

Emissionsersparnisse und Mögliche CO₂-Gutschriften durch den Einsatz von Solarkochern in Tschadischen Familien

Paul Krämer

Das Ziel dieser Abhandlung ist es, die Menge der Emissionen von Klimaschadgasen zu berechnen, die durch den Einsatz von Solarkochern vermieden werden können. Dabei ist eine Familie von durchschnittlicher Größe (das statistische Mittel beträgt 5,3 Personen zugrunde gelegt. Weiter wird die Benutzung des Kochers bei jedem zweiten Kochvorgang angenommen¹.

Aus einer früheren Veröffentlichung [Krämer 2002] war der Verbrauch an Holz als Primärenergie im Tschad bekannt; er beträgt 1,04 kg pro Person und Tag und 2011.9 kg im Jahr für die genannte tschadische Durchschnittsfamilie. Viele Haushalte verbrauchen sowohl Holz als auch Holzkohle, der jeweilige Verbrauch variiert zwischen den beiden Extremen der ausschließlichen Verwendung eines der beiden Energieträger, doch steigt der Anteil der Holzkohle zuungunsten von Holz rasch an. Um die Berechnungen zu erleichtern, nehme ich an, dass beim Wechsel von Holz auf Holzkohle der Betrag an Primärenergie unverändert bleibt. Es handelt sich um 30112,5 MJ/ Haushalt. Dieser Betrag entspricht den oben erwähnten 2011.9 kg Holz oder 967,25 kg Holzkohle/Jahr 2,65 kg/Haushalt/Tag, wenn wir die Umwandlungsfaktoren aus dem Tschad [The World Bank, HEP/SAR 1998] in berücksichtigen

Daten aus dem Tschad über die Emissionen aus Brennholznutzung sowie Holzkohleproduktion und -Verbrauch fehlen. Aber solche Daten liegen aus anderen Ländern vor, in denen Holzkohle eine große Rolle spielt, z. B. aus Kenya. Nach Kirk. R. Smith und Mitarbeitern [2001] können die eigenen Ergebnisse auf Länder, in denen ähnliche Bedingungen herrschen, übertragen werden, jedenfalls solange keine verlässlichen landespezifischen Daten vorliegen.

Ungewissheiten über die Effizienz der Holzkohleherstellung im Tschad.

Die Emissionsdaten von Pennise et al. [2001] beziehen sich auf die Herstellung von 1 kg Holzkohle. Der Verbrauch Rohmaterial dafür betrug 3,64 kg trockenes Holz, was einer Ausbeute von (yield) of 27.47 % auf Gewichtsbasis entspricht. Die 5 untersuchten Meiler variierten von 21,6 bis 0.34,2 %. In dem Dokument HEP/SAR (Welt Bank 1998) wird für den Tschad aber eine Ausbeute von nur 13 % (auf Gewichtsbasis) angegeben.

Es ist nicht leicht, die Differenz zu erklären. Wahrscheinlich spielen mehrere Faktoren eine Rolle. Bewegliche Gruppen von Holzfällern und Köhlern fallen

¹ Diese Zahl wird von J.-P. Viala , [Berlin, 1999] für Haiti angegeben.. In Burkina Faso wurden 55 % der Ausgaben für Brennstoffe durch den Einsatz des Papillon gspart (persönliche Mitteilung von Dr. Bernd Hafner).

Bäume und entzünden ihre Meiler, ohne zu warten, bis das Holz trocken ist, und mindern so die Ausbeute. Die Studie von Pennise et al. [2001] wurde demgegenüber unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt

Größe und Konstruktion der Meiler sowie die Wartung können sich ebenfalls auf die Ausbeute auswirken. Daher sind Studien zu den Emissionen im Tschad angezeigt, aber es ist unwahrscheinlich, dass diese zu niedrigeren Emissionsfaktoren führen als von Pennise et al [2001] sowie Smith et al. [2003] angegeben.

Kennzahlen:

1 kg Holz entspricht	15 MJ*
1 kg Holzkohle entspricht	30,8 MJ*
Effizienz der Verkohlung im Tschad (auf Gewichtsbasis)	13 % (HEP/SAP, WB 1998).
Holzverbrauch (Primärenergie)	1,04 kg/Person/Tag
Kohlenstoffgehalt von Holz	44 %*
Kohlenstoffgehalt von Holzkohle	75 %*
Mittlere Haushaltsgröße im Tschad ² :	5,3 persons

Mit * gekennzeichnete Daten sind entnommen aus: David M. Pennise, Kirk R. Smith: "Emissions of greenhouse gases and other airborne pollutants from charcoal making in Kenya and Brazil", Journal of Geophysical Research – Atmosphere, 2001,24143-24155, Quelle:

http://www.ehs.sph.berkeley.edu/krrsmith/publications/01_pennise_1.pdf

Definition des Global Warming Commitment (GWC)

Man könnte annehmen, dass der Kohlenstoff des Holzes vollständig entweder in die Holzkohle oder in die Emissionen die bei der Holzkohleherstellung entstehen, übergeht. Dies stimmt auch in gewisser Weise. Aber von den Berechnungen von Schadgasen nach dem Kyoto-Protokoll sind Stäube und flüssige Emissionen ausgeschlossen. Das Gleiche gilt von Gasen, deren *Global Warming Potential* (GWP) nicht ganz gesichert ist. Auf der anderen Seite haben einige Zwischenprodukte der Verbrennung (*Products of Incomplete Combustion*, abgekürzt PIC) ein größeres GWP als CO₂, auch wenn sie nach Ablauf ihrer längeren „Lebenszeit“ in das letztere verwandelt werden³. Um diese Unterschiede zwischen Gasen zu berücksichtigen, wurde der Begriff GWC geprägt.

Das wichtigste Klimaschadgas ist CO₂. Es dient daher als Bemessungsgrundlage: Die Schadwirkung der übrigen Gase kann entweder auf das Molekül CO₂ oder auf den Kohlenstoffgehalt von CO₂ bezogen werden (Molekulargewicht

² République du Tchad, Ministère du Plan et de l'Aménagement du Territoire : « Etat de la Population du Tchad en 1998 : Situation de la Femme », N'Djamena 1999

³ Diese Produkte inkompletter Verbrennung werden bei moderner Biomasse-Nutzung – z. B. bei Pelletheizungen – erfasst und mitverbrannt. Es muss daher streng zwischen traditioneller und moderner Biomasse-Nutzung unterschieden werden.

von Kohlendioxid geteilt durch das Atomgewicht von Kohlenstoff). Wenn wir den Kohlenstoffanteil mit dem GWP multiplizieren, erhalten wir das GWC des betreffenden Gases. Eine Notierung dafür lautet C, gefolgt von einem Bindestrich und der chemischen Formel des Gases, z.B. C-CO₂ für Kohlendioxid und C-CH₄ für Methan). Zur Erleichterung des Verständnisses wird hier parallel eine andere Notierung benutzt: GWC_{Kohlendioxid} und GWC_{Methan}.

Um den Klima-Effekt eines Prozesses mit mehreren Schadgasen zu berechnen, werden die GWCs summiert und ergeben so das Primäre GWC und das Gesamt-GWC. Das Primäre GWC umfasst die spezifischen GWCs von CO₂, CH₄ and N₂O. Aber GWC_{Distickstoffoxid} wird hier nicht berücksichtigt in Übereinstimmung mit Bailis et al. 2003], der argumentiert: Trotz eines großen GWP – molar gesehen – von Distickstoffoxid ist der Stickstoffgehalt von typischen Holzbrennstoffen gering, und nur Spuren von Stickstoffverbindungen werden daraus freigesetzt. Weiter ist die Verbrennungstemperatur von Biomasseöfen in den Haushalten allgemein zu gering für Reaktionen mit dem atmosphärischen Stickstoff. Daher ist der Beitrag von N₂O zu den Treibhausgasen und dem Globalen Warming Commitment zu vernachlässigen ... und sein Ausschluss von dieser Studie beeinträchtigt nicht die Schlussfolgerungen“.

Es bleiben:

$$\text{Primary GWC} = \text{GWC}_{\text{Kohlendioxid}} + \text{GWC}_{\text{Methan}} + \text{GWC}_{\text{Distickstoffoxid}}$$

Das Gesamt-GWC umfaßt das Primäre GWC und daneben die GWCs von anderen Prokten inkompletter Verbrennung (PICs, wie Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe, deren GWP weniger gesichert ist.

Nachhaltige und nicht-nachhaltige Holzproduktion.

Hinsichtlich der Erneuerbarkeit von Holzressourcen betrachten Pennise und Smith [2001] zwei mögliche Fälle, a) und b):

- a) das bei der Verbrennung entstehende CO₂ wird von der Vegetation wieder aufgenommen (recycelt; nachhaltige Produktion)
- b) das CO₂ wird nicht wieder aufgenommen (nicht-nachhaltige Produktion)

Wenn wir annehmen, dass das gesamte CO₂ wieder von Pflanzen aufgenommen wird, kann es bei den Berechnungen ausgelassen werden. Methan hat jedoch eine Schädwirkung auf das Klima, selbst dann das verbrauchte Holz ganz durch Neuzuwachs ersetzt wird. Dies ist bedingt durch das hohe GWP von Methan (56) und seinen mehr als 12 Jahre betragenden Verbleib in der Atmosphäre.

Bei Herstellung von Holzkohle beträgt das Primäre GWC nach Pennise und Smith 0,82 kg C-CO_{2eq} (Kohlenstoffgehalt der CO₂-Äquivalente).

Wenn das CO₂ nicht wieder von Pflanzen aufgenommen wird, müssen die höheren Werte – also 1,35 kg GWC_{CO₂+Methan} für das Primäre GWC und 2,58 kg für das Gesamt-GWC – in Anschlag gebracht werden.

Da ein Ziel der Verbreitung von Solarkochern die Vermeidung des Überverbrauchs von Holzbrennstoffen ist, ist es gerechtfertigt, den Fall b) bei den weiteren Berechnungen zu verwenden.

Nachhaltigkeit bzw. Erneuerbarkeit muss in geographischem Zusammenhang betrachtet werden, also in Bezug auf eine bestimmtes Land oder eine Region. Brennholz wird normalerweise nicht über Grenzen hinweg gehandelt. Überschüsse von Holz in unerreichbaren Gegenden sind dem Verbraucher nicht nützlich.

Fall 1. Im Haushalt wird nur Holz verbraucht:

Hier werden nur Emissionen von offenen Feuerstellen betrachtet, da im Tschad nur 4 % der Haushalte einen Sparofen nutzen und die Emissionen eines offenen Feuers nicht sehr verschieden von denen eines Sparofens sind [Bailis et al., 2003], Bailis et al. [2003] geben die folgenden Emissionsfaktoren an:

	Emissionsfaktoren in g Schadgas pro kg Brennstoff, nach Bailis et al. [2003]			
	3-Steine-Feuer	Kohlenstoffgehalt des Gases (C)	GWP (Zeithorizont 20 Jahre)	GWC
CO ₂	1390 (± 19)	0,379 kg	1	0,379
CH ₄	3,2 (± 1,5)	0,0024 kg	56 ⁴	0,1344
Primäres GWC				0,5134

Tab. 1: Emissionsfaktoren für CO₂ und Methan, in g Schadgas pro kg Brennstoff, Standardabweichungen in Klammern, nach [auszugsweise nach Bailis et al., 2003, Tab 8]. Die drei letzten Spalten wurden von mir hinzugefügt.

Das GWV des Methans in der letzten Spalte ergibt sich durch Multiplikation der emittierten Menge mit dem GWP von Methan (56).

Fall a): Nachhaltige Holzproduktion: In diesem Fall wird CO₂ übergangen, es bleibt nur GWC_{Methan} zu berücksichtigen. Der Wert von 0.1344 kg (letzte Spalte) wird multipliziert mit der jährlich verbrauchten Brennstoffmenge, nämlich 2011,88 kg. Das Primäre GWC beträgt dann **270,4 kg, entsprechend 991,28 CO_{2eq}**

⁴ Siehe „Greenhouse Gas inventory Data / Global Warming Potentials, Quelle: <http://ghg.unfccc.int/gwp.html> .

Fall b) Nicht-nachhaltige Holzproduktion. Das Primäre GWC für 1 kg Brennholz ist $GWC_{\text{Kohlendioxid}} + GWC_{\text{Methan}} = 0,5134 \text{ kg}$. Wenn wir diesen Betrag mit dem jährlichen Holzverbrauch (2011,9 kg) multiplizieren, erhalten wir ein **Primäres GWC of 1032,9 kg** entsprechend 3786,6 kg $\text{CO}_{2\text{eq}}$.

Die zugehörige Energiemenge ist 30112,5 MJ. Werden 50 % dieser Menge durch die Benutzung des Solarkochers gewonnen, werden auch die Emissionen halbiert.

Im Fall a) beträgt das Primäre GWC dann 135,2 kg entsprechend 495,64 kg $\text{CO}_{2\text{eq}}$.

Im Fall b) würde ein Primäres GWC 515,33 kg entsprechend 1889,2 kg $\text{CO}_{2\text{eq}}$ vermieden.

Fall 2: Es wird nur Holzkohle verbraucht.

Wenn wir annehmen, dass der Wechsel von Holz auch Holzkohle die verbrauchte Energiemenge unverändert lässt, beträgt der Energieverbrauch ebenfalls 30112,5 MJ. Dies entspricht 977,68 kg Holzkohle..

Bei der Holzkohle sind jedoch zwei Phasen zu berücksichtigen, Produktion und Verbrauch.

Gas-Emissionen bei der Herstellung von 1 kg Holzkohle [Pennise et al., 2001]:

0,49 kg $\text{CO}_2\text{-C}$ (i.e. $GWC_{\text{Kohlendioxid}}$)

0,099 kg CO-C ($GWC_{\text{carbonmonoxide}}$)

0,036 kg $\text{CH}_4\text{-C}$ (GWC_{Methan})

0,066 kg TNMOC-C (GWC von Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen, *Total Non-Methane Organic Compounds,*)

0,00015 kg N_2O ($GWC_{\text{Distickstoffoxid}}$)

Neben diesen Verbindungen werden Staubpartikel und Flüssigkeiten (Kondensate) bei der Herstellung von Holzkohle emittiert, die unter der Kategorie Gesamt-GWC erfasst werden, aber nicht in die Bewertung eingehen.

Zahlenwerte für GWC bei der Holzkohleherstellung nach Pennise et al.[2001]:

Primäres GWC: 0,82 kg wenn CO ₂ wieder von Bäumen aufgenommen wird (Fall a)
Gesamt-GWC: 1,89 kg wenn CO ₂ wieder von Bäumen aufgenommen wird (Fall a)
Primäres GWC: 1,35 kg wenn CO ₂ <u>nicht</u> wieder von Bäumen aufgenommen wird (Fall b)
Gesamt-GWC: 2,58 kg wenn CO ₂ <u>nicht</u> wieder von Bäumen aufgenommen wird (Fall b)

In den Tabellen 2 und 3 werden diese Zahlenwerte umgerechnet auf die Emissionswerte eines Haushalts mit 5, 3 Personen, wobei jeweils die ausschließliche Verwendung von Holz oder Holzkohle (die beiden Extremfälle) angenommen wird. Die Einsparung durch den Einsatz des Solarkochers in 50 % der Kochvorgänge wird ebenfalls angegeben.

	Global Warming Capacity (GWC)	GWC in kg bei der Herstellung pro kg Holzkohle [Pennise et al., 2001],	GWC in kg bei der Herstellung von Holzkohle und einem jährlichen Verbrauch von 967,25 kg (CO ₂ -Werte in Klammern)	Verminderung des GWC, wenn der SK in 50 % der Kochvorgänge benutzt wird (CO ₂ -Werte in Klammern)
Holzkohle-Herstellung	Primäres GWC	0,82 kg,	793,15 kg (2907,69 kg)	396,57 kg (1453,83 kg)
	Gesamt-GWC	1,89 kg	1828,10 kg (6701,81 kg)	914 kg (3351 kg)

Table 2: Fall a). Die freigesetzte CO₂-Menge wird wieder durch Bäume gebunden (nachhaltige Holzproduktion). Jährliche Emissionen in kg GWC für eine Familie von 5,3 Personen im Tschad.

	Global Warming Capacity (GWC)	GWC in kg bei der Herstellung pro kg Holzkohle [Pennise et al., 2001],	GWC in kg bei der Herstellung von Holzkohle und einem jährlichen Verbrauch von 977,68 kg (CO ₂ -Werte in Klammern)	Verminderung des GWC, wenn der SK in 50 % der Kochvorgänge benutzt wird (CO ₂ -Werte in Klammern)
Holzkohle-Herstellung	Primäres GWC	1,35 kg,	1305,7 kg, (4786,7 kg)	652,85 kg (2393,35 kg)
	Gesamt-GWC	2,58 kg	2495,5 kg, (9148,5 kg)	1247,75 kg, (4574,25 kg)

Tab. 3: Fall b). Die freigesetzte CO₂-Menge wird nicht wieder durch Bäume gebunden (nicht-nachhaltige Holzproduktion). Jährliche Emissionen in kg GWC für eine Familie von 5,3 Personen im Tschad.

Emissionen bei der Verwendung der Holzkohle:

Bailis et. al. [2003, S.15] schätzen, dass 0,8 Primäres GWC bei der Verbrennung von 1 kg Holzkohle emittiert werden. Die tschadische Durchschnittsfamilie mit 5,3 Personen verursacht also jährliche Emissionen in Höhe von $0,8 \times 967,25 \text{ kg} = 773,8 \text{ kg}$ Kohlenstoff; dies entspricht $2836,75 \text{ kg CO}_2$.

Emissionen des gesamten Holzkohle-Zyklus:

Um das GWC des gesamten Holzkohlezyklus zu berechnen, müssen wir die GWC-Werte für Holzkohleproduktion und –Verbrauch addieren.

Primäres GWC_{nachhaltig}: $793,15 \text{ kg} + 773,8 \text{ kg} = 1566,95 \text{ kg}$,

entsprechend $5744,44 \text{ kg of CO}_2$

Primary GWC_{nicht-nachhaltig}: $1305,7 + 725,4 = 2031,1 \text{ kg}$

entsprechend $7446,01 \text{ CO}_2$.

Total GWC_{nachhaltig}: $1828,10 \text{ kg} + 773,8 = 2601,9 \text{ kg}$,

entsprechend $9538,57 \text{ kg CO}_2$

Total GWC_{nicht-nachhaltig}: $2495,5 + 773,8 = 3269,3 \text{ kg}$

entsprechend $11985,25 \text{ CO}_2$.

Wie oben erläutert, sind die Solarkocher u.A. dazu bestimmt, den nicht-nachhaltigen Teil des Holzverbrauchs abzulösen. Dies bedeutet, dass wir es mit dem Fall b) zu tun haben.

Fall 3: Es wird ein Solarkocher eingesetzt:

Wetterbedingt kann der Solarkocher nicht jeden Tag eingesetzt werden. Hier wird angenommen, dass er bei jedem zweiten Kochvorgang Verwendung findet. Darum ist eine zweite Energiequelle erforderlich. Diese wird normalerweise durch Holz oder Holzkohle gestellt. Auf der anderen Seite gibt es innerhalb der Leistungsgrenzen des Papillon (1 kW) noch Möglichkeiten für andere Verwendungen, wie Pasteurisierung oder Abkochung von Trinkwasser, Badewasser-Erwärmung und kommerzielle Verwendungen in kleinem Rahmen.

Viele Haushalte im Tschad nutzen sowohl Holz als auch Holzkohle. Die Menge der vermiedenen Emissionen hängt ab von den jeweiligen Anteilen von Holz und Holzkohle am Gesamtverbrauch des Haushaltes vor der Substitution und von der Häufigkeit des Einsatzes des Solarkochers..

Wenn 50 % der Emissionen vor der Substitution vermieden werden, beträgt die Verminderung:

Primäres $GWC_{\text{nachhaltig}}$: 783.48 kg,

Entsprechend 2872 kg of CO_2

Primäres $GWC_{\text{nicht-nachhaltig}}$: 1015,55 kg

Entsprechend 3723 kg CO_2 .

Total $GWC_{\text{nachhaltig}}$: 1300,9 kg,

entsprechend 4769.3 kg CO_2

Gesamt- $GWC_{\text{nicht-nachhaltige}}$: 1634,7kg

entsprechend 5992.6 CO_2 .

Hier sei erneut darauf hingewiesen, dass für die Bewertung nur das Primäre GWC und der Fall der nicht-nachhaltigen Erzeugung zugrunde gelegt werden.

Bandbreite der vermiedenen Emissionen:

Primäres $GWC_{\text{nicht-nachhaltig}}$: 515.33 kg entsprechend 1889,2 kg CO_{2eq} (bei ausschließlicher Verwendung von Brennholz) bis

Primäres $GWC_{\text{nicht-nachhaltig}}$: 1015,55 kg entsprechend 3723 kg CO_{2eq} (bei ausschließlichem Verbrauch von Holzkohle).

Wir sollten auch daran denken, dass die Verwendung von Solarkochern nicht nur Emissionen vermeidet, sondern auch Bäume – und den Boden des Wurzelraumes – als Kohlenstoffsinken erhält.

Synopsis der Einsparmöglichkeiten:

	Emission von CO ₂ -Äquivalenten in Abhängigkeit vom Brennstoff, in Tonnen/Jahr	Einsparung durch Nutzung des Papillon-Kochers bei jedem zweiten Koch-Vorgang, in Tonnen/Jahr
Brennholz aus nachhaltiger Produktion	1,39	0,7
Brennholz aus nicht nachhaltiger Produktion	1,88	0,94
Holzkohle aus nachhaltiger Holzproduktion	5,74	2,87
Holzkohle aus nicht nachhaltiger Holzproduktion	7,45	3,73

Tab. 4: Synoptische Tabelle der Einsparmöglichkeiten von CO₂ und Äquivalenten durch den Einsatz eines Papillon-Kochers, in Abhängigkeit von der substituierten Energie, am Beispiel einer durchschnittlichen Familie im Tschad (5,3 Personen) mit einem Energieverbrauch beim Kochen von 30112,5 MJ/Jahr, errechnet auf der Basis von Emissionsdaten (Primäres GWC) nach Pennise et al. [2001].

Finanzielle Förderung durch ein Klimaschutzprogramm (greenhouse gas compensation offsets):

Ein Papillon-Kocher kostet in Burkina Faso etwa 150 Euro. Im Tschad wird der Preis nach einer Anlaufphase etwa gleich hoch sein. Um die Technik weiteren Kreisen der Bevölkerung zugänglich zu machen, sollte eine Ermäßigung auf etwa 50 Euro stattfinden. Für ein Projekt, das auf den Absatz von 1000 Kochern zielt, wären also – ohne Nebenkosten – 100.000 Euro an Klimaschutzmitteln erforderlich.

Die Berechnungen zeigen, dass ein Solarkocher 1016 kg Primäres GWC, entsprechend 3,723 Tonnen CO₂ im Jahr vermeiden kann, wenn vorher nur Holzkohle benutzt wurde, weit mehr also, als die 1889,2 kg CO_{2eq}, wenn vorher Holz benutzt wurde. Dies hat strategische Bedeutung. Maßnahmen zur Verbreitung sollten sich in erster Linie an Haushalte wenden, die Holzkohle benutzen, jedenfalls dann, wenn Klimaschutzmittel eingesetzt werden.

Aber, wie oben angeführt sind die Haushalte, die sowohl Holzkohle als auch Holz verwenden, zahlreich. Die genaue Verteilung ist bis jetzt nicht bekannt. Es erscheint daher vernünftig, mit einer vermiedenen Menge von 3 Tonnen pro Jahr und 15 Tonnen in 5 Jahren zu rechnen. Der Marktpreis für 1 Tonne CO_{2eq} beträgt 8,5 Euro zu Beginn des Jahres 2005 nach einer Meldung der Tageszeitung taz; der Preis für einen Solarkocher könnte also erheblich herabgesetzt werden, um die Technik weiteren Kreisen der Bevölkerung zugänglich zu machen, und es könnten sogar noch Mittel für die Evaluierung verbleiben. Wegen der hohen

Nebenkosten (Transaktionskosten) beim CDM (*Clean Development Mechanism*) kommt allerdings am ehesten ein freiwilliges Klimaschutzprogramm in Frage.

Wichtige Nebeneffekte wären die Schaffung von Arbeitsplätzen, Technik- und Innovationstransfer, ein Beitrag zur Bekämpfung der Armut, mehr Geschlechtergerechtigkeit, Fortschritte in der Bekämpfung von Bodenerosion und den Verlust von Bio-Diversität und andere.

Die Daten zeigen, dass Investitionen in die Verbreitung von Solarkochern und speziell des Papillon-Kochers eine für Klimaschutzprogramme attraktiv sein können.

Einige Zitate aus Arbeiten zum Thema Biomasseverbrennung sowie Holzkohle-Herstellung und -Verbrauch :

„Unfortunately, through deforestation and other non-renewable practices, much burned biomass is not replaced. Even with recycling of the carbon, a biomass fuel cycle can produce a net increase in global warming commitment (GWC) because of the emitted PIC, which have, on average, a higher global warming potential (GWP) per kilogram carbon than CO₂.“ [Kirk R. Smith et al., 1998].

„...we estimate that 0.77-1.63 kg C-CO₂ (carbon as carbon dioxide equivalents) is emitted per kilogramme of charcoal produced“ [David M. Pennise et al., 2001].

“This implies that charcoal fuel cycles are among the most greenhouse-gas-intensive in the world”, [David M. Pennise et al., 2001].

“Charcoal production has increased in recent years, at a rate of approximately 3 % per year over the period 1991-1995” [FAO 197, quoted in David M Pennise et al.; 2001].

“When the emissions from charcoal production, measured in a previous study, were included in the assessment, the disparity between the GHG emissions from charcoal and firewood increased significantly, with non-CO₂ emission factors (g-C per kg of fuel burned) for charcoal production and consumption 6 to 13 times higher than emissions from woodstoves”. [Bailis et al.2003].

“Current estimates are that biomass burning accounts not only for 25-45 % of the annual global emissions of CO₂, But also for 15-50 % of CO, 3-10% of CH₄, and 24 % of TNMOC” [Levine, 1990, Crutzen and Andreae, 1990, Andreae, 1991, quoted in Pennise et al., 2001].

“These emission factors can be applied to other areas of the world where similar charcoal-making methods are used. This will allow for somewhat better global estimates of the inventory of greenhouse gas and air pollutant emissions from the production of charcoal” [Smith & Pennise, 1999].

“Given the emission of large amounts of products of incomplete combustion, during the charcoal-making process, we might expect the use of charcoal to have a greater impact on global warming commitment than its share of fuel demand” [David M. Pennise et al., 2001].

Literatur und Internet-Informationsquellen:

1. Bailis, R., Ezzati, M., & Kammen, D. (2003). Greenhouse Gas Implications of Household Energy Technologies in Kenya. *Environmental Science and Technology*, 37(10), 2051-2059.
<http://www.socrates.berkeley.edu/~rael/Balisetal.pdf>
2. FAO: Forestry Outlook Study for Africa, Country Outlook Papers, “Tchad”, CDROM, Rom 2004.
3. Krämer, Paul, „Die Holzknappheit im Sahel und das Potential der Solarkocher“, *Gaia, Ökologische Perspektiven in Natur-, Geistes- und Wirtschaftswissenschaften* 3/2003, S. 208-214.
4. Pennise, David M., Smith, Kirk R. et al. „Emissions of greenhouse gases and other airborne pollutants from charcoal making in Kenya and Brazil“, Quelle: http://www.ehs.sph.berkeley.edu/krsmith/publications/01_pennise_1.pdf
5. Smith, Kirk R., Pennise, David M., “Greenhouse Gases from Small-Scale Combustion Devices In Developing Countries, : Phase III: Charcoal Kilns in Thailand”, Summary of Complete Report for USEPA Nov. 1998, Quelle: http://www.ehs.sph.berkeley.edu/krsmith/publications/01_pennise_1.pdf .
6. Smith, Kirk R., Pennise, David M., Junfeng Zhang, Winai Panyathanya, Rasmussen, R.A., Khalil, M.A.K.: “Charcoal-Making Kilns in Thailand”, prepared for: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, 1999, downloaded 12.27.2004,
<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/Pubs/600R99109/600R99109.pdf> .
7. Viala, J.-P.,: Marktchancen und -probleme bei der Einführung von regenerativen Energiequellen in Haiti, dargestellt am Beispiel des Solarkochers, Diplomarbeit an der Technischen Fachhochschule Berlin (1999).
8. World Bank: Staff Appraisal Report (SAR), Household Energy Project, Republic of Chad, Volume 1, World Bank Document 17780-CD, World Development Sources WDS 1998-3 (May 4, 1998), http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/1999/09/17/000009265_3980624143048/Rendered/PDF/multi_page.pdf, downloaded 12.08.2003