

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 154 (2003)

**Heft:** 3-4

  

**Artikel:** Die weltweite Bedeutung von permanenten Stichproben im Wandel der Informationsbedürfnisse : das Beispiel der Kohlenstoffinventuren

**Autor:** Köhl, Michael

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1098168>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 01.05.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die weltweite Bedeutung von permanenten Stichproben im Wandel der Informationsbedürfnisse: das Beispiel der Kohlenstoffinventuren<sup>1</sup>

MICHAEL KÖHL

**Keywords:** Control sampling; permanent sampling designs; carbon stock inventories; Kyoto-Protocol. FDK 111.83 : 181.2 : 181.45 : 524.6 : 97

## Einleitung

Als die schweizerische Kontrollstichprobe in den 1960er Jahren vorgestellt wurde, war es in weiten Teilen Europas *lege arte* Bestandesdaten mit Hilfe von Vollkluppierungen und visuellen Ansprachen zu erheben. Zum Zeitpunkt der Einführung der Kontrollstichprobe in die schweizerische Forstpraxis konnte wohl niemand ahnen, dass sich dieses Inventurkonzept innerhalb weniger Jahrzehnte zum Standardverfahren bei Betriebs- und Nationalinventuren in Europa und über Europa hinaus entwickeln würde. Dies ist zum einen den Mitarbeitern der damaligen EAFV in Birmensdorf zu verdanken – insbesondere Paul Schmid-Haas, der die Entwicklung der Methode federführend vorantrieb, und Alfred Kurt, der als Mentor des Verfahrens weite Kreise von den Vorteilen der Kontrollstichprobe überzeugen konnte. Zum anderen hat die schweizerische Forstpraxis einen entscheidenden Anteil an der Erfolgsgeschichte der Kontrollstichprobe, da sie sich ein damals revolutionäres Verfahren zu Eigen machte und damit den Bogen von der Theorie zur Praxis zu spannte. Durch das erfolgreiche Zusammenspiel von Wissenschaft und Praxis konnte der Nachweis erbracht werden, dass dieses auf der mathematisch-statistischen Theorie basierende Verfahren gerade auch in arten- und strukturreichen Wäldern zuverlässige Daten für die forstliche Planung liefern kann. Damit wurde auch den letzten Skeptikern die Argumentationsbasis gegen Stichprobeninventuren entzogen.

fachfunktionen von Wäldern diskutiert. Während der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts führte die Sorge um die Gefährdung und Zerstörung von Wäldern zu einer zunehmenden Beachtung der ökologischen, ökonomischen, kulturellen und sozialen Werte von Wäldern. Der Prozess zur nachhaltigen Entwicklung und zum Schutz von Wäldern wurde durch internationale Aktivitäten gefördert, wie beispielsweise die United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) 1992 oder den Pan-Europäischen Prozess (Helsinki-Prozess) der Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa (MCPFE). Damit konnte der Nachhaltigkeitsgedanke, der die Handlungsmaxime der geregelten Forstwirtschaft darstellt, in einen breiten gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Kontext eingebettet werden.

Die UNCED, die Ministerkonferenzen und die darauf folgende Konkretisierung der verabschiedeten Resolutionen repräsentieren einen politischen Motor und eine Verpflichtung der Unterzeichnerstaaten zu einem Prozess der Bewirtschaftung und des Schutzes ihrer Wälder. Die Deklaration der Ministerkonferenz von Helsinki betont eindeutig die Verpflichtung der europäischen Staaten zur Implementierung der UNCED-Entscheidungen: die Deklaration von Rio, Agenda 21 (insbesondere Kapitel 11 über Wälder), die «Forest Principles», die forstlichen Elemente des Schutzes der biologischen Vielfalt und die Klimarahmenkonvention. Die Ministerkonferenz verabschiedete sechs Kriterien zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Wäldern, die deutlich die aktuellen Informationsbedürfnisse

**Tabelle 1: Gesamteuropäische Kriterien für nachhaltige Waldbewirtschaftung (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT 1998).**

Kriterium 1	Erhaltung und angemessene Verbesserung der Waldressourcen und ihr Beitrag zum globalen Kohlenstoffhaushalt
Kriterium 2	Erhaltung der Gesundheit und Vitalität von Waldökosystemen
Kriterium 3	Erhaltung und Stärkung der produktiven Funktionen der Wälder (Holz- und Nichtholzprodukte)
Kriterium 4	Erhaltung, Schutz und angemessene Verbesserung der biologischen Vielfalt in Waldökosystemen
Kriterium 5	Erhaltung und angemessene Verbesserung der Schutzfunktion in der Waldbewirtschaftung (insbesondere Boden und Wasser)
Kriterium 6	Erhaltung anderer sozioökonomischer Funktionen und Bedingungen

Die Bedeutung der Kontrollstichprobe für die Erfassung und Überwachung der forstlichen Produktion ist hinlänglich bekannt. Sind Kontrollstichproben aber auch ein geeignetes Werkzeug zur Befriedigung des aktuellen Informationsbedarfs, der weit über den Komplex der Holzproduktion hinausgeht? Dieser Frage soll im Folgenden am Beispiel der Kohlenstoffinventare nachgegangen werden.

nisse des Forstsektors aufzeigen. Ausser Kriterium 6, das die sozioökonomischen Funktionen von Wäldern umfasst, sind alle Kriterien mit Waldinventuren zu bedienen (*Tabelle 1*).

Das Kyoto-Protokoll (UN-FCCC 1997) verpflichtet die industrialisierten Länder (Annex-I-Staaten<sup>2</sup>) sechs Treibhausgase um 5,2% zu reduzieren. Als Referenz wird der Durchschnitt der Emissionen in den Jahren 2008 bis 2012 bezogen auf das Stichjahr 1990 festgelegt. Dies führt für einzelne Staa-

## Der Wandel der Informationsbedürfnisse

In den letzten zwei Jahrzehnten wurde die nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern zunehmend im Kontext der Viel-

<sup>1</sup> Nach einem Referat, gehalten am 11. November 2002 im Rahmen der Montagskolloquien des Departements Forstwissenschaften der ETH Zürich.

<sup>2</sup> Annex-I-Staaten der Klimarahmenkonvention sind im Wesentlichen die Industrienationen.

ten zu Veränderungen der Kohlendioxidemissionen zwischen -8% und +10%. Neben der Reduktion der Kohlendioxidemissionen bietet das Kyoto-Protokoll verschiedene Aktivitäten an, die als kosteneffiziente Alternativen zur Emissionsreduktion eingesetzt werden können. Für den Forstsektor sind hier die Artikel 2 und 3 sowie Artikel 6 (Joint Implementation) und Artikel 12 (Clean Development Mechanism) des Kyoto-Protokolls relevant. Artikel 2 verpflichtet die Annex-I-Staaten potenzielle Senken und Speicher zu schützen und auszubauen bei gleichzeitiger Beachtung anderer internationaler Konventionen wie beispielweise den Schutz der Nachhaltigkeit der Biodiversität. Artikel 3.3 bezieht sich auf die Anrechnung von Neu-, Wiederbewaldung und Rodung seit 1990. Kyoto-Artikel-3.3-Flächen können auf der nationalen Ebene eine Kohlenstoffquelle darstellen, wenn die Kohlenstoffmasse der gerodeten Flächen im Zeitraum 2008 bis 2012 grösser ist als der Kohlenstoffzuwachs der noch jungen Bestände auf Neuaufforstungs- und Wiederaufforstungsflächen. Unter Artikel 3.4 ist es möglich, Aktivitäten des Landnutzungssektors zur Erreichung der Treibhausgasreduktionsziele zu berücksichtigen, worunter auch forstwirtschaftliche Aktivitäten fallen. Waldbewirtschaftung wird in diesem Zusammenhang recht allgemein definiert als «(...) a system of practices for stewardship and use of forest land aimed at fulfilling relevant ecological (including biological diversity), economic and social functions of the forest in a sustainable manner».

**Tabelle 2: Waldfläche in Europa, CIS und Nordamerika.**

	Gesamtfläche	Waldfläche	Waldfläche
	[km <sup>2</sup> ]	[km <sup>2</sup> ]	[%]
Europa	5 861 490	2 154 220	37
CIS	22 130 360	9 338 170	42
Nordamerika	19 780 240	7 157 190	36

## Bedeutung von Wäldern im globalen Kohlenstoffkreislauf

Die Möglichkeit der Berücksichtigung von Senken im Kyoto-Protokoll hat direkte Implikationen für den Forstsektor, der in der Pan-Europäischen Region und Nordamerika einen bedeutenden Anteil an der Landnutzung hat (Tabelle 2).

Allerdings kann die potenzielle Anrechnung von Senken auch kontraproduktiv für den Klimaschutz sein. Für fast alle Staaten mit Reduktionsverpflichtungen stellt der Landnutzungssektor 1990 eine Kohlenstoffsene dar, weshalb hier die Bruttotreibhausgasemissionen die Basis der Berechnung für die Reduktionsziele darstellen. Laut IPCC (2000) können die 5,2% Emissionsreduktionen der Annex-I-Staaten bereits durch eine Anrechnung der Landnutzungsaktivitäten erbracht werden. So stellt etwa für Österreich nach WEISS *et al.* (2000), «die Kohlenstoffsene des Waldes in den vergangenen Jahren näherungsweise bereits die gesamte Kyoto-Treibhausgasemissionsreduktion von 13% der Emissionen im Jahr 1990 dar». In Anbetracht dieser Problematik hat die Convention of Parties (COP) der UN-Klimarahmenkonven-

tion bei ihrer siebten Sitzung im November 2001 umfangreiche Richtlinien und Einschränkungen zur Anrechenbarkeit der Senkenwirkung von Wäldern verabschiedet, die in den Marrakesh-Accords (MA) zusammengefasst sind (UN-FCCC 2001).

Die Senkenwirkung eines Waldökosystems wird wesentlich von seiner Biomasseproduktion beeinflusst. Unter anderem dürfte das Instrumentarium, das die Waldwachstums-kunde zur Verfügung stellt, zu einer grossflächigen Zuwachssteigerung in europäischen Wäldern geführt haben (SPIECKER *et al.* 1996). Es ist allerdings fraglich, ob durch menschliche Einflüsse die Zuwachssteigerung einem langfristigen Trend folgen kann; diese Einschränkung gilt besonders bei Beachtung der Gesichtspunkte einer nachhaltigen Entwicklung und der Prinzipien zur Erhaltung der biologischen Vielfalt. So kann der Zwang zu Kahlschlägen bei der Bewirtschaftung gleichaltriger Reinbestände dazu führen, dass Wälder zu einer Kohlenstoffquelle werden, wenn die Kohlenstoffmasse der abgetriebenen Bestände grösser ist als der Kohlenstoffzuwachs der jungen Bestände auf Aufforstungsflächen. Die Wahl der Wirtschaftsform hat somit einen entscheidenden Einfluss auf die Kohlenstoffbilanz von Wäldern.

Oben gesagtes gilt nur, wenn die Beurteilung der Rolle von Wäldern im globalen Kohlenstoffkreislauf auf Wald-ökosysteme begrenzt wird. Beim Ökosystemansatz wird zwangsläufig übersehen, dass die Holzernte nicht zu einer spontanen Freisetzung des gesamten in der geernteten Biomasse gespeicherten Kohlenstoffs führt. Die durchschnittliche Zeitspanne, in der Kohlenstoff in Holzprodukten gespeichert wird, wird auf 15 bis 20 Jahre geschätzt (NABUURS & SIKKEMA 2001). Wird der gesamte Forstsektor zu einer Analyse der Kohlenstoffkreislaufs betrachtet, muss das Potenzial von geerntetem Holz als Ersatz für fossile Brennstoffe (direkte Substitution) und als Ersatz für energieaufwendige Materialien (indirekte Substitution) in eine Kohlenstoffbilanz einfließen.

Die Implikationen des Ökosystem- und des Forstsektoransatzes auf die Bewirtschaftungsform wurde am Beispiel der britischen Wälder von MATTHEWS (1996) untersucht. Die Einstellung der gesamten Holzernte führt beim Ökosystemansatz im Gegensatz zum «business-as-usual» zu einer positiven Kohlenstoffbilanz. Wird aber der Forstsektoransatz mit direkter und indirekter Substitution zur Beurteilung herangezogen, führt die Einstellung der gesamten Holzernte sowohl mittel- wie langfristig zu einer negativen Kohlenstoffbilanz. Das «business-as-usual»-Szenarium garantiert hingegen auch über langfristige Zeiträume eine konstant hohe jährliche Kohlenstoffbindung (Tabelle 3).

## Permanente Stichprobenkonzepte und Kohlenstoffinventuren

Kohlenstoffinventuren haben das Ziel, die aktuelle Kohlenstoffspeicherung in Waldökosystemen sowie deren Veränderungen über die Zeit zu erfassen. Aus inventurstatistischer Sicht ist dies eine Fragestellung, die der Erfassung des Holzvorrats und seiner Veränderungen entspricht. Damit bieten permanente Stichprobenkonzepte ein statistisch-methodisches Instrumentarium, das direkt auf Kohlenstoffinventuren

**Tabelle 3: Veränderung der jährlichen Kohlenstoffbindung durch britische Wälder [Tg C yr<sup>-1</sup>] (nach MATTHEWS 1996).**

Bewirtschaftungsoption	Ökosystemansatz		Forstsektoransatz	
	über 50 Jahre	über 500 Jahre	über 50 Jahre	über 500 Jahre
Einstellung der gesamten Holzernte	5,4	0,7	-1,5	-6,4
Business-as-usual	-0,2	-0,3	7,7	7,6

übertragen werden kann – es ist «lediglich» das Merkmal Holzvorrat gegen das Merkmal Kohlenstoffgehalt auszutauschen. Die Kontrollstichprobe als Derivat der permanenten Inventurkonzepte garantiert insbesondere, dass die Erfassung von Zustand und Veränderungen und die Kontrolle menschlicher Interventionen auch in ungleichaltrigen Mischbeständen zuverlässig möglich ist. Mac Dicken (1997<sup>3</sup>) hat ein umfassendes Kompendium für Kohlenstoffinventuren erstellt, das auf der Methode der Kontrollstichprobe basiert.

Probleme bestehen allerdings bei der Definition und Erfassung des Merkmals Kohlenstoffgehalt. Die Erfassung der Kohlenstoffspeicherung in Waldökosystemen erfordert die Quantifizierung der Kohlenstoffgehalts in den Komponenten oberirdische Biomasse, Wurzeln, Streu, Totholz und Boden (IPCC 2000). Analog zur Erfassung des Holzvorrats lässt sich die Kohlenstoffspeicherung nicht direkt messen, sondern muss über Modelle abgeleitet werden. Permanente Inventurkonzepte erfassen die Komponenten oberirdische Baumbiomasse, Wurzelbiomasse und Totholz zunächst am Einzelbaum und erlauben durch Aggregation der Einzelbaumwerte eine Hochrechnung auf Flächen.

Die Herleitung der oberirdischen Baumbiomasse kann über verschiedene Ansätze erfolgen, von denen hier drei genannt werden sollen, die in ungleichförmigen Wäldern operational eingesetzt werden können.

1. Biomasseexpansionsfaktoren (biomass expansion factors, BEF): Ausgehend vom Derbh Holzvorrat wird die Biomasse über Expansionsfaktoren hergeleitet. Expansionsfaktoren können für verschiedene Biomassekomponenten wie Rinde, Äste oder Zweige entwickelt werden.
2. Biomassefunktionen: Die Biomasse verschiedener Komponenten wird direkt über Eingangsgrößen wie Baumhöhe, BHD, obere Durchmesser, Kronenradius, Kronenform oder Kronenlänge über Biomassefunktionen geschätzt (CUNIA 1979).
3. Kombinierte Ansätze: Der Stamm- oder Derbh Holzvorrat wird als Hilfsgrösse zur Erfassung der Biomasse verschiedener Komponenten verwendet. Auf einer grossen Stichprobe wird die Hilfsvariable bestimmt, an einer Unterstichprobe wird die Biomasse von Einzelbäumen direkt oder über einen Stichprobenansatz wie Randomized Branch Sampling (VALENTINE *et al.* 1984, KÖHL 1998) erfasst. Mit den Daten der Unterstichprobe wird die Beziehung zwischen Biomasse bzw. Biomassekomponenten und der Hilfsvariable Stamm- bzw. Derbh Holzvorrat hergeleitet und dann auf sämtliche Bäume der grossen Stichprobe übertragen, für die der Stamm- oder Derbh Holzvorrat bestimmt wurde.

Weitaus komplexer ist die Erfassung der Wurzelbiomasse, die nach BIRDSEY (1992) und KURZ *et al.* (1996) einen Anteil von 15 bis 36% der gesamten Biomasse von Bäumen aufweisen kann. In einer Literaturübersicht haben CAIRNS *et al.* (1997) mehr als 160 Studien zusammengefasst, die sowohl Wurzel- wie auch oberirdische Biomasse einschliessen. Das mittlere Verhältnis zwischen Wurzelbiomasse und oberirdischer Biomasse (root-to-shoot ratio) betrug 0,26 mit einer Spanne von 0,18 (unteres 25% Quartil) bis 0,30 (oberes 75% Quartil). Es wurde kein signifikanter Unterschied des Verhältnisses Wurzelbiomasse und oberirdische Biomasse zwischen tropischen und borealen Wäldern sowie Wäldern der gemässigten Breiten, zwischen verschiedenen Bodentypen und zwischen Nadel- und Laubhölzern gefunden. Zur Umrechnung der oberirdischen Biomasse in Wurzelbiomasse wird die Anwendung von Regressionsfunktionen empfohlen, die allerdings nur zu groben Näherungswerten führen können. Hinsichtlich operationeller Methoden zur repräsentativen Erfassung der *in-situ* Wurzelbiomasse besteht erheblicher Forschungsbedarf.

Zur Erfassung der Dynamik des Kohlenstoffvorrats ist eine detaillierte Erhebung der Zuwachskomponenten notwendig, die über eine Klassifizierung nach Zuwachs, Mortalität und Nutzung hinausgeht. Der Biomasseabfluss vom stehenden Bestand durch natürliche Verluste und Holzernte ist einerseits zu unterteilen nach den Biomassekomponenten, andererseits müssen die Mengen von im Bestand verbleibenden Holzern- teverlusten und die aus dem Bestand entfernte Holzbiomasse getrennt ausgewiesen werden. Diese Anforderungen können durch Kontrollstichproben erfüllt werden, indem der Katalog der erfassten Merkmale erweitert wird und zusätzliche Inventurkonzepte wie beispielsweise das Transect Relascope Sampling (STÄHL & LÄMÄS 1998) mit dem Konzept der Kontrollstichprobe kombiniert werden.

## Diskussion

Kohlenstoffinventuren sind nur eines von vielen Beispielen, das zeigt, dass sich die ursprünglich für die Überwachung der forstlichen Produktion entwickelten permanenten Stichprobenkonzepte zur Befriedigung vielfältiger Informationsbedürfnisse des Forstsektors eignen. Der Wunsch nach Bewahrung der langfristigen Nachhaltigkeit der Vielfachfunktionen von Wäldern, der schon seit langem die Grundlage forstlichen Handelns ist, wird heute von weiten Kreisen der Bevölkerung und der Politik geteilt. Es ist allerdings unbestritten, dass die Förderung der Nachhaltigkeit einer ausgewählten Waldfunktion Bewirtschaftungsmassnahmen erforderlich machen kann, die für die nachhaltige Sicherung einer anderen Waldfunktion kontraproduktiv sein können. So kann die Bewirtschaftung von Wäldern im Hinblick auf das Kyoto-Protokoll zu unerwünschten Konsequenzen, insbesondere den Verlust von Biodiversität und von Primärwäldern (SCHULZE *et al.* 2002), führen. Die forstliche Planung muss also bemüht sein, Interessenkonflikte zu lösen und Szenarien für die Bewirtschaftung von Wäldern zu entwickeln, die es ermöglichen, eine Entscheidung über die optimale Strategie zur Sicherung der Nachhaltigkeit der Vielfachfunktionen zu treffen.

Rationale Entscheidungen über die optimale Bewirtschaftungsstrategie können nur so gut sein, wie die Informationen, die die Grundlage der Entscheidungen bilden. Permanente Stichprobenkonzepte stellen ein bewährtes Werkzeug bereit, das mit geringem Aufwand weiterentwickelt werden kann, um zuverlässige und umfassende Informationen zur Planung und Kontrolle der Nachhaltigkeit der Vielfachfunktionen von Wäldern bereitzustellen. Die Bedeutung von Inventur- und Monitoringsystemen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung ist unbestritten, was dazu geführt hat, dass Waldinventuren derzeit weltweit eine Renaissance erleben. Werden Investitionen in die Entwicklung und Implementierung von Waldinventuren unterlassen, werden Forstplanung und Forstpolitik zukünftig Entscheidungen über und die Kontrolle von Massnahmen in einer Situation unvollständiger Information treffen müssen.

## Zusammenfassung

Permanente Stichprobenkonzepte haben sich als Werkzeug zur Beschaffung von Informationen im Bereich der forstlichen Produktion bewährt. Gilt dies auch hinsichtlich neuer Informationsbedürfnisse zur Nachhaltigkeit der Vielfachfunktionen von Wäldern? Am Beispiel der Kohlenstoffinventuren wird gezeigt, dass permanente Stichprobenverfahren ein flexibles

<sup>3</sup> <http://www.winrock.org>.

Inventur- und Monitoringinstrument sind und durch die Implementierung zusätzlicher Merkmale eine breite Palette von Informationen zur Befriedigung der aktuellen Informationsbedürfnisse bereitgestellt werden können.

## Summary

### The global meaning of permanent sampling in keeping with the need for information: the example of carbon stock inventories

Permanent sampling designs utilize permanent plots and observations on successive occasions and proven to be an ideal tool for providing information on the sustainability of timber production. Are permanent sampling designs an adequate instrument to satisfy information needs concerning the sustainability of the multiple functions of forests? The example of carbon stock inventories is selected to demonstrate that permanent sampling designs are flexible instruments for inventorying and monitoring forests. The theoretical concepts of permanent samples can easily be adapted to new attributes and allow for providing a wide scope of information on wood and non-wood goods and services of forests.

## Résumé

### L'importance mondiale de la méthode d'inventaire par placettes d'échantillonnage permanentes et les nouveaux besoins d'informations: l'exemple des inventaires du carbone

Les concepts d'inventaire par échantillonnage sur placettes permanentes ont fait leurs preuves en tant qu'instruments de récolte d'informations dans le domaine de la production forestière. En est-il de même en ce qui concerne les nouveaux besoins d'informations sur la durabilité des multiples fonctions des forêts? Nous montrons ici, à l'exemple des inventaires du carbone, que les procédés basés sur des placettes permanentes sont des instruments d'inventaire et de monitoring très flexibles. Ils sont en mesure, grâce à l'adjonction de critères supplémentaires, d'apporter une large palette d'informations aptes à satisfaire les besoins actuels.

*Traduction:* PHILIPPE DOMONT

## Literatur

- BIRDSEY, R.A. (1992): Methods to estimate forest carbon storage. In: Sampson, R.N., Hair, D. (Eds.): Forests and global change. Vol. 1: Opportunities for increasing forest cover, American Forests, Washington D.C.: 255–261.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1998): Beschlüsse und Resolutionen der dritten Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa. Lissabon, Wien.
- CAIRNS, M.A., BROWN, S., HELMER, E.H., BAUMGARDNER, G.A. (1997): Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111: 1–11.
- CUNIA, T. (1979): On sampling trees for biomass table construction: some statistical comments. In: Frayer, W.E. (Ed.): Forest Resource Inventories. Workshop Proceedings, Vol. II, Colorado State University, Ft. Collins, CO: 643–664.
- IPCC (2000): International Panel on Climate Change: Land use, land use change and forestry. Cambridge University Press, Cambridge.
- KÖHL, M. (1998): National Biomass Survey (NBS) for Zimbabwe. Internal Report, GTZ and Forestry Commission, Vegris, Zimbabwe.

- KURZ, W.A., BEUKEMA, S.J., APPS, M.J. (1996): Estimation of root biomass and dynamics for the carbon budget model of the Canadian forest sector. *Can. J. For. Res.* 26: 1973–1979.
- MATTHEWS, R. (1996): The influence of carbon budget methodology on assessments of the impacts of forest management on the carbon cycle. In: Apps, M.J., Price, D.T. (Eds.): Forest Ecosystems, Forest Management and the Global Carbon Cycle. NATO ASI Series Vol. 1, 40, Springer Verlag, Heidelberg: 233–243.
- NABUURS, G.J., SIKKEMA, R. (2001): International trade in wood products: its role in the land use change and forestry carbon balance. *Climatic Change* 49: 377–395.
- SCHULZE, E.-D., VALENTINI, R., SANZ, M.-J. (2002): The long way from Kyoto to Marrakesh: implications of the Kyoto protocol negotiations for global ecology. *Global Change Biology* 8: 505–518.
- SPIECKER, H., MIELIKÄINEN, K., KÖHL, M., SKOVSGAARD, J.P. (Eds.) (1996): Growth Trends in European Forests. Springer Verlag, Heidelberg, 372 p.
- STÄHL, G., LÄMÄS, G. (1998): Assessment of coarse woody debris – a comparison of probability sampling methods. In: Bachmann, P., Köhl, M., Paivinnen, R. (Eds.): Assessment of Biodiversity for Improved Forest Planning. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 241–248.
- UN-FCCC (1997): Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations, Geneva.
- UN-FCCC (2001): Land use, land use change and forestry. Decisions of the Conference of Parties 11/CP.7.FCCC/CP/2001/13/Add.1. <http://unfccc.int/resource/docs/cop7/13a01.pdf>.
- VALENTINE, H.T., TRITTON, L.M., FURNIVAL, G.M. (1984): Subsampling trees for biomass, volume or mineral content. *Forest Science* 30: 673–681.
- WEISS, P., SCHIELER, K., SCHADAUER, K., RADUNSKY, K., ENGLISCH, M. (2000): Die Kohlenstoffbilanz des Österreichischen Waldes und Betrachtungen zum Kyoto-Protokoll. Umweltbundesamt, Monographien Band 106, Wien.

*Autor*

Prof. Dr. MICHAEL KÖHL, TU Dresden, Institut für Waldwachstum und Forstliche Informatik, Piennner Strasse 8, DE-01737 Tharandt.