden. Diese Informationen dienen auch der ökonomischen Bewertung der ergriffenen Emissionsminderungsmaßnahmen, indem die Reduktionskosten mit dem ökologischen Nutzen verglichen werden.



15


# FORSANA



Grote, R. and Suckow, F., 1998. Integrating dynamic morphological properties into forest growth modelling. I. Effects on water balance and gas exchange. *Forest Ecology and Management*, 112: 101-119, DOI:10.1016/S0378-1127(98)00329-6.

# Gap Modelle

---

- Gap-Modelle untersuchen langfristige Entwicklung von Wäldern
  - Untersuchung verschiedener Modelle
    - FORECE
    - FORSKA
    - FORCLIM
  - Erfüllen nicht unsere Anforderungen
-  Zusammenführung beider Ansätze

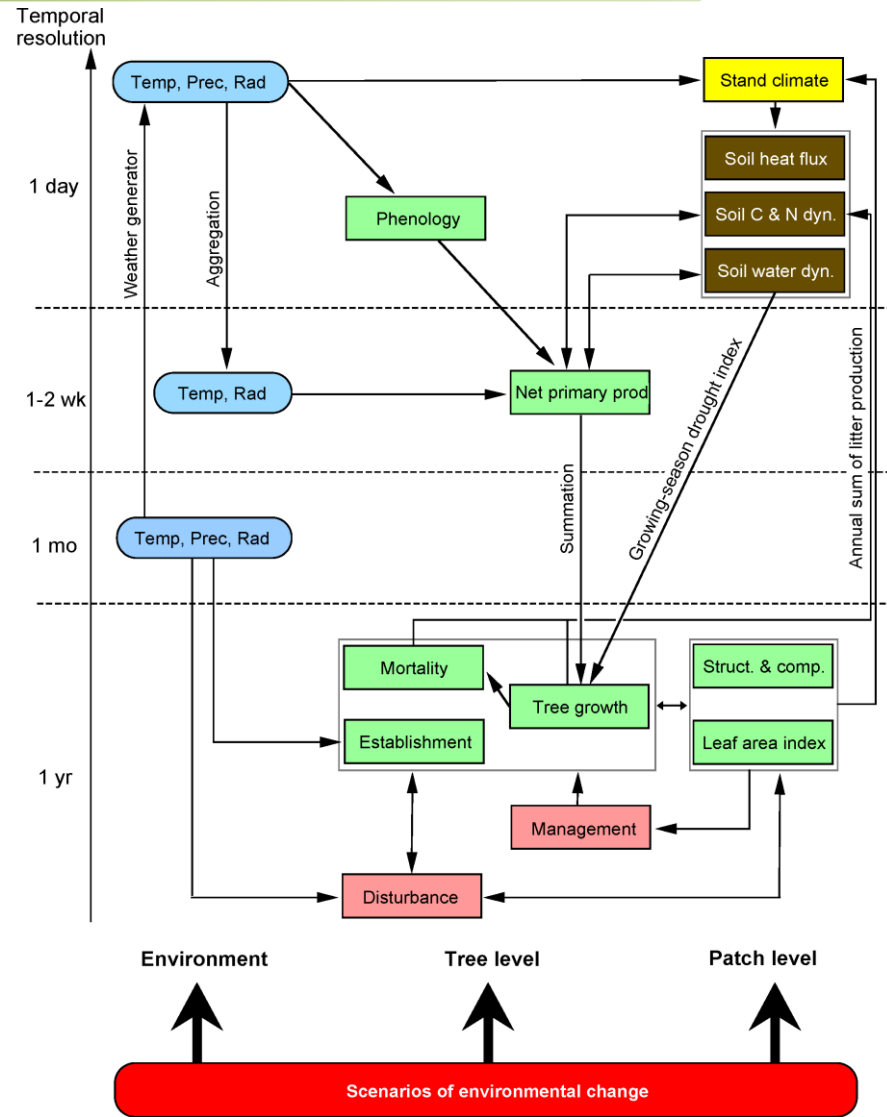


1996

# Waldmodellierung 1996

Anspruch an das Modell:

- Allgemeingültigkeit
- Baumarten unterscheiden sich nur durch ihre Parametersätze
- Unterschiedliche Standorte werden ebenfalls durch spezielle Parameter beschrieben (Bestand, Boden)
- Triebkräfte sind täglich aufgelöste Zeitreihen des Wetters



2019



1996



# Erste Publikation 1997 Waldmodell

## A NEW FOREST GAP MODEL TO STUDY THE EFFECTS OF ENVIRONMENTAL CHANGE ON FOREST STRUCTURE AND FUNCTIONING

FORESTRY SCIENCES

Impacts of Global Change on Tree Physiology and Forest Ecosystems  
Proceedings of the International Conference on Impacts of Global Change on Tree Physiology and Forest Ecosystems, held 26-29 November 1996, Wageningen, The Netherlands

G. M. J. Mohren  
K. Kramer  
S. Sabaté  
(Editors)



KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS

HARALD BUGMANN, RÜDIGER GROTE, FELICITAS SUCKOW  
Potsdam Institute for Climate Impact Research  
bugmann@pik-potsdam.de

Key words: environmental change, gap mod

Abstract: Current forest gap models suffe the literature. In this paper we p ed based on recent ecological a of plant communities. The mod and nutrient availability in photosynthesis; (3) carbon alloc rates, and (5) incorporation of scale of the individual tree : discussed.

### 1. INTRODUCTION

In forest ecology, models based on the gap a prominent role in the last 20 years (St long-term development of forest comp establishment, growth, competition and m patches. Due to a number of constrain knowledge on the processes operating at l difficulty of estimating model parameters f

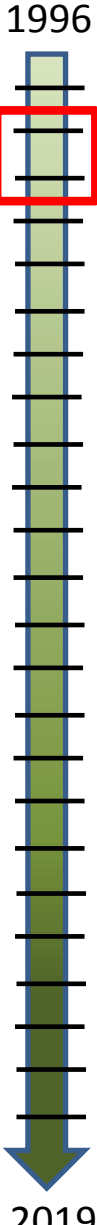
G. M. J. Mohren et al. (eds.),  
Impacts of Global Change on Tree Physiology and Forest Ecosystems, 255-261.  
© 1997 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

- (1) Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit im Boden
- (2) Jahresgang der Photosynthese
- (3) Kohlenstoff-Allokation
- (4) Verjüngung und Mortalität
- (5) Management und natürliche Störungen, sowohl auf Baum- als auch auf Landschaftsebene

2019



# Entwicklungsstufen

- 
- 1997: Kernprojekt CHIEF
  - SAB 1997: Vorstellung des Waldmodells; vorerst unter dem Namen **ForGen**
  - 1998 neuer Name festgelegt:  
FORest Ecosystem in a changing Environment
    - ➔ FORESEE
    - ➔ 4C
  - Version 0.8 mit zunächst drei Spezies mit je 25 Parametern:  
Buche, Fichte und Kiefer

1996

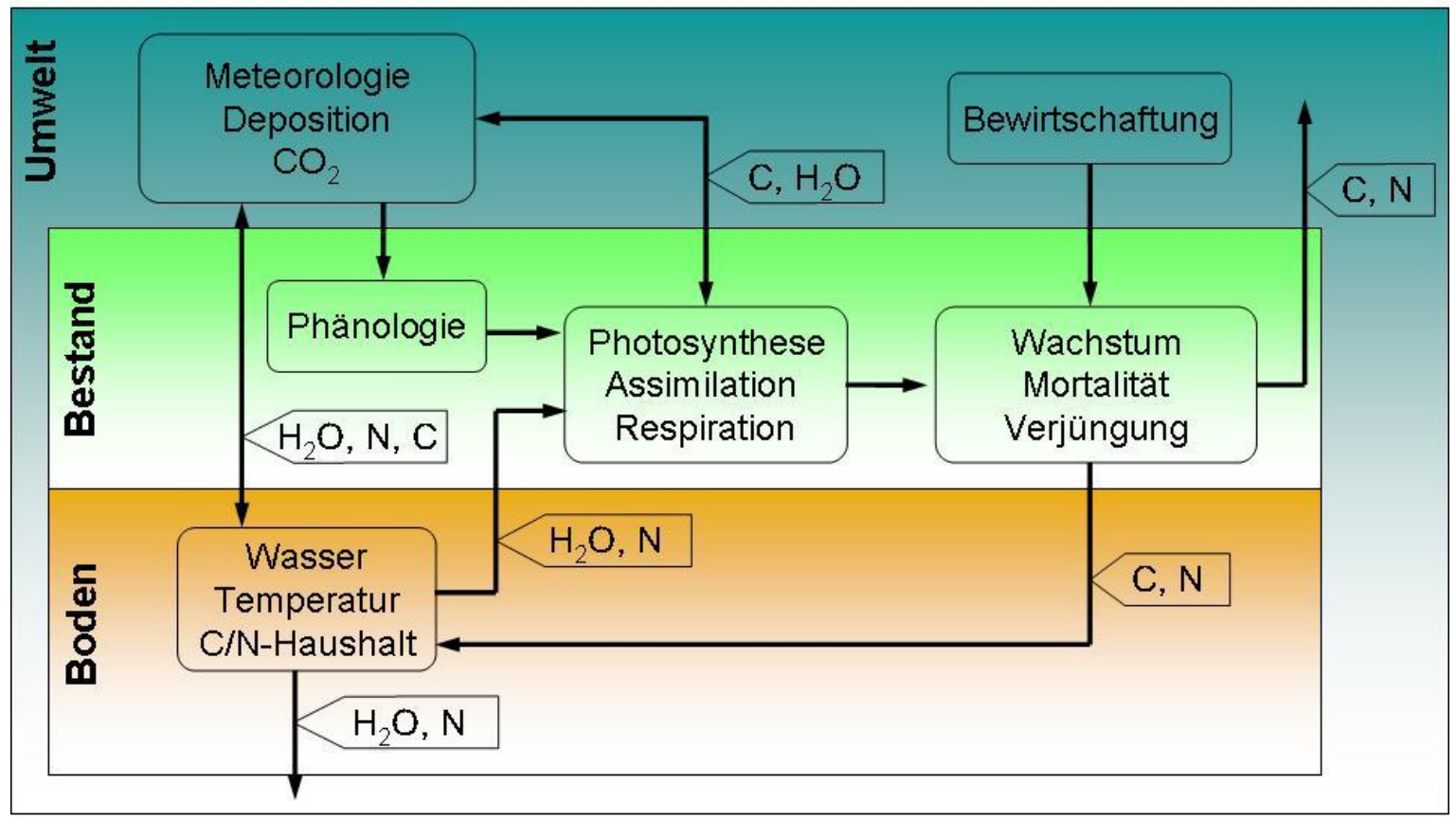


# 4C

Tag

Woche - Monat

Jahr



2019



# Entwicklungsstufen

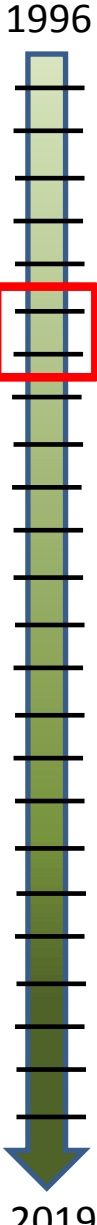
- 1998 Licht-Absorption
- 1999 Regeneration  
weitere Spezies-Parameter  
neue Spezies: Eiche
- 2000 Mortalität  
Wasseraufnahme und Trockenstress  
Wurzelmodell  
Kopplung Krone und Phänologie  
weiteres Lichtmodell  
neue Spezies: Birke  
Kopplung mit Arc-EGMO



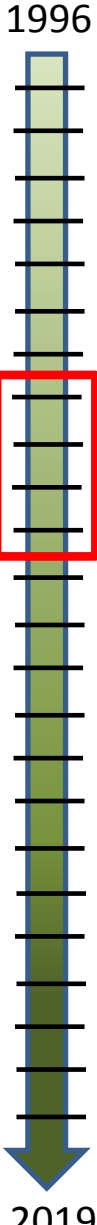


# Entwicklungsstufen

---

- 
- 2001 Stickstoff-Aufnahme  
neue Höhen-Berechnung  
weitere Management-Variante  
Anwendung in der Fläche  
Litter-Flüsse und Humus-Bildung
  - 2002 Interzeption neu  
Phänologie neu  
Deposition  
Bodenvegetation  
Klassifizierung des Bestandes und der Ernte  
Kopplung mit SIMENV

# Entwicklungsstufen

- 
- 2003 Allokation und Reallokation von Stickstoff  
Waldbrand- und klimatische Indizes
  - 2004 Schneemodell  
Störungen  
Kopplung mit Wood Product Model (WPM)
  - 2005 Grundwasserstand  
Kopplung mit Socio Economic Analysis (SEA)
  - 2006 Kurzumtriebsplantagen (Pappel)  
Dynamische Dicke der Humusaufgabe  
Messwertvergleich inklusive Statistik



# Entwicklungsstufen

- 2007 Weitere Klima-Indizes  
CO<sub>2</sub>-Szenarien  
Aleppo-Kiefer
- 2008 Version 1.0: 12 Baumarten,  
1 Bodenvegetation  
86 Spezies-Parameter  
Douglasie
- 2009 Bodendaten: Verarbeitung Bodenkarte  
Klimaszenarien



# Entwicklungsstufen

➤ 2010 Nonnen-Index  
Stickstoffabhängige NPP

➤ 2012 Robinie

➤ 2014 Version 1.2:  
Eukalyptus

Biokohle-Applikation mit Änderung der  
Bodenparameter



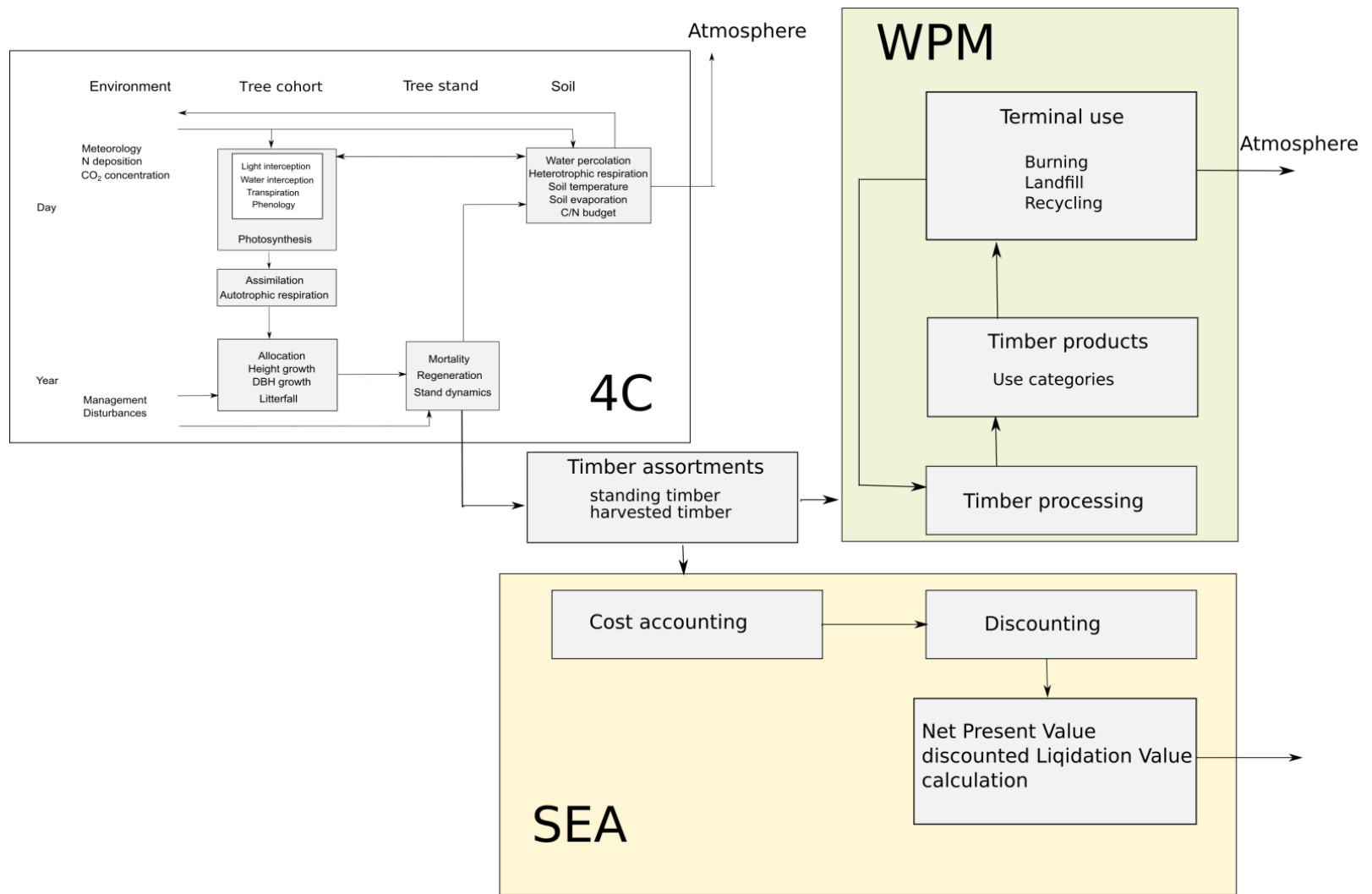
# Entwicklungsstufen

- 2015 Version 1.4: 13 Baumarten  
1 Bodenvegetation  
97 Spezies-Parameter  
Spätfrostgefährdung
- 2016 Version 2.0: Mistel
- 2017 Jahrringbreiten
- 2019 Version 2.3 mit  
Kohlenstoff-Reserve-Pool zur Abbildung  
der Baum-Resilienz bei Störungen



1996

# 2018 Version 2.2: Open Source



2019



# Verbindung zum Wald

---

