Bedeutung von Landnutzungsänderungen an einem praktischen Bilanzierungsbeispiel

Ökobilanz Werkstatt, 20-22.09.2011

Ran Liu, Öko-Institut e.V.

Gliederung

- Überblick über die existierenden Methoden zur Land-Use-Change Berechnung
- Beispiel: Kakaoanbau in Ghana
- Fazit&Fragen

Überblick über die Methoden

Methode	Relevante Kapitel	Seitenverweis
IPCC 2006	Vol.4 GHG Agriculture, Forestry and other Land use	umfasst mehrere Kapitel
ILCD Handbook-General Guide for LCA-Detailed Guidance	Annex B: Calculation of CO_2 emissions from land transformation	Beispiele ab Seite 357
GHG Protocol: Product Standard	Draft Version. am 04.10.2011 Finalversion	Draft [Nov. 2010] Appendix C
PAS 2050	Annex E: Default Land use change values for selected countries	Seite 32

Defra-Bericht, 2009.

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Table 91 Greenhouse gas emissions for production of cocoa and manufacture of cocoa powder (kg CO_2e)

Component		Greenhouse gas emissions (kg CO_2e per kg cocoa beans)
Raw Materials (agriculture)		**0.11**
Processes (agriculture)		
	Energy	<0.01
	Waste	<0.01
	Soil emissions	0.38
(Total processes)		**(0.38)**
Transport		**0.17**
(Total production in Ghana (excluding land use change) and export)		**(0.94)**
Land use change for production in Ghana (see Process description above)		41
Manufacture of cocoa powder in UK		1.1
Total		**43**

95% der bilanzierten Gesamtemission!

Quelle (Seite 138):

Wiltshire et al. Scenario building to test and inform the development of a BSI method for assessing greenhouse gas emissions from food;

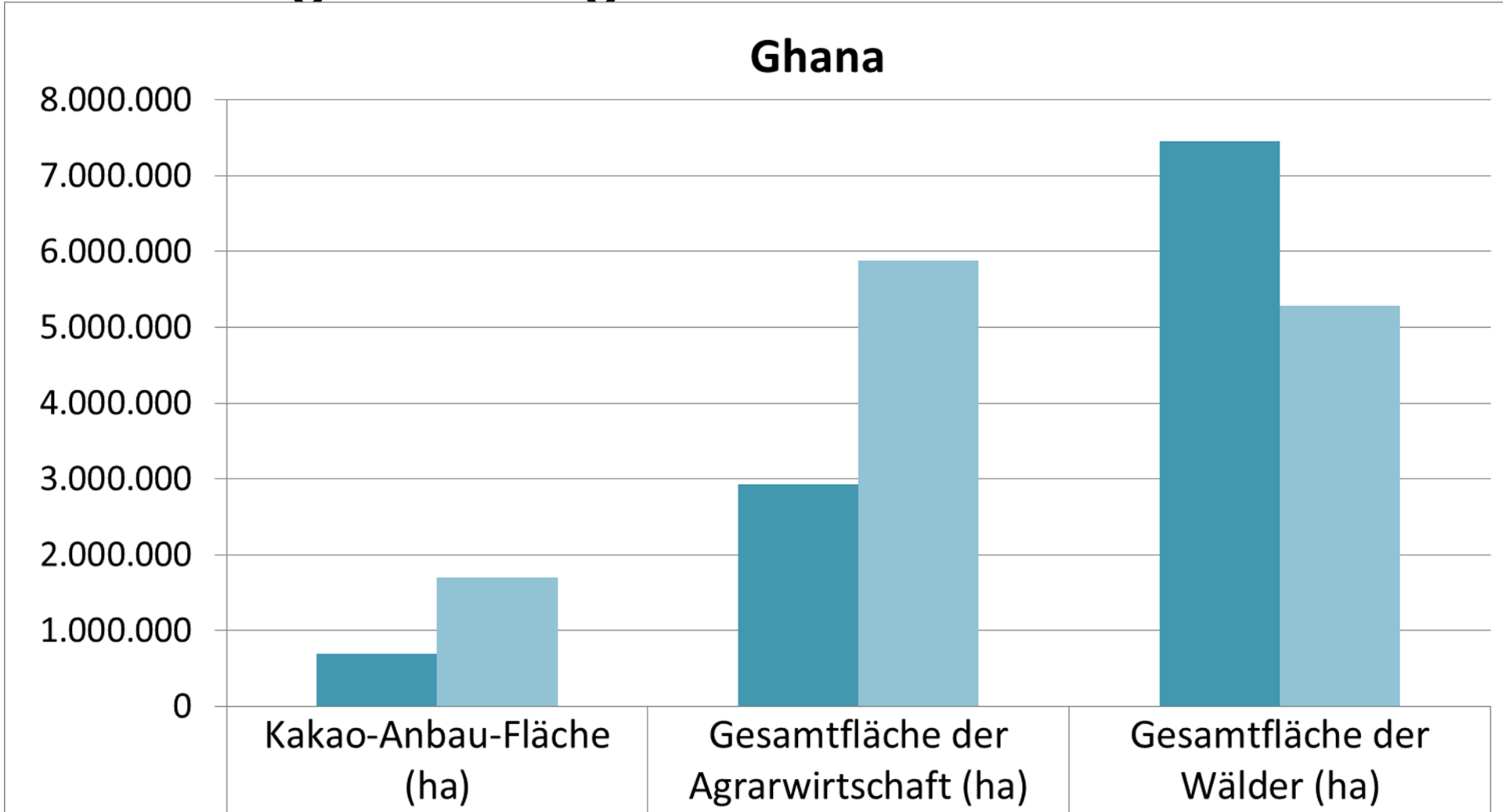
Report to Defra, 2009.

Beispielberechnung der Landnutzungsänderung:

Kakaoanbau in Ghana

Schritt 1: Überprüfung ob eine Landnutzungsänderung stattfindet

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology



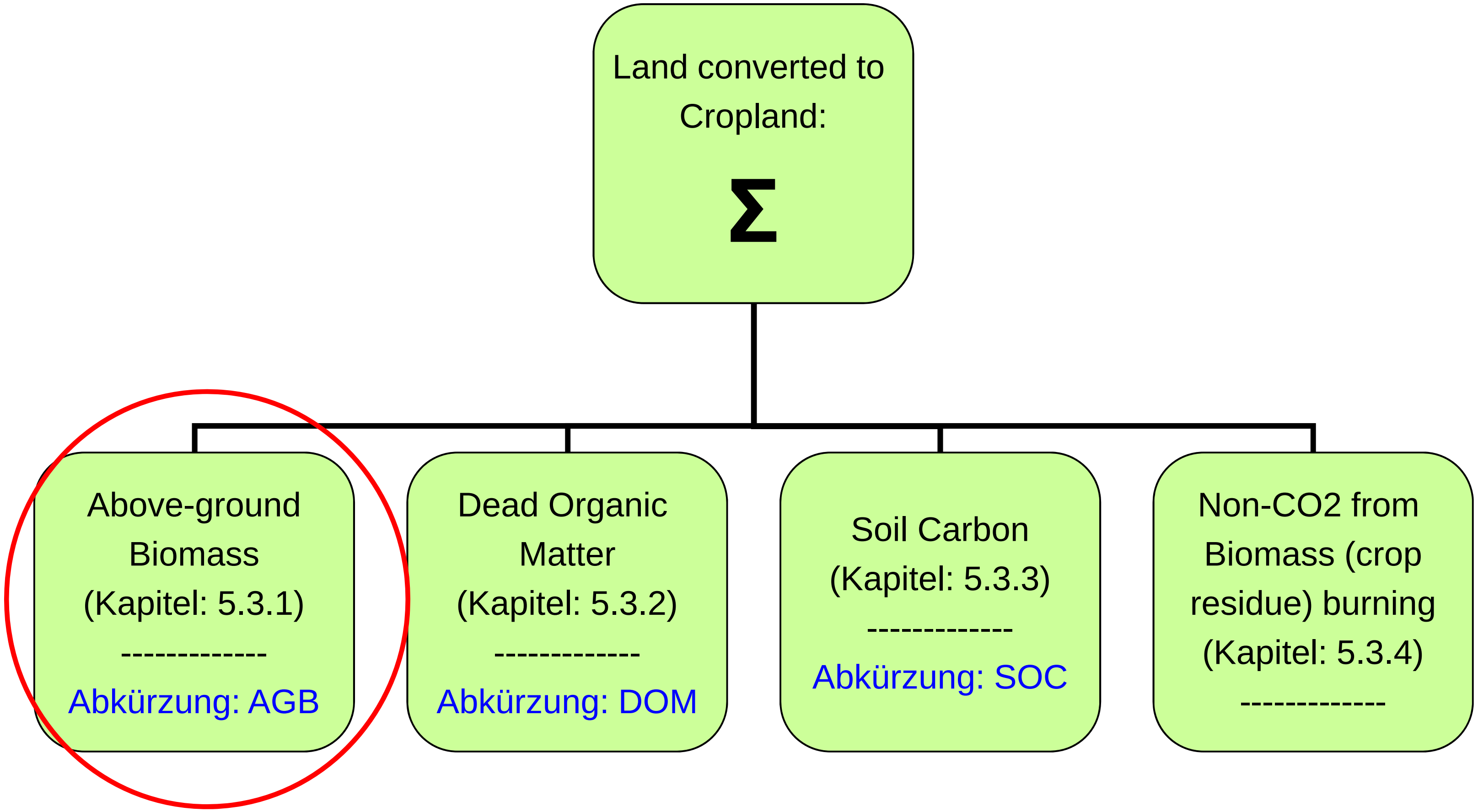
	Kakao-Anbau-Fläche (ha)	Gesamtfläche der Agrarwirtschaft (ha)	Gesamtfläche der Wälder (ha)
1990	690.000	2.935.372	7.447.854
2007	1.700.000	5.878.453	5.278.928

Annahme Nr. 1:

Durch Vergleich der gesamten agrarischen Anbaufläche und Kakaoanbaufläche in Ghana wird angenommen, dass durch die Zunahme des Kakao-Anbaus eine Landnutzungsänderung stattfindet.

Methode:

IPCC 2006: **Land converted to Cropland**



Das weiter berechnete Beispiel basiert auf Tier 1-Methode von IPCC.

Schritt 2: Above-ground Biomass AGB (Kapitel: 4, Table 4.7, Seite 53)

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

TABLE 4.7
ABOVE-GROUND BIOMASS IN FORESTS

Domain	Ecological zone	Continent	Above-ground biomass (tonnes d.m. ha^{-1})	References
Tropical	Tropical rain forest	Africa	310 (130-510)	IPCC, 2003
		North and South America	300 (120-400)	Baker *et al.*, 2004a; Hughes *et al.*, 1999
		Asia (continental)	280 (120-680)	IPCC, 2003
		Asia (insular)	350 (280-520)	IPCC, 2003
	Tropical moist deciduous forest	Africa	260 (160-430)	IPCC, 2003
		North and South America	220 (210-280)	IPCC, 2003
		Asia (continental)	180 (10-560)	IPCC, 2003
		Asia (insular)	290	IPCC, 2003
	Tropical dry forest	Africa	120 (120-130)	IPCC, 2003
		North and South America	210 (200-410)	IPCC, 2003
		Asia (continental)	130 (100-160)	IPCC, 2003
		Asia (insular)	160	IPCC, 2003
	Tropical shrubland	Africa	70 (20-200)	IPCC, 2003
		North and South America	80 (40-90)	IPCC, 2003
		Asia (continental)	60	IPCC, 2003
		Asia (insular)	70	IPCC, 2003
	Tropical mountain systems	Africa	40-190	IPCC, 2003
		North and South America	60-230	IPCC, 2003
		Asia (continental)	50-220	IPCC, 2003
		Asia (insular)	50-360	IPCC, 2003

Weitere Klimazonen sind „Subtropical, Temperate, Boreal“, jeweils mit „Ecological Zone“.

CDM: carbon dry matter

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

TABLE 4.3
CARBON FRACTION OF ABOVEGROUND FOREST BIOMASS

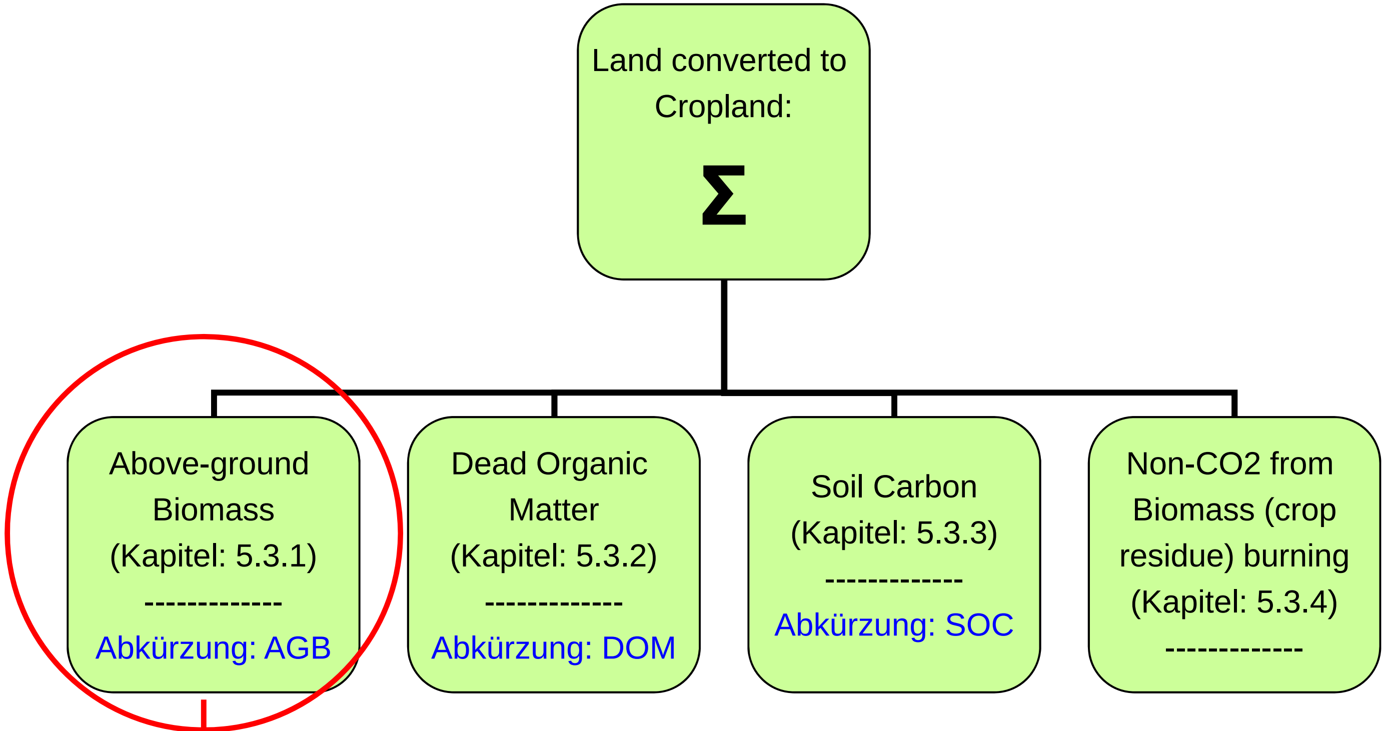
Domain	Part of tree	Carbon fraction, (CF) [tonne C (tonne d.m.)$^{-1}$]	References
Default value	All	0.47	McGroddy *et al.*, 2004
Tropical and Subtropical	All	0.47 (0.44 - 0.49)	Andreae and Merlet, 2001; Chambers *et al.*, 2001; McGroddy *et al.*, 2004; Lasco and Pulhin, 2003
	wood	0.49	Feldpausch *et al.*, 2004
	wood, tree d < 10 cm	0.46	Hughes *et al.*, 2000
	wood, tree d ≥ 10 cm	0.49	Hughes *et al.*, 2000
	foliage	0.47	Feldpausch *et al.*, 2004
	foliage, tree d < 10 cm	0.43	Hughes *et al.*, 2000
	foliage, tree d ≥ 10 cm	0.46	Hughes *et al.*, 2000
Temperate and Boreal	All	0.47 (0.47 - 0.49)	Andreae and Merlet, 2001; Gayoso *et al.*, 2002; Matthews, 1993; McGroddy *et al.*, 2004
	broad-leaved	0.48 (0.46 - 0.50)	Lamlom and Savidge, 2003
	conifers	0.51 (0.47 - 0.55)	Lamlom and Savidge, 2003

- Um den Kohlenstoff-Gehalt in der Biomasse zu berechnen, verwendet man CDM (Carbon fraction of dry matter)

Annahme Nr. 2:
Da Bestandteil der Bäume unbekannt sind, werden Default-Werte zugrunde gelegt.

Kohlenstoffgehalt pro ha in Biomasse

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology



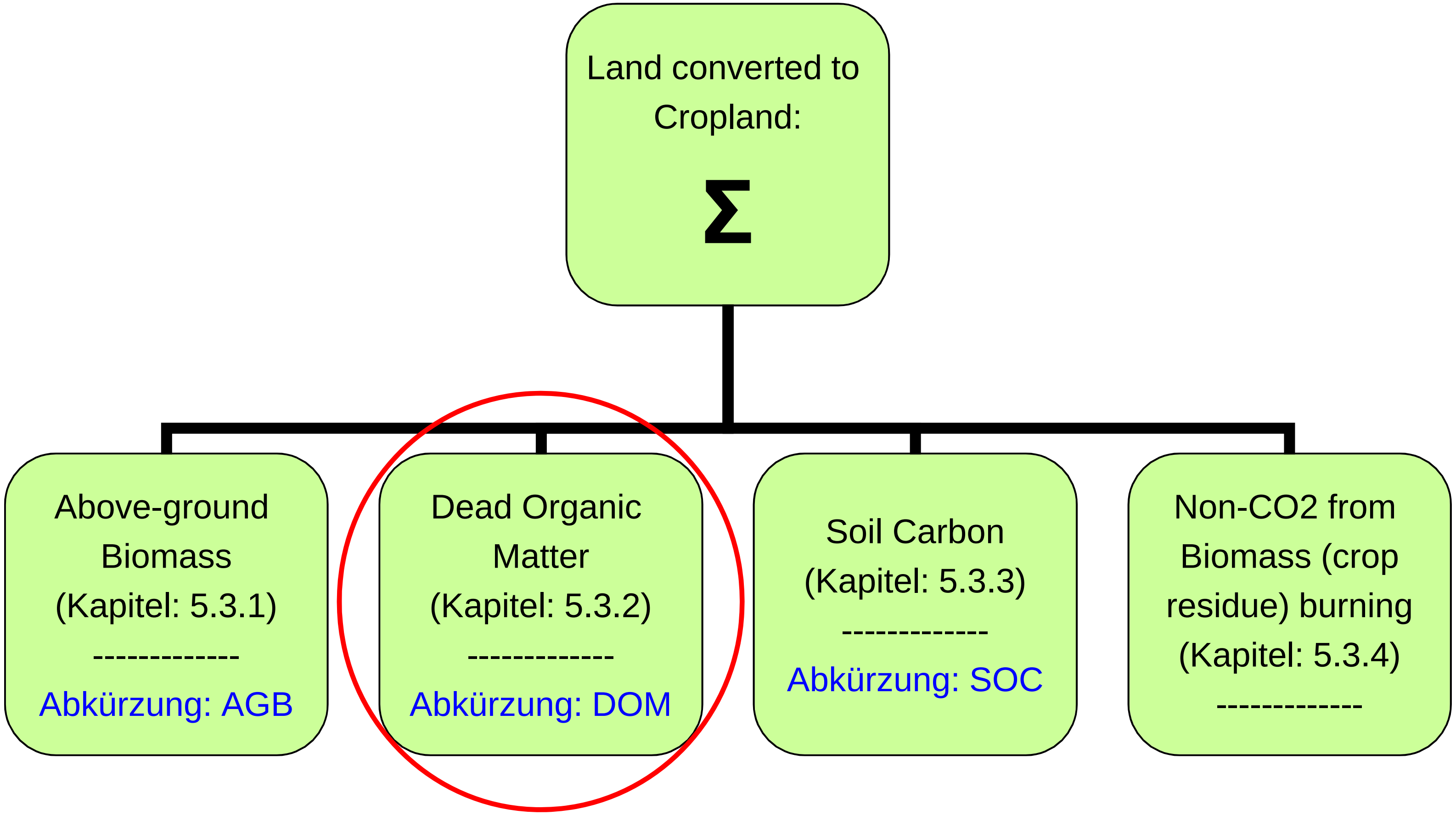
$$AGB * CDM = 310 \frac{t \text{ dry matter}}{\text{ha}} * 0{,}47 \frac{t \text{ C}}{\text{t dry matter}} = 145{,}7 \frac{t \text{ C}}{\text{ha}}$$

Bandbreite: 61,1-239,7 tonne Kohlenstoff / ha bezogen auf 20 Jahre

Schritt 3: DOM-Berechnung

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

IPCC 2006



Kohlenstoffgehalt in abgestorbener Biomasse

Schritt 3: DOM

Kapitel 2: Seite 27

?

TABLE 2.2 TIER 1 DEFAULT VALUES FOR LITTER AND DEAD WOOD CARBON STOCKS				
Climate	Forest type			
	Broadleaf deciduous	Needleleaf evergreen	Broadleaf deciduous	Needleleaf evergreen
	Litter carbon stocks of mature forests		Dead wood carbon stocks of mature forests	
	(tonnes C ha^{-1})		(tonnes C ha^{-1})	
Boreal, dry	25 (10 - 58)	31 (6 - 86)	n.a.[b]	n.a
Boreal, moist	39 (11 - 117)	55 (7 - 123)	n.a	n.a
Cold Temperate, dry	28 (23 - 33)[a]	27 (17 - 42)[a]	n.a	n.a
Cold temperate, moist	16 (5 - 31)[a]	26 (10 - 48)[a]	n.a	n.a
Warm Temperate, dry	28.2 (23.4 - 33.0)[a]	20.3 (17.3 - 21.1)[a]	n.a	n.a
Warm temperate, moist	13 (2 - 31)[a]	22 (6 - 42)[a]	n.a	n.a
Subtropical	2.8 (2 - 3)	4.1	n.a	n.a
Tropical	2.1 (1 - 3)	5.2	n.a	n.a

DOM

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Broadleaf deciduous: Laubwald

Needleleaf evergreen: Nadelwald, immergrün

Google:

http://edc2.usgs.gov/glcc/aflcdbtab2_0.txt

Annahme 3: Ghana → Evergreen

Schritt 3: DOM

Kapitel 2: Seite 27

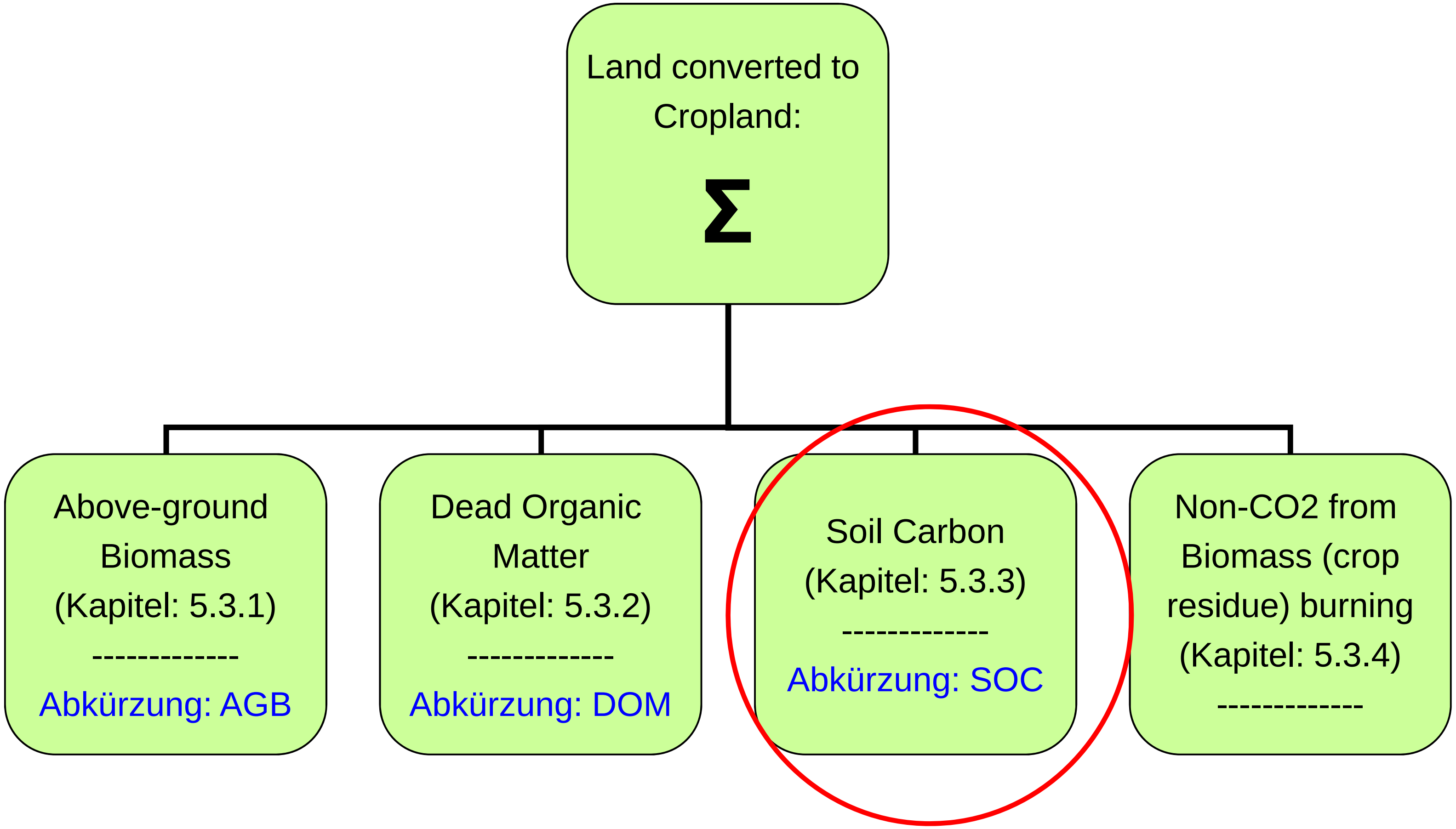
TABLE 2.2
TIER 1 DEFAULT VALUES FOR LITTER AND DEAD WOOD CARBON STOCKS

Climate	Forest type			
	Broadleaf deciduous	Needleleaf evergreen	Broadleaf deciduous	Needleleaf evergreen
	Litter carbon stocks of mature forests		Dead wood carbon stocks of mature forests	
	(tonnes C ha^{-1})		(tonnes C ha^{-1})	
Boreal, dry	25 (10 - 58)	31 (6 - 86)	n.a.[b]	n.a
Boreal, moist	39 (11 - 117)	55 (7 - 123)	n.a	n.a
Cold Temperate, dry	28 (23 - 33)[a]	27 (17 - 42)[a]	n.a	n.a
Cold temperate, moist	16 (5 - 31)[a]	26 (10 - 48)[a]	n.a	n.a
Warm Temperate, dry	28.2 (23.4 - 33.0)[a]	20.3 (17.3 - 21.1)[a]	n.a	n.a
Warm temperate, moist	13 (2 - 31)[a]	22 (6 - 42)[a]	n.a	n.a
Subtropical	2.8 (2 - 3)	4.1		
Tropical	2.1 (1 - 3)	5.2	n.a	n.a

Anmerkung: Durchschnittwert nehmen.

Schritt 4: Kohlenstoffspeicherung in Böden

IPCC 2006:



Schritt 4: Organische Kohlenstoffspeicherung in Böden

IPCC:
-Kapitel 2: Equation 2.25 (Seite 30)
-Kapitel 5: Seite 36

$$SOC(t\ \mathrm{C/ha}) = SOC_{REF}(t\ \mathrm{C/ha}) * F_{LU} * F_{MG} * F_{I}$$

SOC_{REF} = the reference carbon stock, tonnes C ha^{-1} (Table 2.3)

F_{LU} = stock change factor for land-use systems or sub-system for a particular land-use, dimensionless

F_{MG} = stock change factor for management regime, dimensionless

F_{I} = stock change factor for input of organic matter, dimensionless

Änderung des C-Speichers=(SOC von Landnutzung 2)-(SOC von Landnutzung 1)

SOC_{REF}

TABLE 2.3
DEFAULT REFERENCE (UNDER NATIVE VEGETATION) SOIL ORGANIC C STOCKS (SOC_{REF}) FOR MINERAL SOILS (TONNES C HA^{-1} IN 0-30 CM DEPTH)

Climate region	HAC soils[1]	LAC soils[2]	Sandy soils[3]	Spodic soils[4]	Volcanic soils[5]	Wetland soils[6]
Boreal	68	NA	10#	117	20#	146
Cold temperate, dry	50	33	34	NA	20#	87
Cold temperate, moist	95	85	71	115	130	
Warm temperate, dry	38	24	19	NA	70#	88
Warm temperate, moist	88	63	34	NA	80	
Tropical, dry	38	35	31	NA	50#	86
Tropical, moist	65	47	39	NA	70#	
Tropical, wet	44	60	66	NA	130#	
Tropical montane	88*	63*	34*	NA	80*	

Note: Data are derived from soil databases described by Jobbagy and Jackson (2000) and Bernoux *et al.* (2002). Mean stocks are shown. A nominal error estimate of ±90% (expressed as 2x standard deviations as percent of the mean) are assumed for soil-climate types. NA denotes 'not applicable' because these soils do not normally occur in some climate zones.

# Indicates where no data were available and default values from *1996 IPCC Guidelines* were retained.

* Data were not available to directly estimate reference C stocks for these soil types in the tropical montane climate so the stocks were based on estimates derived for the warm temperate, moist region, which has similar mean annual temperatures and precipitation.

Faktor: F_{LU}

IPCC 2006, Kapitel 5, Seite 17

TABLE 5.5
RELATIVE STOCK CHANGE FACTORS (F_{LU}, F_{MG}, AND F_I) (OVER 20 YEARS) FOR DIFFERENT MANAGEMENT ACTIVITIES ON CROPLAND

Factor value type	Level	Temper-ature regime	Moist-ure regime[1]	IPCC defaults	Error[2,3]	Description
Land use (F_{LU})	Long-term culti-vated	Tem-perate/ Boreal	Dry	0.80	± 9%	Represents area that has been continuously managed for >20 yrs, to predominantly annual crops. Input and tillage factors are also applied to estimate carbon stock changes. Land-use factor was estimated relative to use of full tillage and nominal ('medium") carbon input levels.
			Moist	0.69	± 12%	
		Tropical	Dry	0.58	± 61%	
			Moist/ Wet	0.48	± 46%	
		Tropical montane[4]	n/a	0.64	± 50%	
Land use (F_{LU})	Paddy rice	All	Dry and Moist/ Wet	1.10	± 50%	Long-term (> 20 year) annual cropping of wetlands (paddy rice). Can include double-cropping with non-flooded crops. For paddy rice, tillage and input factors are not used.
Land use (F_{LU})	Peren-nial/ Tree Crop	All	Dry and Moist/ Wet	LU 2 1.00	± 50%	Long-term perennial tree crops such as fruit and nut trees, coffee and cacao.
Land use (F_{LU})	Set aside (< 20 yrs)	Tempe rate/ Boreal and Tropical	Dry	0.93	± 11%	Represents temporary set aside of annually cropland (e.g., conservation reserves) or other idle cropland that has been revegetated with perennial grasses.
			Moist/ Wet	0.82	± 17%	
		Tropical montane[4]	n/a	0.88	± 50%	

Faktor: F_{MG}

IPCC 2006, Kapitel 5, Seite 17

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Annahme 4:

LU 2

Factor value	Level	Temper-ature regime	Moist-ure regime[1]	IPCC defaults	Error[2,3]	Description
Tillage (F_{MG})	Full	All	Dry and Moist/ Wet	1.00	NA	Substantial soil disturbance with full inversion and/or frequent (within year) tillage operations. At planting time, little (e.g., <30%) of the surface is covered by residues.
Tillage (F_{MG})	Re-duced	Tem-perate/ Boreal	Dry	1.02	± 6%	Primary and/or secondary tillage but with reduced soil disturbance (usually shallow and without full soil inversion). Normally leaves surface with >30% coverage by residues at planting.
			Moist	1.08	± 5%	
		Tropical	Dry	1.09	± 9%	
			Moist/ Wet	1.15	± 8%	
		Tropical montane[4]	n/a	1.09	± 50%	
Tillage (F_{MG})	No-till	Temperat e/ Boreal	Dry	1.10	± 5%	Direct seeding without primary tillage, with only minimal soil disturbance in the seeding zone. Herbicides are typically used for weed control.
			Moist	1.15	± 4%	
		Tropical	Dry	1.17	± 8%	
			Moist/ Wet	1.22	± 7%	
		Tropical montane[4]	n/a	1.16	± 50%	

Faktor: F_I IPCC 2006, Kapitel 5, Seite 18

TABLE 5.5 (CONTINUED)
RELATIVE STOCK CHANGE FACTORS (F_{LU}, F_{MG}, AND F_I) (OVER 20 YEARS) FOR DIFFERENT MANAGEMENT ACTIVITIES ON CROPLAND

Annahme 5: LU 2

Factor value type	Level	Temperature regime	Moisture regime[1]	IPCC defaults	Error[2,3]	Description
Input (F_I)	Low	Temperate/ Boreal	Dry	0.95	± 13%	Low residue return occurs when there is due to removal of residues (via collection or burning), frequent bare-fallowing, production of crops yielding low residues (e.g., vegetables, tobacco, cotton), no mineral fertilization or N-fixing crops.
			Moist	0.92	± 14%	
		Tropical	Dry	0.95	± 13%	
			Moist/ Wet	0.92	± 14%	
		Tropical montane[4]	n/a	0.94	± 50%	
Input (F_I)	Medium	All	Dry and Moist/ Wet	1.00	NA	Representative for annual cropping with cereals where all crop residues are returned to the field. If residues are removed then supplemental organic matter (e.g., manure) is added. Also requires mineral fertilization or N-fixing crop in rotation.
Input (F_I)	High without manure	Temperate/ Boreal and Tropical	Dry	1.04	± 13%	Represents significantly greater crop residue inputs over medium C input cropping systems due to additional practices, such as production of high residue yielding crops, use of green manures, cover crops, improved vegetated fallows, irrigation, frequent use of perennial grasses in annual crop rotations, but without manure applied (see row below).
			Moist/ Wet	1.11	± 10%	
		Tropical montane[4]	n/a	1.08	± 50%	
Input (F_I)	High – with manure	Temperate/ Boreal and Tropical	Dry	1.37	± 12%	Represents significantly higher C input over medium C input cropping systems due to an additional practice of regular addition of animal manure.
			Moist/ Wet	1.44	± 13%	
		Tropical montane[4]	n/a	1.41	± 50%	

Schritt 4: SOC

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

$$SOC(t\ C/ha) = SOC_{REF}(t\ C/ha) * F_{LU} * F_{MG} * F_{I}$$

Landnutzung 1 in 1990: Primärwälder -> F_{LU}, F_{MG}, F_{I}=1

Landnutzung 2 in 2010: Kakao-Anbau

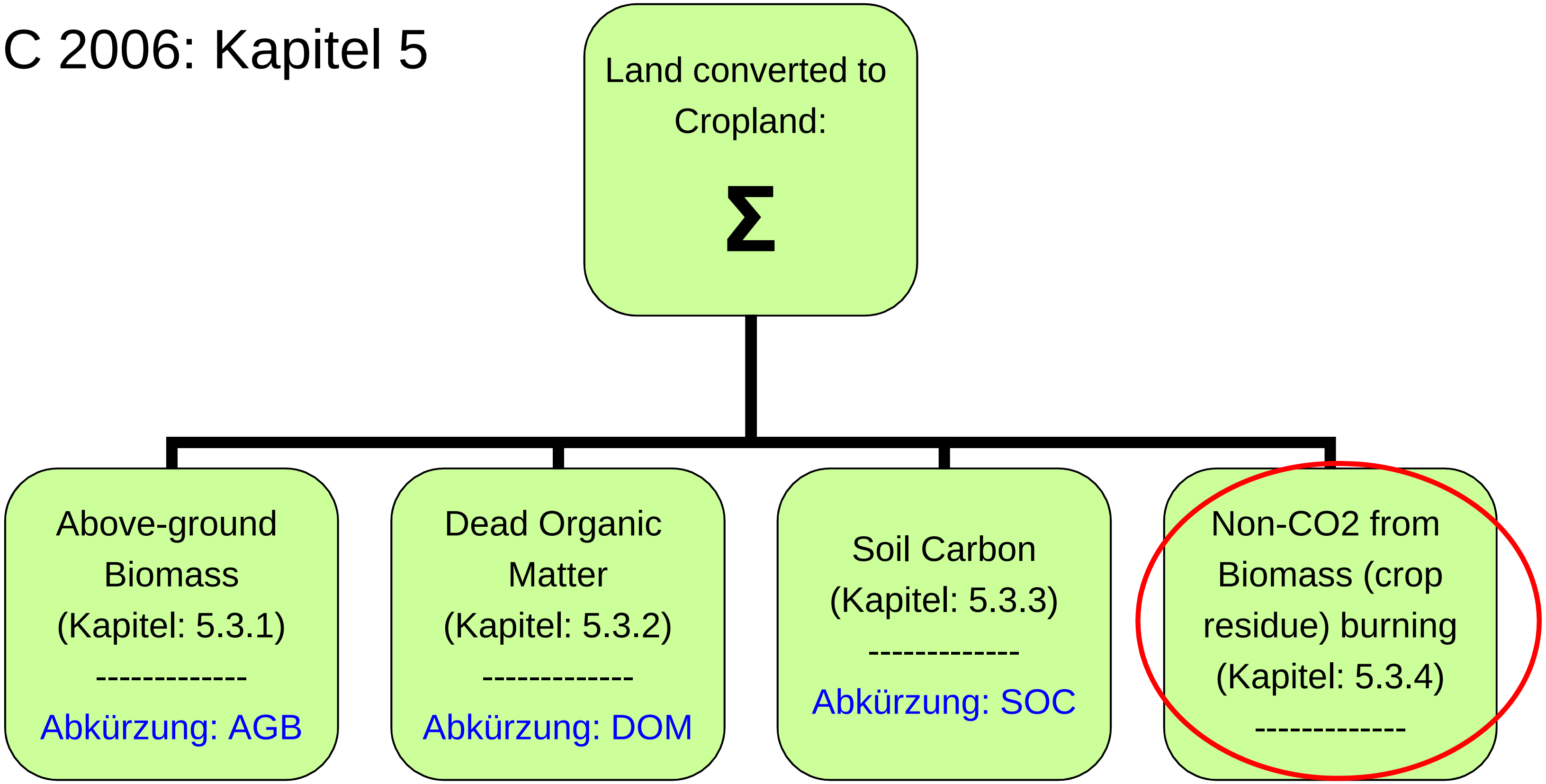
Parameter	Soils with high activity clay (HAC)	Solis with low activity clay (LAC)	Sand soils
SOC_{REF}	44	60	66
F_{LU}	1	1	1
F_{LU} (+50%)	0,5 (-50%)	1	1,5 (+50%)
F_{MG}	1	1	1
F_{I}	0,92	0,92	0,92
F_{I}(+14%)	0,79 (-14%)	0,92	1,04 (+14%)
SOC_{1990}	44	60	66
SOC_{2010}	40,48	55,2	60,72
SOC_{2010}	17,38	55,2	102.96
Differenz: SOC_{2010}-SOC_{1990}	-3,52	-4,8	-5,28
	-26,62	-4,8	36,96

Kohlenstoffveränderung zwischen 2010 und 1990:

-26,62 (Verlust) bis +36,96 (Speicherung) t C/[ha *20Jahre]

Land converted to Cropland

IPCC 2006: Kapitel 5



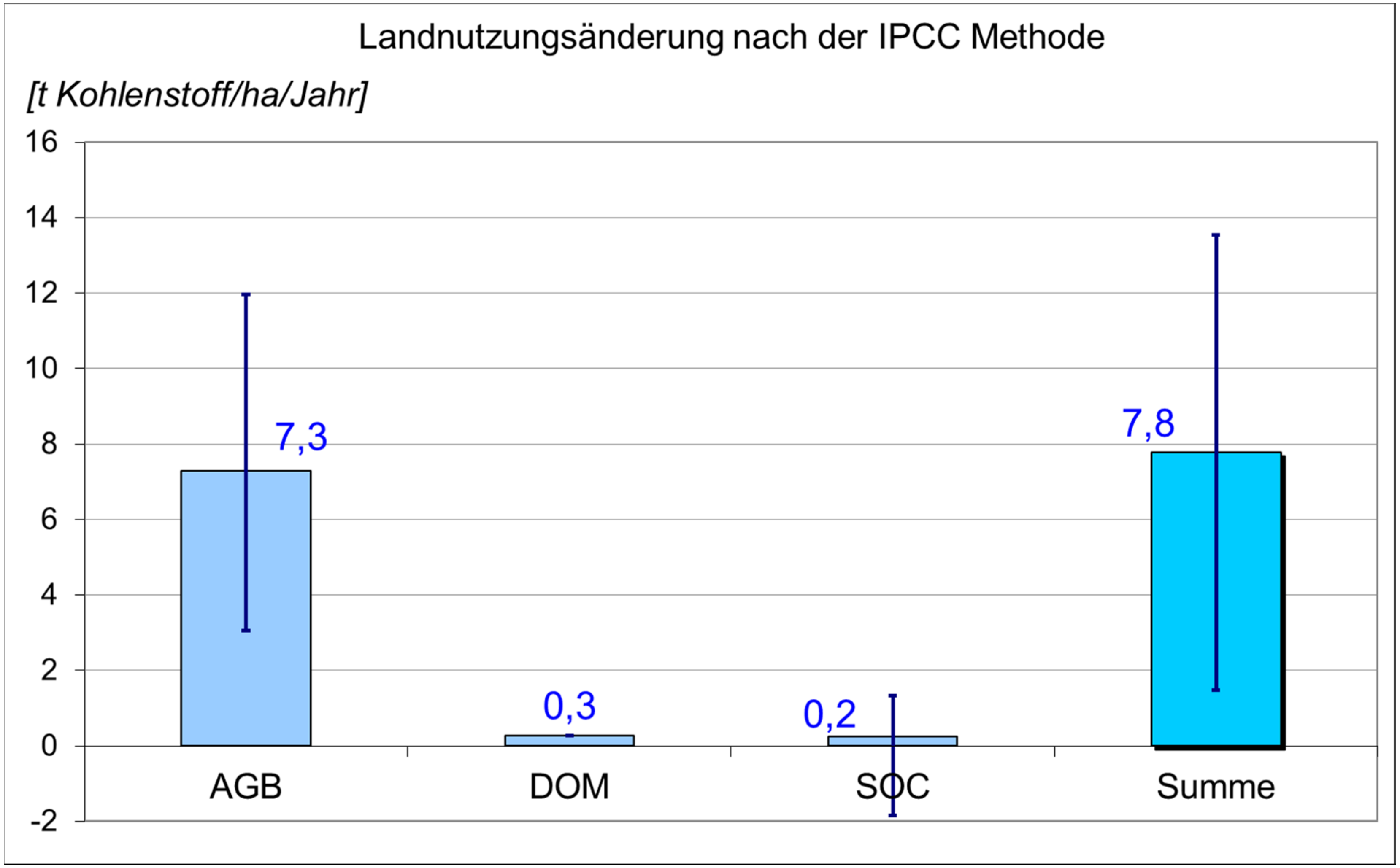
Annahme 6:
Keine Verbrennung stattfindet

Ergebnisse (IPCC 2006 Methode)

$$\Sigma Landnutzungsänderung = AGB * CDM + DOM + (F_{LU} + F_{MG} + F_I) * SCD$$

t C/ha/20a	Min.	Durchschnitt	Max.
AGB	61,1	145,7	239,1
DOM	5,2	5,2	5,2
SOC	-37,0	4,8	26,6
Summe	29,3	155,7	270,9
t C/ha/a	Min.	Durchschnitt	Max.
AGB	3,1	7,3	12,0
DOM	0,3	0,3	0,3
SOC	-1,8	0,2	1,3
Summe	1,5	7,8	13,5

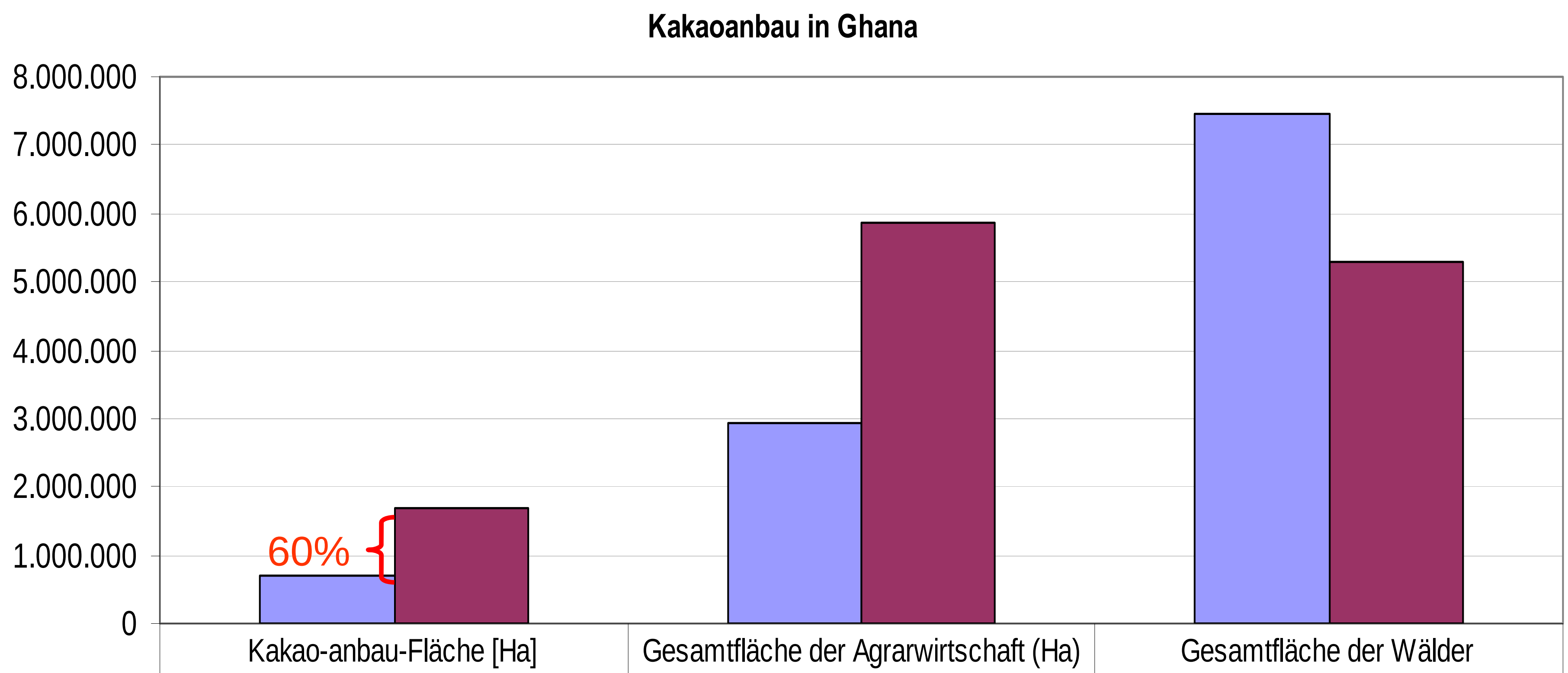
Ergebnisse



$$CO_2 = C * \frac{44}{12}$$

→CO_{2e}=5,4 – 49,7 t/ha/a

Schritt 1: Überprüfung ob eine Landnutzungsänderung stattfindet



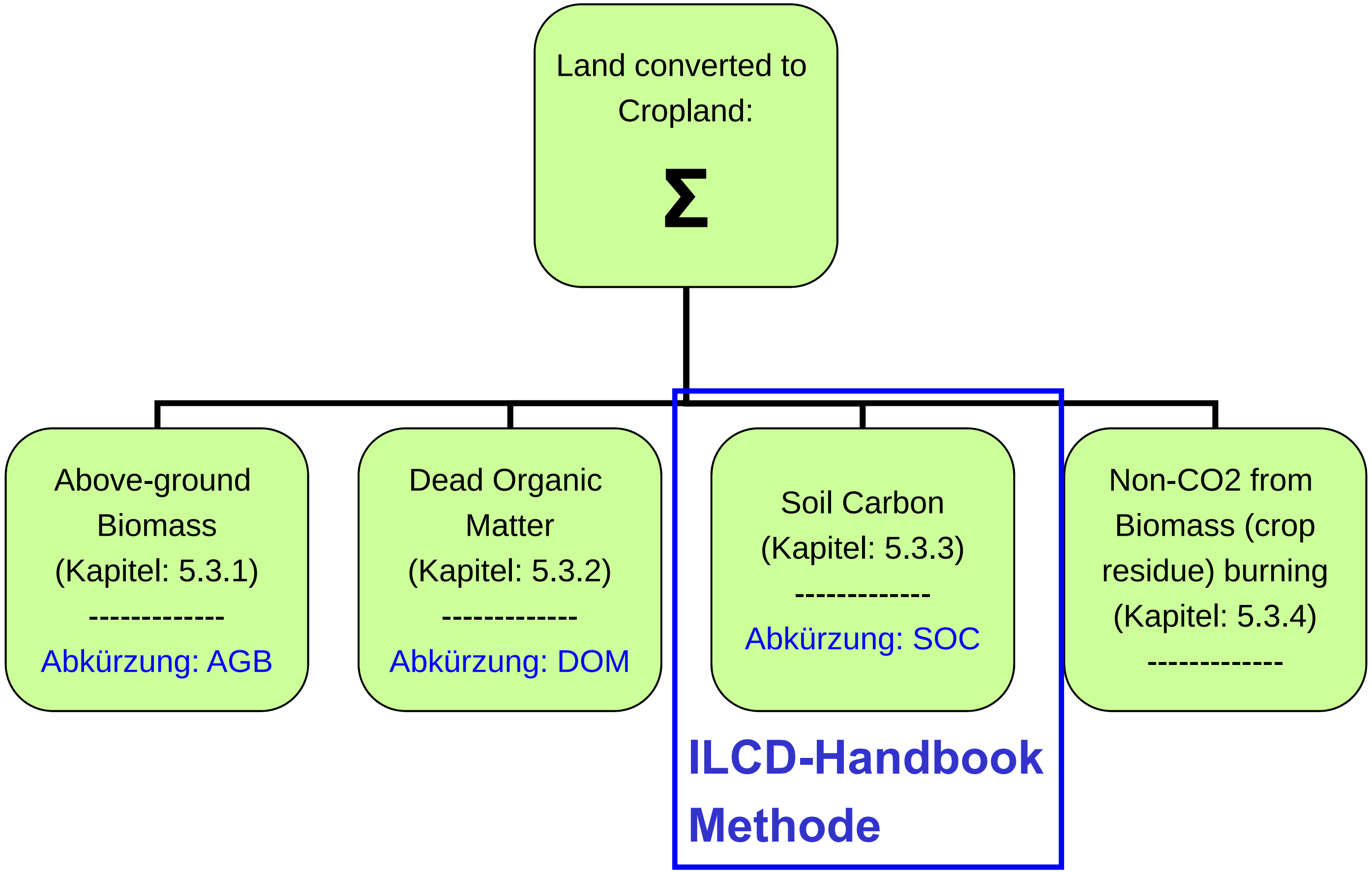
	Kakao-anbau-Fläche [Ha]	Gesamtfläche der Agrarwirtschaft (Ha)	Gesamtfläche der Wälder
1990	690.000	2.935.372	7.447.854
2007	1.700.000	5.878.453	5.278.928

Annahme Nr. 7:

Es ist davon auszugehen, dass 60% der Kakaoplantagen in Ghana seit 1990 einem Landnutzungswandel unterlagen.

ILCD-Handbook

IPCC 2006



- **Die Methode basiert grundsätzlich auf IPCC 2006**
- **Die Methode berücksichtigt nur die Aspekte von organischer Kohlenstoffspeicherung in Böden.**

PAS 2050: Annex E

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Table E.1 Default land use change values for selected countries

Country	Current land use	Previous land use	GHG emissions ($t\ CO_2e$ / ha/yr)
Argentina	Annual cropland	Forest land	17
		Grassland	2.2
	Perennial cropland	Forest land	15
		Grassland	1.9
Australia	Annual cropland	Forest land	23
		Grassland	2.2
	Perennial cropland	Forest land	21
		Grassland	1.9
Brazil	Annual cropland	Forest land	37
		Grassland	10.3
	Perennial cropland	Forest land	26
		Grassland	8.5

….

insgesamt 16 Länder

Vergleich

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Methode	Vorteile	Beschränkung/Nachteile
IPCC 2006	Anerkannteste Methode.	1) Sehr großes Unsicherheitsintervall 2) Methode sehr aufwändig 3) Nachvollziehen der Methode zeitaufwändig
ILCD Handbook- General Guide for LCA- Detailed Guidance	Weniger Aufwand (nur ein Aspekt berücksichtigt und nur 4 Parameter zur Berechnung der Vor- und Nach- Landnutzungsänderung erforderlich	Nur Organischer Kohlenstoff im Boden wird berücksichtigt.
PAS 2050	Berechnung schnell und einfach, sofern Land und Situation im Anhang E aufgeführt.	1)Berechnung der Default-Werte nicht transparent 2)Keine Angabe von Unsicherheitsbereich 3)Falls Land und Situation nicht aufgeführt sind, muss LUC nach IPCC berechnet werden

Memo:

GHG Protokol, Product Accounting & Reporting Standard, DRAFT FOR STAKEHOLDER REVIEW, NOVEMBER 2010

Fazit

- **Falls Landnutzungsänderung bilanziert wird, muss die Unsicherheit unbedingt ebenfalls betrachtet werden.**

→ besser: statistische Methode soll angewendet werden, um die häufigsten Werte zu identifizieren.

- **Der Anteil aus Landnutzungsänderung an den gesamten Ergebnissen muss klar dargestellt werden.**

- **Berechnung und Annahmen müssen klar dokumentiert werden, z.B. IPCC (Tabelle xx), welche Aspekte werden vernachlässigt**

Frage:

-Was gezeigt wurde, war lediglich Tier 1. Bei Einbezug von Tier 2 und 3 könnte die Berechnung noch komplexer werden. Dies dürfte in der Regel bei Beratungs-projekten im Unternehmensauftrag zu aufwändig sein.
-Mit so großen Unsicherheiten fällt es schwer, beispielsweise für Unternehmen Optimierungsmaßnahmen aus der Studie abzuleiten.

Vielen Dank!

Ran Liu
r.liu@oeko.de