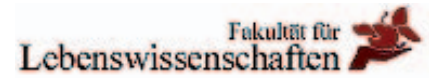


Kalkulation der Kohlenstoffbindung bei Wiederbewaldung in den Tropen

Wissenschaftliche Beratung:

ao.Univ.Prof. Mag.Dr. Wolfgang Wanek (Universität Wien, Fakultätszentrum für Ökologie)
Univ.Prof. Dr. Andreas Richter (Universität Wien, Fakultätszentrum für Ökologie)
ao.Univ.Prof.Dr. Roland Albert (Universität Wien, Fakultätszentrum für Ökologie)
Univ.Prof.Dr. Konrad Fiedler (Universität Wien, Fakultätszentrum für Biodiversität)
Dr. Werner Huber (Universität Wien, Fakultätszentrum für Biodiversität)
Dr. Anton Weissenhofer (Universität Wien, Fakultätszentrum für Biodiversität)
Univ.Do.z.Dr. Peter Weish (Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Zoologie)



Trockene Biomasse: 340 Tonnen pro Hektar

Die trockene Biomasse bezeichnet die Menge oder Masse der lebenden Organismen, die in Wäldern zu >95% von Bäume ausgemacht wird. Nach verschiedensten Quellen beträgt die oberirdische Biomasse tropischer Regenwälder in Zentral- und Südamerika 125-474 t OTS (organische Trockensubstanz) pro Hektar (*Tabelle 1*). Die großen Unterschiede hängen mit Lage, Klima, Bodenart und Nährstoffverfügbarkeit, der Baumartenzusammensetzung sowie der Berechnungsmethode (*Fußnote 1*) zusammen. Die heute wissenschaftlich anerkannteste Berechnung der Biomasse, angewandt auf den Esquinas-Regenwald, ergibt ein Mittel (Median) von 315 t OTS oberirdischer Biomasse pro Hektar (*Tabelle 2*), mit einem Bereich von 233 bis 447 t OTS pro Hektar. Dieser Wert basiert auf 10 Untersuchungsflächen im Regenwald der Österreicher. Berechnet auf die gesamte Biomasse des Waldes beträgt durchschnittlich die unterirdische Biomasse (Wurzeln) 20% und ergibt damit im Regenwald der Österreicher 78 t pro Hektar unterirdische Biomasse (*Fußnote 2*). Die Einberechnung der Wurzeln erhöht folglich die Gesamtbiomassewerte 1,25-fach, und daher von 315 auf 394 t OTS pro Hektar. Da die unterirdische Biomasse jedoch nur in wenigen tropischen Studien erhoben wurde und für die Region keine verlässlichen Gesamtwerte existieren, nehmen wir hier einen konservativen Wert von 25 t OTS unterirdisch pro Hektar an, was eine Gesamtbiomasse von 340 t OTS pro Hektar ergibt.

Kohlenstoffanteil: 160 Tonnen pro Hektar

Eine neue Untersuchung zeigte, dass der Kohlenstoff-Anteil (C) trockener Holzbiomasse 42-52% beträgt, mit einem Mittelwert von 47.4% [*Martin and Thomas, 2011*]. Wir gehen daher von einem mittleren Kohlenstoff-Anteil von 47.4% aus und rechnen damit, dass im Regenwald der Österreicher (im Klimaxstadium) pro Hektar 160 t Kohlenstoff gebunden sind (*Fußnote 3*).

Kohlendioxid-Äquivalent: 590 Tonnen pro Hektar

Der Faktor 3,67 lässt sich aus den Atomgewichten errechnen. Das Atomgewicht von Kohlenstoff (C) ist 12, von Sauerstoff (O) 16, Das Molekulargewicht von Kohlendioxid (CO₂) beträgt 44. 12 Gewichtsteile Kohlenstoff sind in 44 Gewichtsteilen Kohlendioxid enthalten. Daher entspricht 1 Gewichtsteil Kohlenstoff 3,67 Gewichtsteilen CO₂. 161 t Kohlenstoff entsprechen demnach 591 t CO₂. Abgerundet rechnen wir daher mit 590 t CO₂-Bindung pro Hektar.

Umtriebszeit: 60 Jahre

Die Umtriebszeit ist die Bezeichnung für die durchschnittliche Dauer von der Keimung des Baumes aus dem Samen bis seinem Absterben. Obwohl einzelne neotropische Bäume wie der Kapokbaum bis zu 500 Jahre oder älter werden können, wird die mittlere Lebensdauer von Bäumen auf 40-110 Jahre und im Regenwald der Österreicher auf 50-70 Jahre geschätzt (*Fußnote 4*). Wir nehmen eine natürliche Umtriebszeit von 60 Jahren an.

Sekundärwälder erreichen in ca. 60 Jahren das Biomasseäquivalent von ungestörten Wäldern

„Klimaxgesellschaften“, also jene Vegetationsformen, die sich nach langfristiger ungestörter Entwicklung einstellen, sind nach verbreiteter Auffassung Pflanzengesellschaften, die den maximalen Bestand an Biomasse aufweisen. Sekundärwälder erreichen in etwa in 30-190 Jahren das Biomasseäquivalent ungestörter Regenwälder (*Fussnote 5*). Die großen Abweichungen erklären sich durch Unterschiede in der vorherigen Landnutzung, klimatischen Unterschieden, und Unterschieden in der Bodenfruchtbarkeit und Bodentextur. Sekundärwälder in immerfeuchten Tropengebieten mit (mäßig) nährstoffreichen Böden weisen sehr rasche Erholungsraten auf und erreichen das Biomasseäquivalent ungestörter Wälder in 30-60 Jahren. Wir nehmen daher an, dass in dieser Region, unter vergleichbaren Umweltbedingungen, die Sekundärsukzession rasch vonstatten geht und die Sekundärwälder in 60 Jahren das Biomasseäquivalent ungestörter Regenwälder erreichen.

Jährlicher Zuwachs: ~10 Tonnen CO₂ pro Hektar

Bei einer natürlichen Umtriebszeit von 60 Jahren, einem Zeitraum von ca. 60 Jahren, bis die Sekundärwälder das Biomasseäquivalent ungestörter Regenwälder erreichen (hier: 340 t OTS pro Hektar) und daraus folgend einem CO₂-Äquivalent von 590 t pro Hektar, beträgt die durchschnittliche jährliche Bindung über diesen Zeitraum 9.83 also ~10 t CO₂ pro Hektar bzw. 2.7 t C pro Hektar und Jahr (*Fussnote 6*).

CO₂-Speicherung pro Baum: 12,3 Kg pro Jahr

Ehemaliges Weideland in La Gamba und Umgebung wird mit 800 Jungpflanzen pro Hektar aus 40-50 Baumarten wiederbewaldet. In dieser Zahl ist bereits eine Mortalität von 25-30% berücksichtigt. Die angenommene CO₂-Bindung von 590 t/ha, dividiert durch 800 Bäume, ergibt eine CO₂-Speicherung von ~740 Kg pro Baum über eine Lebensdauer von 60 Jahren oder eine durchschnittliche jährliche CO₂-Bindung von 12,3 Kg pro Baum.

Tabelle 1. Biomasseverteilung (Trockenmasse) in ungestörten und gestörten Neotropischen Regenwäldern (Zentral- und Südamerika). Die Daten wurden zusammengestellt durch [Wanek et al., 2008].

Site	Forest/soil type	Rainfall (mm a ⁻¹)	Altitude (m a.s.l.)	Above-ground biomass (Mg ha ⁻¹)	Fine live roots (Mg ha ⁻¹)	Coarse live roots (Mg ha ⁻¹)	Root biomass (Mg ha ⁻¹)	Reference
Mean Latin America				236				Houghton (2005)
La Selva. Costa Rica	Ultisol	4000	80-150	264±80 ¹				[DeWalt and Chave, 2004]
La Selva. Costa Rica	Inceptisol	4000	80-150	204±11	0.6-1.1 ²		2.4 ³	[Gower, 1987]
Barro Colorado Island.	Oxisol	2600	120	232±38 ¹				[Powers, 2004]
Panama Barro Colorado Island.	Alfisol	2600	120	196±54	3.5 ⁴		2.8 ³	[Yavitt and Wright, 2001]
Panama Cocha Cashu. Brazil	Ultisol	2165		310±36 ¹				
Cocha Cashu. Brazil	Entisol	2165		474±46	<4.6 ⁵		5.0 ³	[Powers et al., 2005]
KM41. Brazil	Spodosol	2650		263±68 ¹				
KM41. Brazil	Oxisol	2650		276±21			8.0 ³	
Tapajos. Brazil	Oxisol	2000		291-305	3.4-4.2	30-33	34-36	[Nepstad et al., 2002]
KM80 Manaus. Brazil	20 plots	1900-	50-100	339-421				[Nascimento and Laurance, 2002]
Marena plots. Panama	54 plots	3500 1890-	20-810	(398±30) 169-464				[Chave et al., 2004]
Barro Colorado Island.		4000 2600	120	(246±60) 287				[Chave et al., 2003]
Panama Panama Canal. Panama	primary. 15 plots			258				[Condit et al., 2004]
Panama Canal. Panama	secondary. 4 plots			278				
La Selva. Costa Rica	primary. 18 plots	4000	80-150	161				[Clark and Clark, 2000]
La Selva. Costa Rica	secondary. 2 plots	4000	80-150	79-129				[Nicotra et al., 1999]
Nouragues. French Guyana	70 + 12 ha plot	2760	200-400	230-416			75±45	[Chave et al., 2001]
NW Amazonia	20 plots			(301±32) 182-259				[Baker et al., 2004]
C & E Amazonia	17 plots			(277±26) 250-379				
SW Amazonia	19 plots			(341±38) 125-289				
Puerto Rico	primary. 3 plots	2000	730	(246±42) 173±33				[Marin-Spiotta et al., 2007]
Puerto Rico	secondary. 10-80 yrs	2000	730	53-272				
Puerto Rico	wet tabonuco	3500		226			75	data compiled by [Cairns et al., 1997]
Puerto Rico	lower montane	3920		198			65	
Surinam	lowland	2250		415			66	
French Guyana	lowland			323			42	
Venezuela	montane humid	1500		348			56	
Puerto Rico	lower montane	3725		223			69	
Brazil	lowland	1770		406			69	
Porce region. Colombia	primary. 33 plots	2080	900-	259±41			83.6±17.3	[Sierra et al., 2007]
Porce region. Colombia	secondary. 77 plots	2080	1500 900-	46±4			25.5±3.1	
Los Tuxtlas. Mexico	primary	>4000	100-300	363±45				[Hughes et al., 1999]
Los Tuxtlas. Mexico	secondary. 1-50 yrs	>4000	100-300	5-287				

Tabelle 2. Oberirdische Biomasse (OBM, Trockenmasse in Tonnen pro Hektar) in tropischen Wäldern der Golfo Dulce Region. Die Berechnung basiert auf der pantropischen Gleichung von Jerome Chave für perhumide Tropenwälder [Chave et al., 2005].

Position	Größe (ha)	Baumzahl (Anzahl >10 cm dbh/ha),	OBM (t/ha)	Autoren	Statistik	OBM (t/ha)
Gestörte und ungestörte Primärwälder						
Kamm, ungestört	1	848	314	AW & WH	Mittelwert	325
Kamm, ungestört	0.12	970	233	WW & AR	Median	315
Hang 6/1, gestört vor 25 Jahren	0.1	960	447	ES et al.	Standardabweichung	78
Hang – Inland, ungestört	1	527	307	AW & WH	Minimum	233
Hang – Inland, ungestört	0.12	466	240	WW & AR	Maximum	447
Hang – Küste, ungestört	1	588	383	AW & WH		
Hang Vochysia 6/3, gestört	0.1	840	341	ES et al.		
Hang Vochysia 6/5, gestört	0.1	750	436	ES et al.		
Schlucht, ungestört	1	483	315	AW & WH		
Schlucht, ungestört	0.12	496	234	WW & AR		
Junger Sekundärwald						
Hang 6/2, junger Sekundärwald	0.1	460	72	ES et al.		

Autoren: AW, Anton Weissenhofer; WH, Werner Huber; WW, Wolfgang Wanek; AR, Andreas Richter; ES, Eva Schembera. Universität Wien. Die pantropische Gleichung, die auf der Analyse von 2410 Bäumen mit BDH von 5 cm bis 156 cm aus 27 Studien verteilt über den gesamten tropischen Raum basiert, lautet:

$$OBM (t/ha) = \text{Holzdichte} \times \exp(-1.239 + 1.980 \ln(BDH) + 0.207 (\ln BDH)^2 - 0.0281 (\ln BDH)^3).$$

BDH entspricht dem Baumdurchmesser in Brusthöhe in cm. Die Holzdichte wurde für die in den Beobachtungsflächen vorkommenden Baumarten nicht eigens bestimmt, sondern der Mittelwert von 921 Baumarten zentralamerikanischer Regenwälder i.e. 0.602 g/cm³ eingesetzt [Chave et al., 2006].

Fußnote 1. Wir testeten weiters die Abweichungen in der Kalkulation der oberirdischen Biomasse aus Brustumfang, Baumhöhe und Holzdichte durch Verwendung verschiedener allometrischer Gleichungen (10 verschiedene Gleichungen wurden getestet). Diese lagen zwischen 22% unter und 45% über den Ergebnissen der pantropischen Gleichung [Chave et al., 2005], die hier verwendet wurde. Im Mittel lagen die hier berechneten Werte 16% unter dem Mittelwert der 10 Schätzungen, und stellen daher konservative Schätzungen der Biomasse dar. In einer Vergleichsstudie in Panama wurde die Unsicherheit (Standardabweichung) der Biomasseabschätzung durch die Verwendung verschiedener allometrischer Beziehungen mit 37 bzw. 77 t/ha angegeben [Chave et al., 2004], mit bzw. ohne Einberechnung der Holzdichte der Baumarten, und war daher vergleichbar mit der Unsicherheit hier.

Fußnote 2. In der Region SW Costa Ricas wurden bislang keine genauen Untersuchungen der gesamten unterirdischen Biomasse durchgeführt. Vorläufige Studien der Feinwurzelbiomasse ergaben Werte von 3-8 t OTS pro Hektar, die jedoch den Anteil der Grobwurzeln und des Wurzelstrunks nicht beinhalteten. Auf Basis globaler Untersuchungen in Wäldern ergab sich ein Mittelwert von 0.235 (0.220-0.327, 10 Studien) für Sproß: Wurzelverhältnisse tropische feuchte Regenwälder [Mokany et al., 2006]. In der Publikation wurde auch eine Formel abgeleitet, die es erlaubt aus oberirdischer Biomasse die unterirdische Biomasse zu berechnen:
Unterirdische Biomasse = 0.489 x Oberirdische Biomasse^{0.890} (Bestimmungsmaß R²=0.93)

Mit beiden Ansätzen errechnen sich unterirdische Biomassen für den Regenwald der Österreicher (mit einer mittleren oberirdische Biomasse von 315 t OTS pro Hektar) von 74-82 t pro Hektar. In Tabelle 1 werden ebenfalls gemessene Vergleichswerte angegeben, die in einem Bereich von 2-84 t OTS pro Hektar schwanken. Die großen Abweichungen in der unterirdischen Biomasse leiten sich von Unterschieden in der Wurzelbiomasse-Bestimmung ab, und basieren weiters auf der Bodentextur (höhere unterirdische Biomasse auf sandigen Böden) und Jahresniederschlag (geringere unterirdische Biomasse bei höheren Niederschlägen). Durch die geringe Anzahl an Studien, auf deren Basis die Formeln und mittleren Sproß: Wurzelverhältnisse von Mokany et al. (2006) basieren, die hohen Jahresniederschläge und die Feinkörnigkeit der Böden in der Region nehmen wir einen geringeren Wert von ca. 25 t pro Hektar für die unterirdische Biomasse an. Dies ergibt einen zu erwartenden Gesamtbiomassewert von 340 t OTS pro Hektar.

Fußnote 3. Obwohl in nahezu allen Kohlenstoff-Projekten mit einem mittleren Kohlenstoffgehalt der Biomasse von 50% gerechnet wird, basieren diese auf nur sehr wenigen echten Messungen. Kürzlich wurde in einer systematischen Untersuchung von 59 Baumarten tropischer Regenwälder in Panama gezeigt, dass die Werte signifikant darunter liegen, mit 47,4±2,5% [Martin and Thomas, 2011]. Daher wurde hier mit diesem Mittelwert gerechnet.

Fußnote 4. In natürlichen Wäldern wird die Umtriebszeit (in Jahren, englisch: tree turnover rate) berechnet durch Division von 100 durch den Mittelwert der Erneuerungsrate (%Keimrate der Bäume je Hektar und Jahr) und der Mortalitätsrate (%Absterberate der Bäume je Hektar und Jahr). Die Umtriebszeit gibt daher die durchschnittliche Dauer von der Keimung des Baumes aus dem Samen bis seinem Absterben in einem Wald an. Mehrere Studien berechneten und kompilierten die Umtriebsraten in tropischen Regenwäldern und kamen zu ähnlichen Ergebnissen: Mittel 1.74%, Bereich 0.54-4.43%, mit höheren Werte auf nährstoffreicheren Standorten (2.26%) als auf verarmten Böden (1.39%) [Stephenson and van Mantgem, 2005]. Obwohl einzelne neotropische Bäume wie der Kapokbaum bis zu 1000 Jahre alt werden [Fichtler et al., 2003; Vieira et al., 2005], wird die mittlere Lebensdauer von Bäumen im neotropischen Regenwäldern wesentlich niedriger geschätzt, z.B. 60-110 Jahre [Vieira et al., 2005] bzw. 57 Jahre (44 Jahre nährstoffreich, 72 Jahre nährstoffarm) [Stephenson and van Mantgem, 2005]. Im Regenwald der Österreicher wurde die Umtriebszeit von Bäumen in einem typischen Hangwald auf 50-70 Jahre geschätzt (Werner Huber, pers. Komm.). Wir nehmen daher eine natürliche Umtriebszeit von 60 Jahren an.

Fußnote 5. Sekundärwälder erreichen jedoch erst über eine bestimmte Zeitspanne die Biomasse von ungestörten (primären) Regenwäldern, die nicht mit der Umtriebszeit der natürlichen Wälder zusammenhängt. Sollten diese Zeitspannen nicht gleich sein, müsste die CO₂ Bindung korrigiert werden auf jene Biomasse, die Sekundärwälder nach 60 Jahren erreichen. Der Zeitraum, den es benötigt, bis Sekundärwälder die Biomasse von ungestörten Wäldern erreichen, variiert stark und ist abhängig von vorheriger Landnutzung und dessen Dauer, klimatischen Bedingungen, sowie Bodenart und Textur. Die meisten Studien untersuchten jedoch nur junge Stadien der Wiederbewaldung (bis ca. 25 Jahre Alter) und langfristige Muster der Sekundärsukzession wurden wenig erforscht. Unter vergleichbaren klimatischen und Bodenbedingungen in NO Costa Rica erreichten Sekundärwälder bereits nach 20-30 Jahren das Biomasseäquivalent von ungestörten Tropenwäldern [Letcher and Chazdon, 2009] und in Puerto Rico geschah dies innerhalb von 60 Jahren [Marin-Spiotta et al., 2007]. Auf nährstoffarmen Böden in Venezuela betrug der Zeitraum bis zu 190 Jahre [Saldarriaga et al., 1988] bzw. unter etwas trockeneren klimatischen Bedingungen in Panama erreichten Sekundärwälder erst nach 80-130 Jahren 85% des Biomasseäquivalents ungestörter Wälder [Mascaro et al., 2011]. Auf Basis der hohen Niederschläge und der relativ nährstoffreichen Böden im Gebiet des Regenwalds der Österreicher nehmen wir daher an, dass die Sekundärwälder rasch Biomasse entwickeln und innerhalb von 60 Jahren das Biomasseäquivalent ungestörter Wälder erreichen. Hier wären jedoch Biomasse-Studien in der Region an datierten Sekundärwaldsukzessionen sehr wichtig, um die Kohlenstoffsequestrierung in Sekundärwäldern ableiten zu können.

Fußnote 6. Die durchschnittliche jährliche Kohlenstoff-Bindung über 60 Jahre ergibt sich als ~10 t CO₂ pro Hektar bzw. 2.7 t C pro Hektar und Jahr in diesem Wiederbewaldungsprojekt. Die Kohlenstoff-Sequestrierungsrate ist allerdings nicht konstant über die 60 Jahre. In einem Literaturüberblick nahm die oberirdische Biomasse im Schnitt mit einer Rate von 3.1-4.2 t C pro Hektar und Jahr über die ersten 20 Jahre Sukzession zu, und mit einer Rate von 1.5 t C pro Hektar und Jahr über die ersten 80 Jahre [Helmer et al., 2009; Silver et al., 2000]. Immerfeuchte tropische Regenwälder zeigten höhere Biomasseaufbauarten (1.6 t C/ha/Jahr) als wechselfeuchte Regenwälder (1.1 t C/ha/Jahr) [Silver et al., 2000]. Die errechneten jährlichen Kohlenstoffbindungsraten liegen also durchwegs im Schnitt immerfeuchter tropischer Regenwälder.

Referenzliste

- Baker, T. R., et al. (2004), Increasing biomass in Amazonian forest plots, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 359(1443), 353-365.
- Cairns, M. A., S. Brown, E. H. Helmer, and G. A. Baumgardner (1997), Root biomass allocation in the world's upland forests, *Oecologia*, 111(1), 1-11.
- Chave, J., B. Riera, and M. A. Dubois (2001), Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability, *Journal of Tropical Ecology*, 17, 79-96.
- Chave, J., R. Condit, S. Lao, J. P. Caspersen, R. B. Foster, and S. P. Hubbell (2003), Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forest: results from a large census plot in Panama, *Journal of Ecology*, 91(2), 240-252.
- Chave, J., R. Condit, S. Aguilar, A. Hernandez, S. Lao, and R. Perez (2004), Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 359(1443), 409-420.
- Chave, J., H. C. Muller-Landau, T. R. Baker, T. A. Easdale, H. Ter Steege, and C. O. Webb (2006), Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species, *Ecological Applications*, 16(6), 2356-2367.
- Chave, J., et al. (2005), Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests, *Oecologia*, 145(1), 87-99.
- Clark, D. B., and D. A. Clark (2000), Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest, *For. Ecol. Manage.*, 137(1-3), 185-198.
- Condit, R., S. Aguilar, A. Hernandez, R. Perez, S. Lao, G. Angehr, S. P. Hubbell, and R. B. Foster (2004), Tropical forest dynamics across a rainfall gradient and the impact of an El Nino dry season, *Journal of Tropical Ecology*, 20, 51-72.
- DeWalt, S. J., and J. Chave (2004), Structure and biomass of four lowland Neotropical forests, *Biotropica*, 36(1), 7-19.
- Fichtler, E., D. A. Clark, and M. Worbes (2003), Age and long-term growth of trees in an old-growth tropical rain forest, based on analyses of tree rings and C-14, *Biotropica*, 35(3), 306-317.
- Gower, S. T. (1987), Relations between mineral nutrient availability and fine root biomass in two Costa Rican tropical wet forests: a hypothesis, *Biotropica*, 19(2), 171-175.
- Helmer, E. H., M. A. Lefsky, and D. A. Roberts (2009), Biomass accumulation rates of Amazonian secondary forest and biomass of old-growth forests from Landsat time series and the Geoscience Laser Altimeter System, *J. Appl. Remote Sens.*, 3.
- Hughes, R. F., J. B. Kauffman, and V. J. Jaramillo (1999), Biomass, carbon, and nutrient dynamics of secondary forests in a humid tropical region of Mexico, *Ecology*, 80(6), 1892-1907.
- Letcher, S. G., and R. L. Chazdon (2009), Rapid Recovery of Biomass, Species Richness, and Species Composition in a Forest Chronosequence in Northeastern Costa Rica, *Biotropica*, 41(5), 608-617.
- Marin-Spiotta, E., R. Ostertag, and W. L. Silver (2007), Long-term patterns in tropical reforestation: Plant community composition and aboveground biomass accumulation, *Ecol. Appl.*, 17(3), 828-839.
- Martin, A. R., and S. C. Thomas (2011), A Reassessment of Carbon Content in Tropical Trees, *Plos One*, 6(8).
- Mascaro, J., G. P. Asner, H. C. Muller-Landau, M. van Breugel, J. Hall, and K. Dahlin (2011), Controls over aboveground forest carbon density on Barro Colorado Island, Panama, *Biogeosciences*, 8(6), 1615-1629.
- Mokany, K., R. J. Raison, and A. S. Prokushkin (2006), Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes, *Global Change Biology*, 12(1), 84-96.
- Nascimento, H. E. M., and W. F. Laurance (2002), Total aboveground biomass in central Amazonian rainforests: a landscape-scale study, *Forest Ecology and Management*, 168(1-3), 311-321.
- Nepstad, D. C., et al. (2002), The effects of partial throughfall exclusion on canopy processes, aboveground production, and biogeochemistry of an Amazon forest, *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 107(D20), 8085.
- Nicotra, A. B., R. L. Chazdon, and S. V. B. Iriarte (1999), Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests, *Ecology*, 80(6), 1908-1926.
- Powers, J. S. (2004), New perspectives in comparative ecology of Neotropical rain forests: Reflections on the past, present, and future, *Biotropica*, 36(1), 2-6.
- Powers, J. S., K. K. Treseder, and M. T. Lerdau (2005), Fine roots, arbuscular mycorrhizal hyphae and soil nutrients in four Neotropical rain forests: patterns across large geographic distances, *New Phytologist*, 165(3), 913-921.
- Saldarriaga, J. G., D. C. West, M. L. Tharp, and C. Uhl (1988), Long-Term Chronosequence Of Forest Succession In The Upper Rio Negro Of Colombia And Venezuela, *Journal of Ecology*, 76(4), 938-958.
- Sierra, C. A., et al. (2007), Total carbon stocks in a tropical forest landscape of the Porc region, Colombia, *For. Ecol. Manage.*, 243(2-3), 299-309.
- Silver, W. L., R. Ostertag, and A. E. Lugo (2000), The potential for carbon sequestration through reforestation of abandoned tropical agricultural and pasture lands, *Restor. Ecol.*, 8(4), 394-407.
- Stephenson, N. L., and P. J. van Mantgem (2005), Forest turnover rates follow global and regional patterns of productivity, *Ecol. Lett.*, 8(5), 524-531.
- Vieira, S., S. Trumbore, P. B. Camargo, D. Selhorst, J. Q. Chambers, N. Higuchi, and L. A. Martinelli (2005), Slow growth rates of Amazonian trees: Consequences for carbon cycling, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 102(51), 18502-18507.
- Wanek, W., S. Drage, N. Hinko, F. Hofhansl, E.-M. Pölz, A. Ratzer, and A. Richter (2008), Primary production and nutrient cycling in lowland rainforests of the Golfo Dulce region, in *Natural and Cultural History of the Golfo Dulce Region, Costa Rica*, edited by A. Weissenhofer, W. Huber, V. Mayer, S. Pamperl, A. Weber and G. Aubrecht, pp. 155-178, Biologiezentrum der OÖ Landesmuseen, Linz, Austria.
- Yavitt, J. B., and S. J. Wright (2001), Drought and irrigation effects on fine root dynamics in a tropical moist forest, Panama, *Biotropica*, 33(3), 421-434.



Unterschriftenliste

Univ.Prof. Dr. Andreas Richter (Universität Wien, Fakultätszentrum für Ökologie)	
ao.Univ.Prof. Mag.Dr. Wolfgang Wanek (Universität Wien, Fakultätszentrum für Ökologie)	
ao.Univ.Prof.Dr. Roland Albert (Universität Wien, Fakultätszentrum für Ökologie)	
Univ.Prof.Dr. Konrad Fiedler (Universität Wien, Fakultätszentrum für Biodiversität)	
Dr. Werner Huber (Universität Wien, Fakultätszentrum für Biodiversität)	
Dr. Anton Weissenhofer (Universität Wien, Fakultätszentrum für Biodiversität)	

Wien, 01. Dezember 2011

Vergleichbare Berechnungen der Kohlenstoff-Bindung in Tropenwäldern

Dr. Edmund Tanner, Univ. of Cambridge: durchschnittlich 201tC/Ha (Panama 148tC/Ha); Ernesto Medina & Elvira Cuevas: 170tC/Ha; J. Roberts, Centre for Ecology and Hydrology, Oxfordshire: 170tC/Ha www.esd.ornl.gov/projects/gen/carbon4.html

Ross W. Gorte, Congressional Research Service, „Carbon Sequestration in Forests“ (2007): 109tC/Acre oder 269tC/Ha http://www.nbio.gov/.../156209_1216396278010_Carbon_Sequestration_in_Forests.pdf

Für nachhaltig konzipierte Aufforstungsprojekte kann in den ersten Jahrzehnten von einem durchschnittlichen Minderungspotenzial von 10-40 t CO₂/ha*a in den Tropen ausgegangen werden www.prima-klima-weltweit.de/grafiken/downloads/paul_studie.pdf

Gibbs et al. (2007) „Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks“ : zwischen 128 tC/Ha und 200 tC/Ha. iopscience.iop.org/1748-9326/2/4/045023/fulltext

Global Connections-„Faustformel“/ Nationaler Inventarbericht 2010 zu Treibhausgasen/ Johann Heinrich von Thünen-Institut: 10 Tonnen CO₂-Absorption pro Hektar und Jahr http://www.globcon.org/de/index.php?option=com_content&view=article&id=76&Itemid=75

„Stark Druck VisionsWald“ Aufforstungs-Projekt, Costa Rica: Ein Hektar des entstehenden Regenwaldes bindet in 50 Jahren rund 570t CO₂ <http://www.stadtwerke-pforzheim.de/de/3560.php>

Ein Hektar zusätzlicher Wald bindet 10 CO₂ pro Jahr <http://www.prima-klima-weltweit.de/grafiken/pdf/prima-klima-faustformel.pdf>

Univ. Doz. Dr. Peter Weish
**Department für integrative Biologie
und Biodiversitätsforschung**
**Institut für Zoologie der
Universität für Bodenkultur**
Gregor Mendel Straße 33 A-1180 Wien
peter.weish@boku.ac.at



Wien, am 2. Dezember 2011

Die Berechnungen des Wissenschaftlichen Beirats der Universität Wien, die sich auf ein reiches Datenmaterial stützen, bestätigen die "Kalkulation der Kohlenstoffbindung bei Wiederbewaldung in den Tropen", die ich im September 2008 für den Verein „Regenwald der Österreicher“ ausgeführt habe.

Peter Weish

Kalkulation der Kohlenstoffbindung bei Wiederbewaldung in den Tropen

Peter Weish, 18.09.08

Nach verschiedenen Quellen beträgt die Biomasse tropischer Regenwälder 255-800 t OTS (organische Trockensubstanz) pro Hektar. Ungefähr 50% davon macht Kohlenstoff aus. Bei manchen Angaben wird zwischen oberirdischer und unterirdischer Biomasse unterschieden, bei anderen ist nicht klar, ob nur die oberirdische oder die gesamte Biomasse gemeint ist. Für unsere vorsichtige, grobe Schätzung nehmen wir 350 Tonnen OTS/ha an. Wir rechnen also damit, daß im tropischen Regenwald (im Klimaxstadium) pro Hektar 175 t Kohlenstoff gebunden sind. Als Umtriebszeiten schätzt man 50-70 Jahre, d.h. in dieser Zeit ist die C-Bindung in der Nähe des Maximums. Nimmt man für die nächsten Jahre einen durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von 1/60 an, so macht das 2,9 t C/ha und Jahr aus. Diese Rechnung stimmt relativ gut überein mit Angaben über Ecuador, wo man für eine Zuwachspanne von 20 Jahren eine CO₂-Bindung von 75 t/acre ermittelt hat. (<http://www.carbonbalanced.org/science/B3-faqs.asp#Q19>) Umrechnung: 1 ha = 2,47 acre. 1 t CO₂ entspricht 0,27 t C. 75 t x 2,47 = 185,2 t (CO₂), das entspricht ca. 50 t C in 20 Jahren pro Hektar, somit jährlich 2,5 t C/ha. Daher bindet nach dieser Rechnung 1 ha Regen-Jungwald 2,9 t Kohlenstoff pro Jahr

Obwohl ein Klimaxwald eine ausgeglichene CO₂ Bilanz aufweist, kann man auch dem Käufer von Regenwald diese CO₂-Einsparung gutschreiben, wenn durch den Kauf eine Abholzung verhindert wurde.

Quellen:

Larcher, Walter: Ökophysiologie der Pflanzen, 6. Auflage. UTB 8074, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart 2001.
Jordan C.F. (Ed.): Amazonian Rain Forests. Ecological Studies 60, Springer-Verlag 1986.
Whitmore T. C.: An Introduction of Tropical Rain Forests. Clarendon Press Oxford, 1990.