

Forschung

Verbrennung von Biomasse an Herdfeuern in Afrika



Einleitung

Mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung nutzt Brennstoffe die auf Biomasse beruhen als Energiequelle im eigenen Haushalt: zum Kochen, für die Beleuchtung und zum Heizen. Die Energiequellen sind Brennholz, pflanzliche Abfälle aus der Landwirtschaft (z.B. Maiskolben und Reisstroh), Holzkohle oder Kuhdung. Diese Praxis hat Konsequenzen für die Menschen und ihre Umwelt:



1. Das heimische Feuer betrifft Menschen wie Umwelt in verschiedener Weise: Gesundheitsrisiko durch Rauch – Entwaldung durch Holzschlag – Emissionen aus dem Feuer

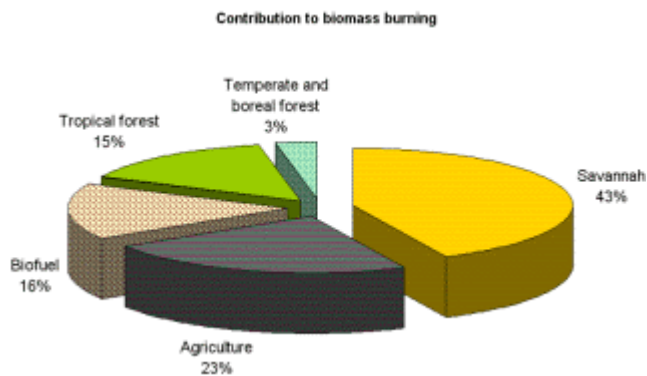
In vielen Fällen befindet sich der Ofen in der Hütte. So werden die durch nicht hinreichende Belüftung in die Raumluft entlassenen giftigen Gase wie Kohlenmonoxid (CO) und Stickstoffmonoxid (NO) zum *Gesundheitsrisiko*.

In manchen Fällen sind das Sammeln von Feuerholz und die Produktion von Holzkohle mit einem Raubbau an den Wäldern verbunden, wengleich die Natur größere Mengen an totem Brennholz abwirft, das am Boden gesammelt werden kann. Die Umwandlung von Wäldern zu Feldern (so genannte *Landnutzungsänderung*) und der Holzschlag für die Holzindustrie sind für einen weit größeren Anteil des Waldverlustes verantwortlich als die Gewinnung von Feuerholz und Holzkohle.

Schließlich tragen die heimischen Feuerstellen erheblich zu den weltweiten *Emissionen* verschiedener Gase bei, insbesondere Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Stickoxide.



2. Feuerstellen in afrikanischen Haushalten unterscheiden sich in Gestaltung und Fortschrittlichkeit. Für die meisten von Ihnen ist jedoch Feuerholz der übliche Brennstoff. Bildquelle: siehe unten



3. Beitrag von biologischen Brennstoffen und anderer Feuerarten zur Biomasseverbrennung. Schätzungen in Prozent der weltweit verbrannten Biomasse. (Andreae, 1991)

Nach sehr groben Abschätzungen liegen die jährlichen Emissionen von Haushaltsfeuern im Bereich von 17% Kohlendioxid (1500 Tg CO₂-C), 13% Kohlenmonoxid (140 Tg CO-C) und 6% Stickstoffmonoxid (2,5 Tg NO-N)* der gesamten weltweiten Emissionen dieser Gase. Hierbei muss jedoch erwähnt werden, dass das meiste Kohlendioxid aus erneuerbaren Quellen stammt.** Dies ist zu 100% der Fall, wenn landwirtschaftliche Abfälle oder Kuhdung verbrannt werden. Es ist oft auch der Fall, wenn Brennholz verwandt wird, aber nicht, wenn Wälder gerodet werden und nicht wieder nachwachsen.

* Mit der Angabe CO₂-C drücken wir aus, dass nur der Kohlenstoffgehalt im Kohlendioxid berücksichtigt ist. Jedes Molekül CO₂ hat 44 Masseneinheiten, von denen 12 Kohlenstoff sind und 32 Sauerstoff. Folglich ist eine Masse von 1500 Tg CO₂-C gleichwertig einer Masse von 5500 Tg Kohlendioxid..

** Mit erneuerbaren Quellen meinen wir, dass eine Pflanze, die abstirbt und verbrannt oder in anderer Weise zersetzt wird, Kohlendioxid an die Luft abgibt. Wenn aber eine artgleiche Pflanze während der nächsten Jahre am gleichen Ort wieder neu wächst, so nimmt diese dieselbe Menge an Kohlendioxid wieder aus der Luft auf um zu wachsen. Das langfristige Nettobudget an Kohlendioxid ist also nahezu null.



Studien in Afrika

Wissenschaftler besuchten in den Jahren 1995 bis 1999 Haushalte in den Staaten Kenia und Zimbabwe. Sie versuchten einen Überblick über die gängige Praxis beim Betrieb von Herdfeuern zu gewinnen. Wenn wir ihnen über die Schulter schauen, gewinnen wir nicht nur einen Eindruck davon, wie viel (oder wie wenig) Energie in den afrikanischen Haushalten verbraucht wird, wir erhalten auch Einblick in das tägliche Leben.

In ländlichen Regionen ist in der Regel keine Elektrizität verfügbar und Brennholz ist die wichtigste Energiequelle. In den Städten verfügen die meisten festen Häuser über Elektrizität und die Versorgung mit anderen Brennstoffen wie Kerosin ist sicherer. Oft aber wird Strom nur für die Beleuchtung eingesetzt und

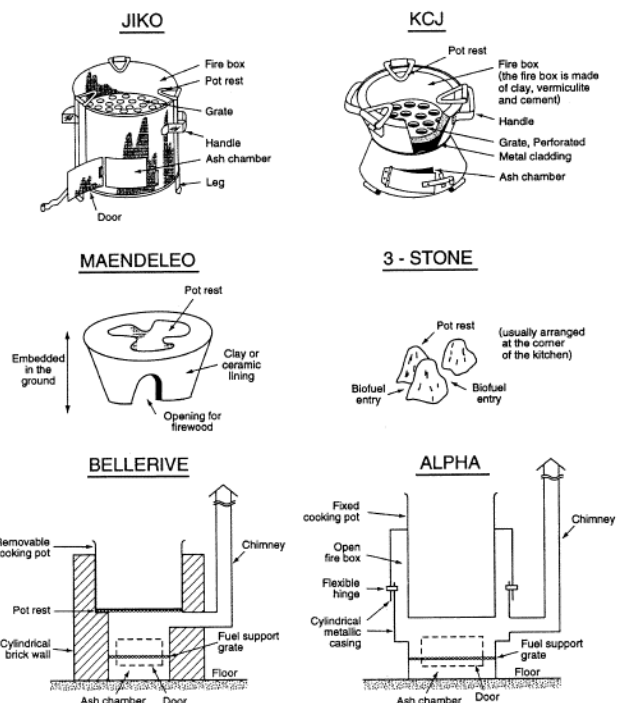


Fig. 1. The most popular biofuel stoves of Kenya.

4. Die Abbildung zeigt schematisch verschiedene in Kenia populäre Herde in ihren traditionellen Ausführungen (JIKO, drei-Steine, Alpha) und in ihren fortschrittlicheren Ausführungen (KJC, Maendeleo, Bellerive). Der Fortschritt führt in der Regel zu höherer

Kerosin nur, wenn es keine günstigeren Alternativen ist. Beide Energiequellen sind teuer und der durchschnittliche Bürger verfügt nur über geringes Einkommen.

Kerosin und Flüssiggas scheinen die moderneren und saubereren Energiequellen zu sein. Was sagen die Einheimischen, warum sie kaum eingesetzt werden?

Effizienz bei der Ausnutzung des Energiegehaltes, aber nicht immer zu besseren Bedingungen für die Nutzer. Hat das Haus keinen Schornstein, so ist z.B. der Drei-Steine-Herd besser belüftet als geschlossene Öfen. Dies bedeutet, dass die CO Emissionen und das Gesundheitsrisiko niedriger sind.

Quelle; Kituyi et al., Carbon monoxide and nitric oxide from biofuel fires in Kenya, 2000



Stellungnahmen der lokalen Bevölkerung zu Kerosin und Flüssiggas::

- Sie sind zu teuer.
- Sie sind im ländlichen Raum nicht immer verfügbar.
- Sie erfordern ein Startkapital für den Kauf eines Herdes.
- Sie erfüllen nicht mehrere Funktionen auf einmal (Heizen, Kochen, Beleuchtung).

5. Ein aus drei Steinen bestehender Herd ist die einfachste Kochgelegenheit, in einer Hütte ohne Abzug aber nicht die schlechteste.

Analyse des Brennholzverbrauches

Was müssen wir wissen, um in einem Land wie Kenia oder Zimbabwe den Verbrauch an Brennholz abzuschätzen?
Hier einige Schlüsselfragen:

- Welche Arten von Herd werden typischerweise benutzt und welches Emissionsverhalten weisen sie auf?
(vergleiche verschiedene Herdtypen in Abb. 4)

- Wieviel Feuerholz sammelt eine durchschnittliche Familie?

Das Feuerholz wurde in zahlreichen Haushalten gewogen (Bild rechts).



**6. Wiegen des Brennholzes;
Quelle: siehe Referenz unten**

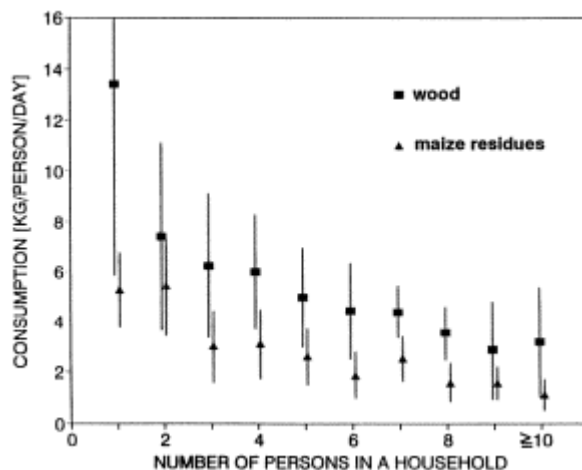


- Wie viel an alternativen Energiequellen werden verwandt? Zum Beispiel pflanzliches Material von der Ernte oder andere Energiequellen wie Holzkohle.

7. links: Gewinnung von Holzkohle in Kenia. Holzkohle ist leichter als Feuerholz und der geeignetere Brennstoff, wenn er über längere Strecken transportiert werden muss. Dies ist insbesondere in dicht besiedelten Regionen und Städten der Fall.

- Welche saisonale Abhängigkeit von besteht für die Brennstoffquellen? Insbesondere Pflanzenmaterial ist oft nur zu bestimmten Jahreszeiten nach der Ernte verfügbar. Eine Befragung zu einer anderen Jahreszeit kann zu gänzlich verschiedenen Ergebnissen führen.

8. rechts: Außer Maiskolben gehören auch Kokosnussschalen und Palmblätter zu den Pflanzenabfällen, die im Herd verfeuert werden.



- Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Bevölkerungsdichte und der Verfügbarkeit von Brennholz? In Regionen, in denen Holz nicht rar ist, brennt das Feuer oft länger, auch noch nach dem Kochen.

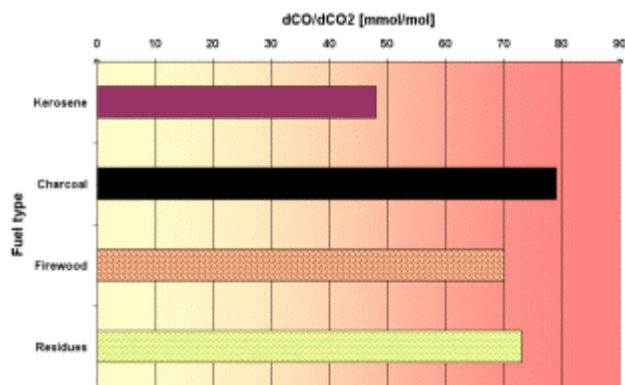
- Was ist die durchschnittliche Familiengröße? Je größer eine Familie, umso weniger Brennholz wird pro Person benötigt.

links: 9. Der Brennholzverbrauch aufgetragen als Funktion der Haushaltsgröße. Die Grafik belegt den sinkenden Verbrauch pro Kopf mit ansteigender Größe des Haushaltes. Quelle: Marufu et al., Domestic Biomass Burning in Rural and Urban Zimbabwe - Part A, 1996



Verbrauch in Kenia

Der Verbrauch an Brennholz wurde in Kenia auf der Basis einer Befragung von 2200 Haushalten und konkreten Messungen abgeschätzt. Die Studie fand von Januar bis März im Jahr 1997 statt. Ein Haushalt auf dem Land benötigte zwischen 0,8 und 2,7 kg an Brennholz (Durchschnitt 2,14 kg) pro Kopf und Tag. Das Holz ist hier die wichtigste Energiequelle. Weiterhin verbrauchte der typische ländliche Haushalt etwa 0,32 kg an Maiskolben pro Kopf und Tag.



Die städtischen Haushalte verwenden vor allem Holzkohle und verbrauchen hiervon zwischen 0,2 und 0,7 kg pro Kopf und Tag (Durchschnitt 0,37 kg), aber nur 0,1 – 0,5 kg Feuerholz (Durchschnitt 0,14 kg). Erntereste wurden gar nicht genutzt. Dennoch, obwohl 62% der festen Haushalte in der Stadt mit Strom versorgt waren, nutzen die meisten von ihnen diesen nicht zum kochen.

10. Wie viel des toxischen Kohlenmonoxids wird pro Einheit Kohlendioxid freigesetzt? Angaben für verschiedene Brennstoffe (in mmol pro mol, bzw. Moleküle pro 1000 Moleküle). Kerosin ist folglich ein „saubererer“ Brennstoff.

Prinzipiell sind Städte dicht besiedelt. Die Einwohner können kein Brennholz vor der Haustüre sammeln, sondern müssen sich den Brennstoff auf dem Markt kaufen. Holzkohle hat einen weit höheren Energiegehalt pro Gewicht als Holz. Für den Transport in die Stadt hinein ist sie daher besser geeignet. Holzkohle wird jedoch aus Holz gewonnen.

Berücksichtigt man den gesamten Herstellungsprozess und spielt der Transport keine Rolle, so ist es effizienter, das Holz direkt zu verbrennen. Die Städte sind in der Regel auch an das Stromnetz angeschlossen, während dies für einzelne Höfe und Dörfer nicht der Fall ist.

Letztere haben hingegen leichteren Zugang zu pflanzlichen Ernterückständen, zumindest während der Erntezeit. Hierin liegen die Hauptursachen zwischen verschiedenem Verbrauchsverhalten in der Stadt und auf dem Land.

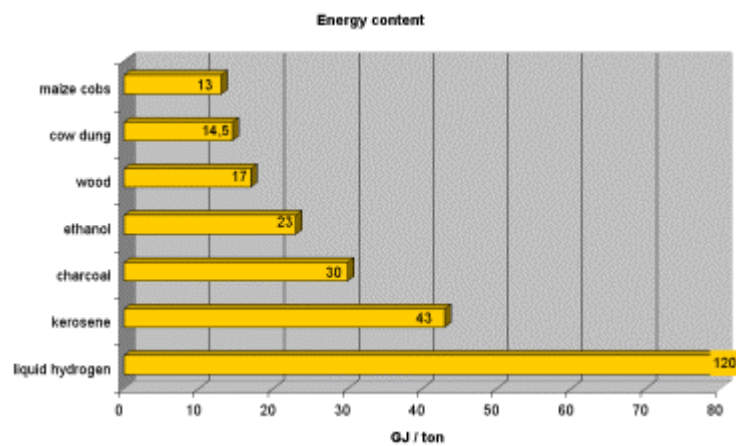
Emissionsstudien:

Um die Emissionen eines Holzfeuers in einem Ofen abzuschätzen, müssen wir das typische Brennverhalten eines Feuers kennen. Die folgenden Abbildungen zeigen die Abschnitte eines typischen Feuers und die entsprechenden Emissionen.

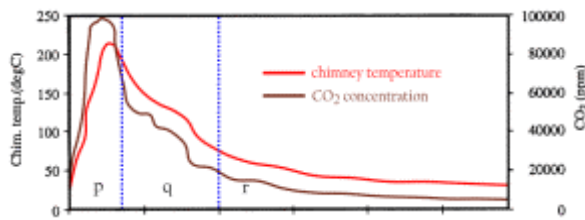


Schwierigkeiten von Extrapolationen

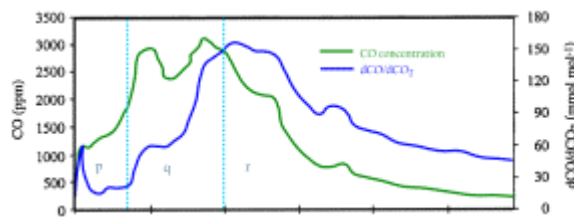
Es sind nicht für alle afrikanischen Staaten vergleichbare Studien verfügbar. Es ist auch schwer aus einzelnen solcher Studien in Afrika oder in anderen Entwicklungsländern auf den gesamten afrikanischen Kontinent oder gar andere Regionen in der Welt zu schließen.



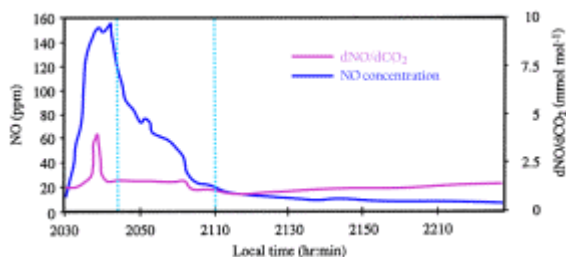
11. Energieinhalt verschiedener Arten von Brennstoff. Die Zahlen geben typische Werte an und können natürlich mit den spezifischen Eigenschaften des Brennstoffes, der Art des Holzes, der Produktionsweise der Holzkohle usw. schwanken. Grafik: Elmar Uherek.



12. a) Ein typisches Holzfeuer hat drei Phasen: offene Flammen (p), Schwelbrand (q) und Glühen (r). Während der ersten Phase sind Temperatur und CO₂ Emissionen am höchsten.



12. b) Die Emissionen an Kohlenmonoxid sind am höchsten während des Schwelbrandes und halten auch über die Zeit des Glühens noch an.



12. c) Die Emissionen an Stickoxiden hängen stark vom Stickstoffgehalt des Brennstoffes ab. Sie gehen in etwa parallel mit der Menge des verbrannten Materials und den CO₂ Emissionen. Lediglich während der Zeit des offenen Feuers kann die Temperatur so hoch liegen, dass auch der Luftstickstoff oxidiert wird und die NO Emissionen stark ansteigen (Spitze in der Grafik).

Quelle: Kituyi et al., Carbon monoxide and nitric oxides from biofuel fires in Kenya, 2000

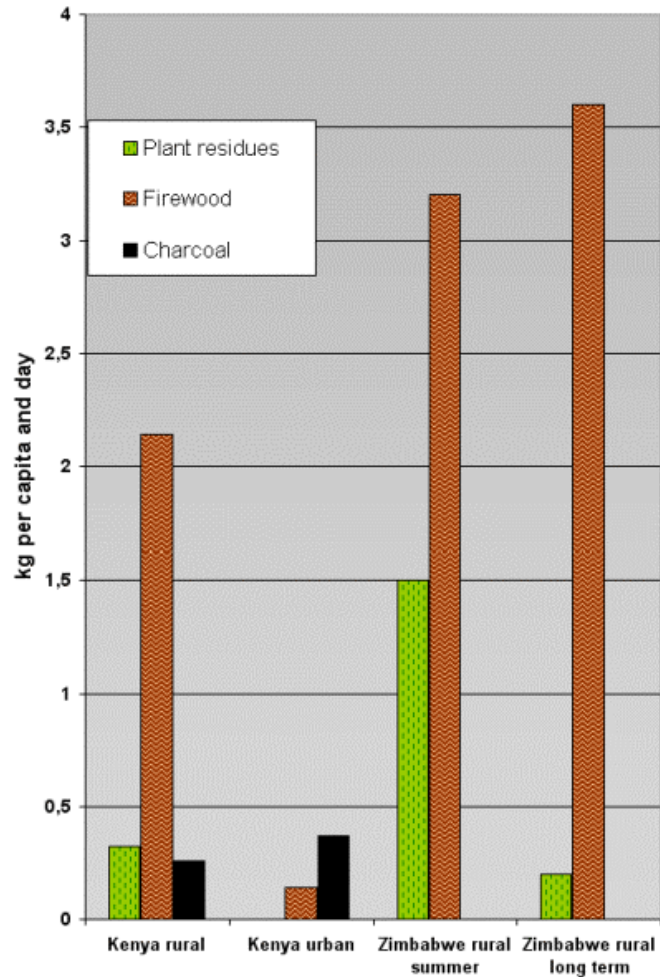
In vielen Studien sind die untersuchten Haushalte nicht ausgewogen hinsichtlich verschiedener Landschaftstypen in einem Staat, bezüglich der Jahreszeit oder anderer Umstände. In Zimbabwe z.B. wurde eine Sommerstudie durchgeführt und kam zu den folgenden Verbrauchsdaten: 3,2 kg Feuerholz, 1,5 kg Pflanzenreste und 0,2 kg Kuhdung pro Kopf und Tag.

Die Pflanzenreste sind jedoch nicht das ganze Jahr über verfügbar. Den Menschen fällt es schwer zuzugeben, wenn sie Kuhdung verwenden, da dies als Zeichen extremer Armut gesehen wird. Zudem wird in Zimbabwe Holzkohle überhaupt nicht verwendet. Später wurde die Studie auf mehr als ein Jahr ausgedehnt, von Januar 1996 bis März 1997 und verschiedene Landschaften und Städte wurden einbezogen.

Der langfristige Verbrauch im ländlichen Raum wurde zu 1,3 Tonnen Feuerholz pro Kopf und Jahr abgeschätzt (3,6 kg/Tag) und auf 0,07 Tonnen Pflanzenabfälle (0,2 kg/Tag). Es kann folglich geschlossen werden, dass der bei weitem höhere Verbrauch von Pflanzenabfällen lediglich während der entsprechenden Jahreszeit beobachtet wurde.



13. Emissionsmessungen in Kenia



14. Der Verbrauch von auf Biomasse beruhenden Brennstoffen, Ergebnisse von Studien in Kenia und Zimbabwe. Quelle: Kituyi et al., Biofuel consumption rates and patterns in Kenya (2000)

Schätzungen für Zimbabwe

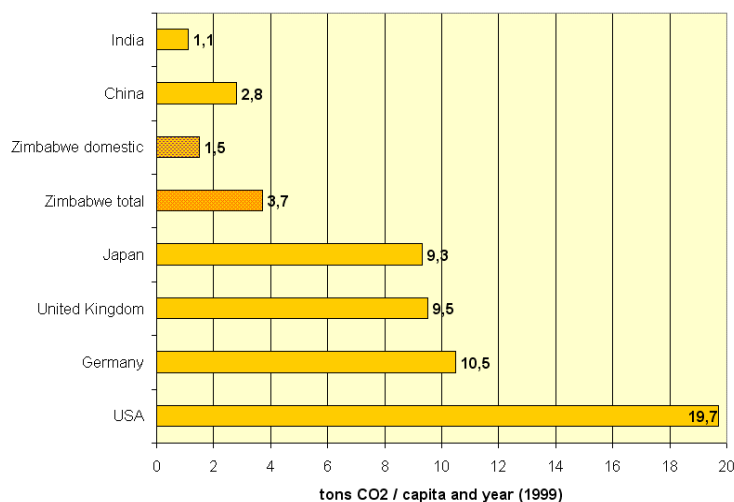
Wenngleich Zimbabwe nicht als Muster für alle afrikanischen Staaten fungieren kann, können wir aus den verfügbaren Daten über den grundlegenden Energieverbrauch im weniger entwickelten Afrika lernen. Die Mittelmeerküste und die Republik Südafrika haben einen weitaus höheren Verbrauch. Zimbabwe hatte zum Zeitpunkt der Studie 11,26 Millionen Einwohner (7,64 Millionen im ländlichen Raum, 3,62 Millionen in städtischen Gebieten).

Die folgenden Emissionen werden für Herdfeuer in Zimbabwe angenommen. In Klammern ist der prozentuale Anteil an den Gesamtemissionen der Landes angegeben.

- 4.6 Tg CO₂-C (41%)
- 0.4 Tg CO-C (67%)
- 5.3 Gg NO-N (8%)



15. Lage von Kenia und Zimbabwe auf dem afrikanischen Kontinent.



16. Die CO₂ Emissionen von Zimbabwe (getrennt gezeigt ist der Anteil aus Biomasseverbrennung an Herdfeuern) im internationalen Vergleich.

Dies bedeutet: Die Einwohner Zimbabwes verbrauchen 4,6 Tg = 4,6 Millionen Tonnen CO₂-C (16,9 Millionen Tonnen CO₂) an Herdfeuern. Dies ist ein Anteil von 41% and den 41 Millionen Tonnen insgesamt verbrauchten CO₂. Dies entspricht 3,65 Millionen Tonnen CO₂ pro Kopf insgesamt und 1,5 Tonnen in Herdfeuern. In westeuropäischen Staaten sind die CO₂ Emissionen pro Kopf im Bereich von 10 Tonnen, in den USA von 20 Tonnen, von denen nur ein kleiner Anteil auf erneuerbare Energien, der Hauptanteil aber auf fossile Brennstoffe entfällt.

Derartige Zahlen wie 3,65 Tonnen CO₂ pro Kopf und Jahr in Zimbabwe sind nicht notwendigerweise in Übereinstimmung mit offiziellen Daten von Energieagenturen und anderen statistischen Datenbanken, die z.B. Emissionen von einer Tonne pro Kopf und Jahr für Zimbabwe angeben. In den meisten Fällen jedoch sind die Daten vom privaten Feuerholzverbrauch nicht verfügbar und die Berechnungen beruhen z.B. auf dem Verbrauch von Ölprodukten. Andererseits, beruht Feuerholz zumindest teilweise zu den erneuerbaren Energien und kann nicht direkt mit dem CO₂ Emissionen verglichen werden, die in Industriestaaten durch die Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt werden. Es bleibt daher eine große Unsicherheit hinsichtlich Afrikas Beiträgen zum Treibhauseffekt.

Autor:

Elmar Uherek - Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz

Referenz und Dank:

Die Grundlagen für die Artikel Forschung und Kontext dieser Ausgabe basieren in erster Linie auf dem Buch "Climate change in Africa", herausgegeben von Pak Sum Low (2005) sowie Feldstudien, die von Lackson Marufu und Evans Kituyi in Zimbabwe und Kenia ausgeführt wurden, in Kooperation mit dem ACCENT Partner MPI Mainz. Die meisten der hier gezeigten Fotos wurden während dieser Feldstudien gemacht, die 1996 und 1997 stattfanden. Weiterhin danken wir Dr. Günter Helas vom Max-Planck-Institut für Chemie für das Zuverfügungstellen der Veröffentlichungen und zahlreiche Ratschläge bei der Entwicklung dieser Ausgabe.

© ACCENT 2006 | www.accent-network.org