

# Klimabezogene Minderungs- und Anpassungspotentiale der Energiegrundversorgung

Diskussionspapier:

## Überblick über die Potentiale der Heiz- und Kochtechnologien sowie der dezentralen Stromversorgung

Erstellt für die

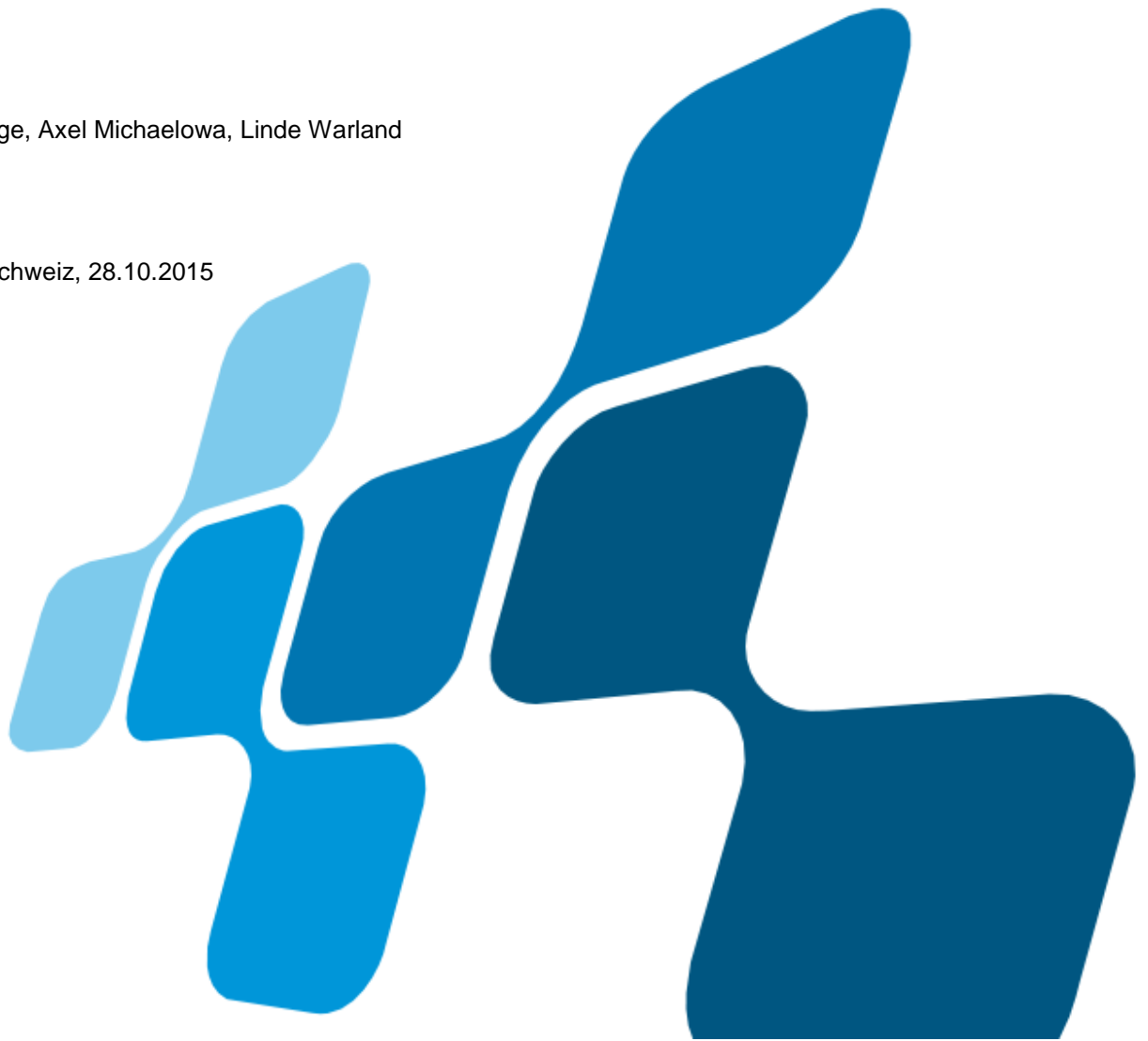
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Name / Projektnummer:

Armutsorientierte Energiegrundversorgung / 14.2242.7-001.00

Sven Feige, Axel Michaelowa, Linde Warland

Zürich, Schweiz, 28.10.2015



## Zusammenfassung

Projekte der Energiegrundversorgung durch effiziente Kochherde und dezentrale erneuerbare Energiesysteme leisten Beiträge zum Klimaschutz. Diese werden im Kontext internationaler Marktmechanismen wie dem Clean Development Mechanism (CDM) und dem freiwilligen Markt monetarisiert. Im Rahmen des CDM wurden über 200 Projekte mit einer erwarteten jährlichen Treibhausgasreduktion von ca. 8,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent registriert. Der Preis für Emissionsgutschriften lag lange Zeit bei ca. 15 €/t. Allerdings ist es seit 2012 zu einem erheblichen Preisverfall gekommen, da die Nachfrage nach Emissionsgutschriften massiv abgenommen hat. Immerhin genießen Herdprojekte eine privilegierte Stellung und können Emissionsgutschriften für 3-8 €/t verkaufen, während sonst der Preis bei 0,50 € liegt.

Dezentrale Stromversorgung kann relevante Beiträge zur Anpassung an langfristige Folgen der Klimaveränderung leisten, ist aber gegenüber meteorologischen Extremereignissen verwundbar. Durch geschickte Kombination von Energietypen wie Wasserkraft und Photovoltaik lässt sich die Verwundbarkeit reduzieren.

Internationale Klimafinanzvehikel wie der Grüne Klimafonds (GCF) könnten in den nächsten Jahren neue Finanzmittel für Projekte der Energiegrundversorgung mobilisieren. Allerdings sind die GCF-Prozeduren noch unklar.

Der anrechenbare Klimaschutzbeitrag der Projekte beschränkt sich bislang auf Treibhausgasemissionen. Jedoch reduzieren Herdprojekte auch Rußemissionen, die ebenfalls klimaschädlich sind. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass sich Rußemissionen i.d.R. unter anderem aus Black Carbon und Organic Carbon zusammensetzen. Black Carbon hat einen erwärmenden Effekt auf das Klima, Organic Carbon einen abkühlenden. Die Gold-Standard-Zertifizierungsinitiative hat dazu bereits eine Referenzfall- und Monitoringmethode vorgelegt. Es zeichnet sich jedoch ab, dass die Rußreduktion bei Herdprojekten ca. 10-20% der CO<sub>2</sub>-Reduktion ausmacht, bei erneuerbaren Energieprojekten sogar nur 1%. Dies gilt, wenn wie seit Einführung des Kyoto-Protokolls ein 100-jähriger Erwärmungsbeitrag (GWP<sub>100</sub>) für den Vergleich verschiedener Klimaschadstoffe angesetzt wird. Im Falle eines Erwärmungsbeitrags für einen 20-jährigen Zeithorizont (GWP<sub>20</sub>) läge die Auswirkung des Rußanteils 4-5 Mal höher; eine solche Umstellung ist allerdings politisch extrem unwahrscheinlich. Angesichts der geringen Größenordnung des zusätzlichen Klimaschutzeffekts durch Rußreduktion ist es fraglich, ob sich die Investitionen in ein Messsystem für Rußemissionen lohnen. Alternativ könnten Standardemissionsfaktoren bestimmt werden. Solange die Unsicherheit in der Abschätzung der Rußemissionen auf dem heutigen Niveau liegt, wäre jedoch ein erheblicher Abschlag erforderlich. Insofern lässt sich zusammenfassen, dass die Einbeziehung der Rußreduktion aus Klimaschutzgründen nicht als Trumpfkarte für Projekte der Energiegrundversorgung gesehen werden kann. Dagegen ist die Reduktion von Rußemissionen aus gesundheitlicher Sicht ein stärkeres Argument.

## Executive Summary

Efficient cook stoves and decentralized renewable electricity generation projects contribute to climate protection. International market mechanisms such as the Clean Development Mechanism (CDM) or the voluntary market provide financial support to such projects. Under the CDM more than 200 projects in that thematic area have been implemented with an annual expected emission reduction of 8.5 Million tons of CO<sub>2</sub>-equivalent. The price for emission certificates was at 15 €/t for a long period. However, since 2012 the price decreased significant as the demand for emission certificates has dropped. Emission certificates from cook stoves projects achieve often higher prices of 3 to 8 €/t due to the overall benefits of these projects, while the average price is at 0.50 €/t.

Decentralized electricity generation can provide contributions to adaptation of climate change, but still remains vulnerable against extreme weather events. Combination of different systems, e.g. based on hydro and wind power, can reduce this vulnerability partially.

It is expected that international funds such as the Green Climate Fund (GCF) will provide new financial support for projects in the area of basic energy services. Nevertheless, the detailed procedures are yet to be defined.

To date, the climate impact of projects is limited to greenhouse gas emissions. Efficient cook stoves project reduce also soot emissions, which contribute to global warming. Soot consists inter alia of black carbon and organic carbon. While black carbon contributes to global warming, organic carbon has a cooling effect. A Gold Standard methodology has been developed to determine the effect of short-lived climate pollutants such as black carbon. Based on a review of available literature and some basic calculations it seems that the net effect from black and organic carbon contributes of about 10 to 20% compared to carbon dioxide emissions in the case of efficient cook stoves projects. The net effect of black and organic carbon appears to be very low in renewable energy projects (1%). The effect would be 4 to 5 times higher, if instead of using the 100-years global warming potential (GWP<sub>100</sub>), the 20-years global warming potential (GWP<sub>20</sub>) would be applied. Such a change in the approach is politically very unlikely.

Given the relative small contribution of the climate forcing effect of black and organic carbon emissions in such projects, it is questionable, if investment in monitoring of soot emissions results in a financial benefit. Alternatively, default values could be applied that would have to take into account the significant uncertainty currently existing. From the view of climate protection, black and organic carbon emissions cannot be seen as the ultimate vehicle to promote basic energy supply projects. The benefits related to health aspects are a stronger argument to reduce these emissions.

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	5
1. Einleitung und Hintergrund zur Klimaproblematik .....	6
1.1. Klimaveränderung: Minderung und Anpassung.....	7
1.2. Energiegrundversorgung.....	8
2. Bewertung der Minderungs- und Anpassungspotentiale .....	11
2.1. Minderung .....	11
2.2. Anpassung .....	19
3. Überblick über die Finanzierungsmöglichkeiten im Bereich der Energiegrundversorgung .....	22
3.1. Clean Development Mechanism .....	22
3.2. Freiwilliger Kohlenstoffmarkt .....	24
3.3. NAMAs .....	24
3.4. Grüner Klimafonds.....	25
3.5. Anpassungsfonds .....	26
3.6. Globale Umweltfazilität.....	27
3.7. Climate Investment Funds .....	27
4. Fazit und Ausblick.....	28
5. Literaturverzeichnis .....	31

Anhang A: Überblick über die Systematik klimawirksamer Substanzen

Anhang B: Überblick über verfügbare Methoden zur Quantifizierung

Anhang C: Auswahl quantitativer Angaben zur Klimaauswirkung

## Abkürzungsverzeichnis

AF	Anpassungsfonds (Adaptation Fund)
AMS	Approved methodology small scale
BC	Black Carbon
CDM	Clean Development Mechanism
CERs	Certified Emission Reductions
CH <sub>4</sub>	Methan
CIF	Climate Investment Funds
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CO <sub>2</sub> eq, CO <sub>2</sub> e	CO <sub>2</sub> -Äquivalent
COP/CMP	Conference of the Parties / Conference of the Parties serving as the Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol
CPA	Component project activity
GCF	Der Grüne Klimafonds (Green Climate Fund)
GEF	Globalen Umweltfazilität (Global Environment Facility)
GTP	Global Temperature change Potential
GWP	Global Warming Potential
INDCs	Intended Nationally Determined Contributions
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KRK	UN-Klimarahmenkonvention
LDC	Least Developed Countries
N <sub>2</sub> O	Distickstoffmonoxid
NAMAs	Nationally Appropriate Mitigation Actions
OC	Organic Carbon
PoA	Programme of activities
PV	Photovoltaik
REDD+	Reduced Emissions from deforestation and Forest Degradation
RF	Radiative Forcing (Strahlungsantrieb)
SGP	Small Grants Programm
SLCPs	Short-lived climate pollutants
SLCFs	Short-lived climate forcers
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

## 1. Einleitung und Hintergrund zur Klimaproblematik

Die internationale Staatengemeinschaft hat sich auf das Ziel verständigt, die globale Klimaveränderung und damit den Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur gegenüber dem vorindustriellen Niveau auf unter 2°C zu begrenzen. Eine Verschärfung hinsichtlich des „tolerierbaren“ Temperaturanstiegs (z.B. auf 1,5°C) wird diskutiert, da eine Erwärmung von 2° bereits zu erheblichen Auswirkungen auf das Leben und Wirtschaften der Menschheit führen wird. Für die Erreichung dieser Ziele ist eine erhebliche Intensivierung der bereits initiierten Maßnahmen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen sowie deren Ausweitung erforderlich. Allerdings sind die Fortschritte bei der Umsetzung globaler Vereinbarungen zum Klimaschutz schleppend. Derzeit bewegt sich die Welt auf einen Temperaturanstieg von 3°C bis 2100 zu (Edenhofer et al. 2014). Aufgrund dieser Situation rückt die Anpassung an den Klimawandel zunehmend in den Vordergrund, um die zu erwartenden schädlichen Auswirkungen zu verhindern oder zumindest abzumildern.

In diesem Hintergrundpapier wird untersucht, welche Möglichkeiten zur Emissionsreduktion und Anpassung im Bereich der armutsorientierten Energiegrundversorgung bestehen und welche Politik- bzw. Finanzierungsinstrumente sie mobilisieren können. Dabei werden primär die Themenbereiche Energie zum Kochen und die dezentrale Stromversorgung beleuchtet.

In Kapitel 1 erfolgt eine Eingrenzung des Themas. Darauf aufbauend werden die Grundlagen erläutert, auf denen die Bewertung der Vermeidungs- und Anpassungspotenziale der armutsorientierten Energiegrundversorgung basiert.

Kapitel 2 widmet sich der Bewertung spezifischer Technologien im Bereich der Energiegrundversorgung bezüglich Emissionsreduktion und Anpassung. Dabei werden nicht nur die „klassischen“ Treibhausgase wie z.B. Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), sondern auch kurzlebige Substanzen, wie Ruß und flüchtige chemische Verbindungen betrachtet, die allgemein unter dem Begriff „Short-Lived Climate Pollutants“ (SLCPs<sup>1</sup>) zusammengefasst werden.

Kapitel 3 bietet einen Überblick über bestehende Finanzierungsmöglichkeiten bzw. in der Entwicklung befindliche Mechanismen der Klimafinanzierung für die in den vorausgegangenen Kapiteln beschriebenen Maßnahmen.

Kapitel 4 fasst unsere Ergebnisse zusammen und beleuchtet zudem mögliche Auswirkungen der anstehenden UN- Klimakonferenz in Paris (COP21/CMP11) im Dezember 2015 auf den Untersuchungsbereich.

---

<sup>1</sup> Mitunter findet man auch die Bezeichnung SLCFs (Short-Lived Climate Forcers) wie z.B. in UNEP (2011)

## 1.1. Klimaveränderung: Minderung und Anpassung

Das Klimasystem der Erde ist außerordentlich komplex und nicht auf Vorgänge in der Atmosphäre begrenzt, sondern von vielfältigen Wechselwirkungen zwischen der Atmosphäre, der Biosphäre, der Hydrosphäre (Ozeane), der Kryosphäre (Schnee und Eis) sowie der Geosphäre (Gestein) geprägt. Es ist nicht stabil, sondern verändert sich über geologische Zeiträume. Die aktuell zu beobachtende Klimaveränderung, die sich in einem erdgeschichtlich gesehen extrem kurzen Zeitraum ereignet, ist nach wissenschaftlichem Konsens auf den anthropogenen Ausstoß von Treibhausgasen und anderen klimawirksamen Substanzen zurückzuführen (vgl. IPCC 2013). Der Großteil davon liegt in der Verbrennung von fossilen Energieträgern, wie Kohle, Erdöl und Erdgas begründet. Die Minderung der energiebedingten Treibhausgasemissionen kann auf vielfältige Weise erfolgen. Neben der Nutzung erneuerbarer Energien (im Wesentlichen Sonnenenergie, Windenergie, Wasserkraft und erneuerbare Biomasse), ist auch die Einsparung von Energie entweder durch effizientere Technologien oder durch Nutzungseinschränkung bzw. Konsumverzicht ein geeignetes Mittel zur Emissionsreduktion. Nutzungs- bzw. Konsumverzicht muss primär im Bereich der entwickelten Länder diskutiert werden, jedoch nicht im Kontext der armutsorientierten Energiegrundversorgung. In diesem Bereich stellt sich die Frage, wie eine nachhaltige und emissionsarme Entwicklung gefördert werden kann.

Die Minderung von klimawirksamen Emissionen kann durch verschiedene Maßnahmen und Politikinstrumente mobilisiert werden: Direkte staatliche Regulierung eignet sich vor allem zur Steigerung der Energieeffizienz von Haushaltsgeräten, Fahrzeugen und Gebäuden. Sie ist besonders dann wirksam, wenn es für die Nutzer schwierig ist, Informationen über den Energieverbrauch der Technologien zu sammeln, oder wenn die Energiepreise relativ niedrig sind. Fiskalische Maßnahmen können durch Subventionen oder Steuererleichterungen finanzielle Anreize zur Beschaffung von Niedrigemissionstechnologien setzen, oder emissionsintensive Technologien mittels einer Emissionsteuer belasten. Gerade der Abbau von Subventionen für fossile Energieträger könnte in vielen Entwicklungsländern sehr wirksam sein. Marktmechanismen wie Kompensationsmechanismen oder Emissionshandelssysteme führen zu einem direkten Preis für Emissionsreduktionen und haben sich im letzten Jahrzehnt zunehmend durchgesetzt. Vielerorts greifen verschiedene Instrumente ineinander, wie im Falle von Einspeisevergütungen für erneuerbare Energien.

Neben der Minderung des Ausstoßes an Treibhausgasen muss eine umfassende Klimapolitik auch die Folgen des bereits eingetretenen und zu erwartenden Klimawandels im Blick haben, die oftmals gerade die am wenigsten entwickelten Länder treffen. Anpassung an den Klimawandel umfasst einerseits sogenannte "No regret"-Maßnahmen, die in jedem Falle sinnvoll sind, auch wenn klimatische Veränderungen nicht das befürchtete Ausmaß erreichen – beispielsweise die Verbesserung von Anbau- und Bewässerungsmethoden in der Landwirtschaft. Andererseits gehören zur Anpassung auch der Aufbau von Beobachtungssystemen für Klimaparameter und Wasserpegel (siehe BMZ 2015) oder auch Frühwarnsysteme für extreme Wetterereignisse, wie z.B. Wirbelstürme, Starkniederschläge und Dürren.

Auf internationaler Ebene stellt die 1992 verabschiedete UN-Klimarahmenkonvention (KRK, United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) die Grundlage dar, auf der internationaler Klimaschutz verhandelt und umgesetzt wird. Wie ihr Name sagt, ist die KRK der Rahmen, in dem das Ziel definiert wurde, eine gefährliche anthropogene Klimaveränderung zu verhindern. Sie spezifiziert die Prinzipien der internationalen Klimapolitik, wie die „gemeinsame, aber differenzierte Verantwortung“ der verschiedenen Länder sowie die Verpflichtung zur Berichterstattung über die nationalen Treibhausgasemissionen. Aber erst das Kyoto-Protokoll von 1997 definierte verbindliche Emissionsziele für eine Gruppe von 38 Industrieländern, und den Zeitraum 2008-2012. Es schuf mit dem Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung (Clean Development Mechanism, CDM) die Möglichkeit, Emissionsreduktionen in Entwicklungsländern auf die Ziele der Industriestaaten anzurechnen. Dies führte zu einem blühenden Handel mit Emissionsgutschriften. In den letzten Jahren hat sich der Fortschritt der internationalen Klimapolitik verlangsamt. 2009 scheiterte in Kopenhagen der Versuch, ein Nachfolgeregime für das Kyoto-Protokoll zu etablieren, in dem alle Länder zur Emissionsreduktion beitragen. Stattdessen wurden im „Kopenhagen-Abkommen“ die Länder aufgefordert, unverbindliche Selbstverpflichtungen zur Emissionsreduktion an die UN zu übermitteln. Darüber hinaus erklärten die Industrieländer, bis 2020 jährlich 100 Mrd. USD an „internationaler Klimafinanzierung“ für Emissionsreduktion und Anpassungsmaßnahmen in Entwicklungsländern zu mobilisieren. Da das Kopenhagen-Abkommen nicht den erforderlichen Konsens fand, wurde in mühsamen Verhandlungen bis 2012 seine Substanz in Entscheidungen unter der KRK überführt und beschlossen, bis 2015 einen weiteren Anlauf für ein universelles Klimaabkommen zu unternehmen. In diesem Kontext sind die Länder aufgefordert, Absichtserklärungen für nationale Beiträge (Intended Nationally Determined Contributions, INDCs) zur Emissionsreduktion und Anpassung abzugeben, die ab 2020 wirksam werden sollen. Die Pariser UN-Klimakonferenz Ende 2015 soll das Abkommen unter Dach und Fach bringen. Es wird erwartet, dass es den Weg für die Einführung neuer Marktmechanismen ebnet; inwiefern die bisherigen Mechanismen bestehen bleiben, bleibt abzuwarten.

2014 gelang es, den bereits im Kopenhagen-Abkommen definierten „Grünen Klimafonds“ mit ca. 10 Mrd. USD zu dotieren. Er soll seine Arbeit 2015 aufnehmen und in ungefähr gleichen Teilen Emissionsreduktions- und Anpassungsprojekte finanzieren.

## 1.2. Energiegrundversorgung

Die Energiegrundversorgung soll die Energiegrundbedürfnisse von Haushalten, kommunalen Einrichtungen (z.B. Gesundheitsstationen, Schulen oder Gemeindeverwaltungen) sowie Kleinbetrieben (z.B. Verarbeitung von landwirtschaftlichen Erzeugnissen) abdecken. Der Energieverbrauch dieser Nutzer kann wie in Tabelle 1 dargestellt untergliedert werden.



**Tabelle 1: Energieverbrauch im Bereich der Energiegrundversorgung nach Art der Nutzung**

<b>Nutzung</b>	<b>Energiequellen</b> <i>(fettgedruckt = wesentliche)</i>
<b>Kochen</b>	<b>Biomasse, fossile Brennstoffe, elektrischer Strom,</b> Solarstrahlung, Geothermie
<b>Warmwasser</b>	<b>Biomasse, fossile Brennstoffe, elektrischer Strom,</b> Solarthermie, Geothermie
<b>Heizen (Wohnraum)</b>	<b>Biomasse, fossile Brennstoffe, elektrischer Strom,</b> Solarthermie, Geothermie
<b>Kühlen (Lebensmittel)</b>	<b>Elektrischer Strom</b>
<b>Kühlen (Wohnraum)</b>	<b>Elektrischer Strom</b>
<b>Beleuchtung</b>	<b>Elektrischer Strom, fossile Brennstoffe, Biomasse</b>
<b>Kommunikation</b>	<b>Elektrischer Strom</b>
<b>Produktive Nutzung</b>	<b>Fossile Brennstoffe, elektrischer Strom</b>
<b>Mobilität</b>	<b>Fossile Brennstoffe, Biomasse (Methanol, Ethanol, etc.),</b> elektrischer Strom

In dieser Studie werden primär effiziente Kochherde (Nutzung „Kochen“) sowie die dezentrale Stromversorgung auf der Basis erneuerbarer Energien untersucht. Die dezentrale Stromversorgung deckt wie in Tabelle 1 dargestellt primär die Nutzungen Kühlen (Lebensmittel), Beleuchtung und Kommunikation ab. Nutzungen wie Kochen, Warmwasser sowie Heizen und Kühlen (Wohnraum) sind in der Regel zu energieintensiv, als dass diese in größerem Maßstab durch dezentrale Systeme bereitgestellt werden können. Hinsichtlich der produktiven Nutzung kann eine dezentrale Stromversorgung mitunter Sinn machen, wenn es darum geht einzelne bzw. kleinere Anlagen (z.B. Pumpen zur Bewässerung) zu betreiben.

Im Bereich der effizienten Kochherde sind zwei Aspekte von Bedeutung. Zum einen hat der genutzte Brennstoff Auswirkungen auf die Verbrennung und die daraus resultierenden Emissionen, zum anderen ist die Güte des Herdes entscheidend. Beginnend mit einer einfachen Feuerstelle (three stone fire), für die unter dem CDM eine Effizienz von 10% als Standardwert angenommen werden, über konventionelle Kochherde ohne verbesserte Verbrennungslufführung (CDM-Standardwert von 20%) bis hin zu verbesserten Kochherden mit optimierter Verbrennung, für die unter dem CDM eine Effizienz von über 20% gefordert werden (vgl. CDM Kleinprojekt-Methode AMS-II.G.).

Das Minderungspotential, sowohl hinsichtlich der klima- als auch der gesundheitsschädlichen Rauchgasemissionen steigt mit der Güte der verwendeten Brennstoffe sowie der Güte der eingesetzten Herde. Im Kontext der armutsorientierten Energiegrundversorgung stellen aber gerade die Kosten der eingesetzten Herde einen limitierenden Faktor dar. Bei der Bewertung des Minderungspotentials ist zu bedenken, dass es „leicht zu einer Überbewertung des Potentials kommen kann, da emissionsintensive Kochherde trotz der Verfügbarkeit von „sauberen“ Brennstoffen bzw. effizienten Kochherden teilweise weiter benutzt werden („Fuel stacking“ Modell, vgl. Masera et al. 2000 oder Yonemitsu et al. 2014). Dies macht auch deutlich, der erfolgreiche Einsatz von effizienten Kochherden stark von den lokalen Gegebenheiten und Bedürfnissen abhängt.

Dezentrale Stromversorgung ist in vielen Entwicklungsländern aufgrund des Fehlens eines landesweiten Stromnetzes wichtig. Im Regelfall erfolgt sie durch Dieselaggregate, die eine erprobte und in einer weiten Bandbreite von Größenklassen verfügbare Stromquelle darstellen. In Ländern mit großen Kohlevorkommen können auch Kleinkohlekraftwerke zum Einsatz kommen. Bei Verfügbarkeit entsprechender Ressourcen wird häufig Wasserkraft verwendet. Selbst wenn formal Netzanschluss besteht, wird dezentrale Stromerzeugung häufig weiter betrieben, vor allem, wenn das Netz häufig ausfällt.

Die Emissionsintensität von Dieselaggregaten hängt stark von ihrer Größe und dem Wartungszustand ab. Kleine Aggregate sind durchaus mit veralteten Kohlekraftwerken vergleichbar; große Aggregate nähern sich dem durchschnittlichen Netzemissionsfaktor vieler Entwicklungsländer.

Hinsichtlich der dezentralen Stromversorgung basiert eine Unterscheidung primär aufgrund der Größe (installierte Leistung). Hier kann zwischen Einzelanlagen (stand-alone) für Haushalte (solar home systems) oder Einzelstandorten (z.B. Pumpstation) unterschieden werden und Systemen, welche ganze Dörfer bzw. Kommunen versorgen (Mini Grids).

Eine einheitliche Definition der maximalen Größe bzw. Kapazität (installierte elektrische Ausgangsleistung in Watt) entsprechender Systeme der dezentralen Stromversorgung ist schwierig und stark von den jeweiligen lokalen Randbedingungen abhängig. Dennoch sei in dieser Studie zum einen auf die in der CDM Methode AMS-I.A. „Electricity generation by the user“ definierte Obergrenze in Höhe von 15 MW (small-scale), ist, sowie auf die im CDM Methodological tool „Demonstrating additionality of microscale project activities“ bestimmte Obergrenze von 5 MW (microscale) verwiesen.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die technische Ausführung hinsichtlich Kontinuität der Stromversorgung. Möglich sind hier Systeme mit Speicher (Batterieanlagen), mit Dieselgeneratoren als Backup, mit Anschluss an ein größeres regionales oder nationales Stromnetz oder keinerlei Speicher oder Backup.

## 2. Bewertung der Minderungs- und Anpassungspotentiale

Die Bewertung der Minderungs- und Anpassungspotentiale innerhalb dieser Studie erfolgt auf zwei Wegen. Zum einen wurde eine Auswertung der aktuellen wissenschaftlichen Literatur vorgenommen, zum anderen wurde analysiert, in welchem Umfang Minderungs- und Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Kochtechnologien und dezentralen Stromversorgung unter den bestehenden klimapolitischen Mechanismen zu beobachten sind. In diesem Zusammenhang wurde insbesondere der aktuelle Stand des CDM ausgewertet.

### 2.1. Minderung

Bei der Bewertung der Minderungspotentiale sind zwei Dinge von besonderer Bedeutung. Zum einen ist zu klären, welche Treibhausgase und sonstigen klimawirksamen Substanzen in die Betrachtung einfließen. In diesem Zusammenhang ist es auch entscheidend, eine klare und einheitliche Begriffsdefinition<sup>2</sup> anzuwenden. Problematisch kann die Verwendung von beschreibenden Begriffen (z.B. White Carbon) als auch die Verwendung von Summenparametern (also die Zusammenfassung mehrerer Substanzen unter einem Begriff, z.B.: SLCPs) sein, bei der es zu Überschneidungen kommen kann, die zu falschen Interpretationen führen.

Hinsichtlich der klimawirksamen Substanzen ist zum einen zwischen den durch die Energieerzeugung emittierten Substanzen und den dann daraus in der Atmosphäre entstehenden Substanzen zu unterscheiden. Grundsätzlich wird zwischen Treibhausgasen (z.B. Kohlendioxid) und Aerosolen (Partikel in der Atmosphäre) differenziert. Insbesondere im Bereich der Aerosole ist zu beachten, dass die Klimawirkung, sei es direkt oder indirekt, für die verschiedenen Substanzen sowohl erwärmend als auch abkühlend ausfallen kann. So haben Mineralstäube, Schwefeldioxid bzw. Sulfate und organische Kohlenstoffverbindungen (Organic Carbon, OC) einen abkühlenden Effekt, während Rußpartikel (Black Carbon, BC) zur Erwärmung beitragen (IPCC 2013, S.14 und 57).

Seitens der angewandten Metrik sind im Bereich der klimawirksamen Substanzen im Wesentlichen drei Maßeinheiten üblich. Als erstes sei hier auf den Strahlungsantrieb (engl. Radiative Forcing, RF) verwiesen, welcher in Watt pro Quadratmeter ( $W/m^2$ ) angegeben wird (siehe z.B. IPCC (2013) Abbildung SPM.5, S.14). Daneben wird das Global Warming Potential (GWP) verwendet, um den Strahlungsantrieb verschiedener Substanzen im Vergleich zu Kohlendioxid über einen bestimmten Zeitraum summiert (i.d.R. 100 Jahre) abzuschätzen (IPCC 2013, S.58). Hier spielt dann die Aufenthaltsdauer der Substanzen in der Atmosphäre sowie ihre absolute Menge eine wichtige Rolle. Auf der Basis des GWPs können dann Emissionen und Emissionsminderungen verschiedener klimawirksamer Substanzen in eine vergleichbare Einheit ( $CO_2eq$  oder  $CO_2e$ ) überführt werden. Um

---

<sup>2</sup> Im Rahmen dieser Studie wird primär auf die Systematik, welche dem 5. IPCC Sachstandsbericht zu Grunde liegt, (IPCC 2013) sowie für den Themenbereich Black Carbon auf die Terminologie der US EPA verwiesen (US EPA 2012, S.21), in Verbindung mit der detaillierten Definition bei Bond et al. (2013, S. 5394f). Im Anhang A findet sich ein Überblick über die angewandten Klassifizierungen.

eine direkte Vergleichbarkeit zum 2°-Ziel herzustellen, wird zudem auch das Global Temperature change Potential (GTP) herangezogen (IPCC 2013, S. 58).

### 2.1.1. Methodik und Hintergrund zur Bewertung der Minderungspotentiale

Die im Rahmen dieser Studie durchgeführte Bewertung umfasst folgende klimawirksame Substanzen<sup>3</sup>:

- Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)
- Methan (CH<sub>4</sub>)
- Distickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O)
- Black Carbon (BC)
- Organic Carbon (OC)

Für Kochherde sind die folgenden Aspekte relevant: Die Einsparung von Biomasse, insbesondere von Brennholz ist immer auch eng verbunden mit der Problematik der Abholzung von Wäldern. Solange die Biomasse erneuerbar ist – also mindestens so viel nachwächst wie genutzt wird, wird ihre Nutzung im Rahmen der KRK als klimaneutral angesehen, weil durch die Verbrennung nur so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, wie vorher durch Pflanzen aus der Atmosphäre aufgenommen worden ist. Unter dem CDM wird daher hinsichtlich der Nutzung von Feuerholz und Holzkohle für jedes Land der Anteil nicht erneuerbarer Biomasse bestimmt. Nur dieser wird bezüglich der Emissionsreduktion berücksichtigt. Die Standardwerte verschiedener Länder liegen zwischen 65% (z.B. Jamaika) und 100% (z.B. Komoren) (UNFCCC, o.J.).

Weiterhin wird definiert, wann Biomasse bzw. welcher Typ Biomasse als erneuerbar angesehen wird (UNFCCC, 2006). Das bedeutet, dass die Emissionsreduktion aus Biomasse davon abhängt, ob ein Land seine Waldbestände wirksam schützt. Dies wird im Kontext der KRK unter dem Stichwort REDD+ (Reduced Emissions from deforestation and Forest Degradation) behandelt. Länder, die erfolgreich REDD+-Aktivitäten umsetzen, sind im Kontext der Biomassereduktion weniger attraktiv, als solche, die dabei versagen. Waldschutz erfordert immer den Aufbau einer regulären Forstwirtschaft, die in einer kommerziellen Rotation Holz für kommerzielle Nutzung erzeugt. Durch die Verfügbarkeit dieses Holzes nimmt der Anteil der erneuerbaren Biomasse zu, und die Menge an Emissionsgutschriften ab, die für die Reduktion der Biomassenutzung ausgegeben werden. Der

---

<sup>3</sup> Der Ausstoß von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) wird nicht im Detail analysiert. Entsprechende Emissionen sind an das Vorhandensein von Schwefel im Brennstoff gekoppelt. Der Schwefelgehalt von Brennholz ist vergleichsweise gering. Die Hauptquelle für SO<sub>2</sub>-Emissionen liegt in der Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle und Erdöl, wobei sich die Anteile je nach Förderstätte stark unterscheiden. Emissionen von Kohlenmonoxid (CO), flüchtigen nicht-Methan Kohlenwasserstoffen (NMVOC) und Stickoxiden (NOx) sowie die Bildung von troposphärischem Ozon, als Nachfolgeprodukt dieser Substanzen werden nicht oder nur am Rande berücksichtigt, da eine entsprechende Analyse den Umfang dieser Studie sprengen würde.

Einsatz effizienter Kochherde und damit eine Reduktion des benötigten Feuerholzes (bzw. Holzkohle) kann somit neben der direkten Emissionsminderung erheblich zum Waldschutz beitragen.

Grundsätzlich ist noch zu bedenken, dass die KRK die Freisetzung von Methan oder auch Rußpartikeln bei der Biomasseverbrennung nicht bzw. nicht vollständig berücksichtigt. Methan wird zwar grundsätzlich unter der KRK als Treibhausgas berücksichtigt, jedoch nicht im speziellen unter der CDM Methode AMS-II.G. Rußpartikel finden unter der KRK gar keine Berücksichtigung. Falls dies zukünftig erfolgen würde, wäre eine Klimaneutralität von Biomasse nicht mehr gegeben, da die Emissionen von Methan und Rußpartikeln durch Kochherde nicht durch den zuvor stattfindenden Pflanzenwuchs kompensiert werden, wie es für das Kohlendioxid der Fall ist.

Während Kohlendioxid zwangsläufig bei der Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen entsteht, resultiert die Freisetzung von Methan, Black Carbon und Organic Carbon aus der unvollständigen Verbrennung kohlenstoffhaltiger Substanz. Grundsätzlich ließe sich daher durch Maßnahmen zur Optimierung des Verbrennungsvorgangs (z.B. Brennraumgestaltung, Luftzuführung oder Vorbereiten des Brennstoffes) eine Minderung der Emissionen auf Grund der Reduzierung der Produkte (Methan, Ruß) aus unvollständiger Verbrennung erzielen. Alleine durch eine Effizienzsteigerung kann bereits eine proportionale Reduktion der Produkte aus der unvollständigen Verbrennung erzielt werden, da entsprechend weniger Brennstoff verbrannt werden muss.

Für die dezentrale Stromversorgung sind die folgenden Aspekte relevant: Im Allgemeinen wird für die Berechnung der Emissionsminderung erneuerbarer Energieprojekte im Bereich der dezentralen Stromversorgung davon ausgegangen, dass im Referenzfall Dieselgeneratoren zum Einsatz kommen würden (vgl. Anhang B). Entwicklungsaspekte, wie die Existenz einer nicht befriedigten Nachfrage nach Strom („suppressed demand“) werden dadurch berücksichtigt, dass nicht das tatsächliche Vorhandensein der Dieselgeneratoren geprüft wird, sondern davon ausgegangen wird, dass ohne das erneuerbare Energieprojekt, Dieselgeneratoren installiert worden wären. Emissionen von Organic Carbon und Black Carbon sowie Methan aus Dieselgeneratoren werden aktuell nicht in berücksichtigt.

Hinsichtlich der Bewertung von Emissionsminderungen im Bereich Kochenergie und dezentrale Stromversorgung kann eine Vielzahl von Methoden herangezogen werden. Diese werden im Anhang B kurz erläutert.

### 2.1.2. Bewertung der Minderungspotentiale

**Bewertung basierend auf dem Strahlungsantrieb.** Laut IPCC (2013, S.14) hat der anthropogene Anstieg der Kohlendioxidkonzentration seit 1750 einen Radiative Forcing Effekt von ca. 1,7 W/m<sup>2</sup> verursacht. Hinsichtlich der Bewertung von Black Carbon und Organic Carbon Emissionen ist zu beachten, dass Black Carbon über verschiedene Mechanismen zur Klimaerwärmung beiträgt. Es gibt direkte Effekte, Wechselwirkungen mit Wolken, sowie Effekte durch Ablagerung auf Schnee- bzw. Eisflächen (vgl. US EPA 2013, S.19). Zum anderen ist zu bedenken, dass eine Reduktion von Black

Carbon-Emissionen i.d.R. auch zu einer Reduktion von Organic Carbon Emissionen führt. Damit ist zwingend der Nettoeffekt aus klimaerwärmenden (BC) und klimakühlenden Effekten (OC) für eine Bewertung heranzuziehen (vgl. US EPA 2013, S. 31). Es darf keine „Rosinenpickerei“ stattfinden, also nicht nur der Bruttoemissionsreduktionseffekt angerechnet werden. Laut IPCC (2013, S.14) wird Black Carbon ein Effekt von etwa  $0,6 \text{ W/m}^2$  zugeschrieben. Dagegen hat Organic Carbon einen abkühlenden Effekt von etwa  $-0,3 \text{ W/m}^2$ . Hinzu kommt ein Wert von ca.  $-0,5 \text{ W/m}^2$ , der generell durch Wechselwirkungen aller Aerosole mit Wolken entsteht. Diese Werte sind jedoch als Summe der globalen Emissionen über 250 Jahre zu verstehen, bzw. ergeben sich aus dem Konzentrationsunterschied der klimawirksamen Substanzen in der aktuellen Situation im Vergleich zum Jahr 1750. Daher muss untersucht werden, welche Anteile daran den in dieser Studie behandelten Technologien zuzuschreiben sind. Gleichzeitig wird aber auch ersichtlich, dass eine ausschließliche Betrachtung von Black Carbon im Bereich der Aerosole zu falschen Interpretationen führt, da in diesem Fall Abkühlungseffekte der Emissionen von Organic Carbon sowie indirekte Effekte keine Berücksichtigung finden. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass zum einen der Netto-Strahlungsantrieb der global kumulierten Rußemissionen relativ gering ist und zum anderen indirekte Effekte eine große Rolle spielen, die daher nicht „unter den Tisch fallen“ dürfen.

**Bewertung basierend auf dem GWP.** Will man das Erwärmungspotential (GWP) der SLCPs im Vergleich zu Kohlendioxid bestimmen, stellt sich die Frage, welchen Zeitraum man für den Vergleich heranziehen soll. Die atmosphärische Lebensdauer von Kohlendioxid beträgt über 100 Jahre (vgl. Joos et al. 2013) im Vergleich zu Methan mit einer Lebensdauer von 12 Jahren (IPCC 2007, S. 212) oder von Black Carbon mit nur etwa einer Woche (Bond et al. 2013, S. 5389). Daher bleibt ein Vergleich von Substanzen mit stark unterschiedlicher Lebensdauer immer problematisch und nur bedingt aussagekräftig (vgl. IPCC 2007, S. 211). Die Gold Standard Black Carbon Methode (siehe Beschreibung in Anhang B) zieht das GWP für 20 Jahre heran. International hat man sich im Kontext des Kyoto-Protokolls jedoch auf die GWPs für 100 Jahre festgelegt. Versuche, dies zu ändern, waren bislang erfolglos. Wenn dies auch auf Kritik seitens der Befürworter der Reduktion von SLCPs stößt, muss aus Konsistenzgründen das 100-jährige GWP verwendet werden. Tabelle 2 zeigt den entscheidenden Einfluss des Zeithorizonts deutlich, wenn SLCPs mit in die Betrachtung einbezogen werden.

**Tabelle 2: GWP verschiedener klimawirksamer Substanzen je emittierter Tonne**

Substanz	GWP <sub>10</sub>	GWP <sub>20</sub>	GWP <sub>50</sub>	GWP <sub>100</sub>	GWP <sub>100</sub> *
CO <sub>2</sub>	1	1	1	1	1
CH <sub>4</sub>	104,2	83,9	48,4	28,5	25
N <sub>2</sub> O	246,6	263,7	275,6	264,8	298
BC	4349,2	2421,1	1139,3	658,6	-
OC	-438,5	-244,1	-114,9	-66,4	-

\* Gemäß AR4 (IPCC 2007, S. 212) wie er für Treibhausgasinventare zu verwenden ist.

Fettgedruckte Werte werden für die weitere Betrachtung in dieser Studie verwendet.

Quelle: Myhre et al. (2013, S. 8SM-39) und IPCC (2007, S. 212)

Da das GWP jedoch die Klimawirkung bezogen auf eine Tonne der jeweiligen Substanz angibt, ist eine Bewertung nur in Kombination mit den tatsächlich emittierten Mengen einer Substanz möglich. Bond et al. (2004) beziffert die Emissionen von Black Carbon insgesamt auf 8 Millionen Tonnen und von Organic Carbon auf 33,9 Millionen Tonnen für das Jahr 1996. Davon werden der Nutzung von Biomasse als Brennstoff 20% bzw. 19% zugeschrieben was einer Emission von 1,6 Millionen Tonnen Black Carbon und 6,4 Millionen Tonnen Organic Carbon entspricht, bzw. 1,1 Mrd. t und 0,4 Mrd. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Der Nettoeffekt läge also bei 0,7 Mrd. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Ebenfalls für die 1990er Jahre wurde die energetische Nutzung von Biomasse auf 1,43 Mrd. t jährlich geschätzt (Andreae, 1991), neueste Schätzungen (Bailis et al. 2015) kommen fast auf das gleiche Niveau. Bei der Verbrennung dieser Menge werden ca. 2,6 Mrd. t CO<sub>2</sub> frei. Die Relation zwischen klassischer CO<sub>2</sub>-Emission und der Rußemission bezogen auf die Verbrennung von Biomasse läge also bei 3,7:1, bzw. der Anteil der Rußemission an der gesamten Klimawirkung bei ca. 20%.

Grundlage für die Bewertung des Minderungspotentials der einzelnen Substanzen kann die Emission, welche bei der Verbrennung von Brennholz in Kochherden entsteht, sein. Tabelle 3 zeigt eine entsprechende Beispielrechnung. Da als Grundlage die Emission pro Tonne eingesetztem Brennholz dient, entspricht diese Emission gleichzeitig der Minderung, welche bei der Einsparung einer Tonne Brennholz erzielt werden kann.

**Tabelle 3: Klimawirksame Substanzen bei der Nutzung von Brennholz in Kochherden (GWP<sub>100</sub>)**

Substanz	Emission der jeweiligen Substanz	Einheit	Emission in CO <sub>2</sub> e	Einheit	Anteil	Quelle:
<b>CO<sub>2</sub></b>	1,482 000*	tCO <sub>2</sub> /	1,482 000	tCO <sub>2</sub> e/	82,6%	1)
	2,059 200 <sup>#</sup>	t Brennholz	2,059 200	t Brennholz	79,9%	
<b>CH<sub>4</sub></b>	0,004 680*	tCH <sub>4</sub> /	0,117 000	tCO <sub>2</sub> e/	6,5%	1)
	0,014 040 <sup>#</sup>	t Brennholz	0,351 000	t Brennholz	13,6%	
<b>N<sub>2</sub>O</b>	0,000 062*	tN <sub>2</sub> O/	0,018 595	tCO <sub>2</sub> e/	1,0%	1)
	0,000 234 <sup>#</sup>	t Brennholz	0,069 732	t Brennholz	2,7%	
<b>BC</b>	0,000 600*	t BC/	0,395 160	tCO <sub>2</sub> e/	22,0%	2)
	0,000 700 <sup>#</sup>	t Brennholz	0,461 020	t Brennholz	17,9%	
<b>OC</b>	0,003 300*	t OC/	-0,219 120	tCO <sub>2</sub> e/	-12,2%	2)
	0,005 500 <sup>#</sup>	t Brennholz	-0,365 200	t Brennholz	-14,2%	
<b>BC und OC</b>	-	-	0,176 040	tCO <sub>2</sub> e/	9,8%	2)
			0,095 820	t Brennholz	3,7%	

Die Berechnung wurde jeweils einmal für die untere Grenze (\*) sowie die obere Grenze (<sup>#</sup>) an Emissionen durchgeführt.<sup>4</sup>

Quelle: eigene Berechnung mit GWP<sub>100</sub> aus Tabelle 2 auf der Basis von 1)= IPCC (2006, Tabelle 1.2, S. 1.19 und Tabelle 2.5, S. 2.23) und 2) Johnson et al. (2011, Tabelle 1)<sup>5</sup>.

Das Verhältnis von Black Carbon zu Organic Carbon, wie es bei der Verbrennung in Kochherden zu Stande kommt, schwankt je nach Quelle bzw. Rechenansatz sehr stark. Das Verhältnis, wie es sich bei den ausgewählten Kochherden entsprechend Tabelle 3 ergibt, weicht von den Werten nach Bailis et al. (2015)<sup>6</sup> sowie von einer Gesamtbetrachtung der Biomasseverbrennung basierend auf Bond et al. (2004) ab, so dass ein allgemein gültiges Verhältnis nicht angegeben werden kann.

Wird anstelle von Brennholz Holzkohle eingesetzt, wird unter dem CDM angenommen, dass für die Produktion von einer Tonne Holzkohle sechs Tonnen Brennholz benötigt werden (vgl. AMS-II.G und AMS-III.BG). Der spezifische Energiegehalt von Holzkohle ist jedoch nur um den Faktor 1,9 höher als derjenige von Brennholz (IPCC 2006, Tabelle 1.2, S. 1.19). Weiterhin führt die Holzkohleproduktion bei der Verkokung zu Methanemissionen. Unter dem CDM wird ein Standardwert von 0.030 t CH<sub>4</sub>/t

<sup>4</sup> Führt man die gleiche Berechnung auf Basis des GWP<sub>20</sub> durch, ergibt sich für BC/OC ein Anteil von ca. 10 bis 25% an der Gesamtklimawirkung.

<sup>5</sup> Folgende Kocher sind Bestandteil der Studie von Johnson et al. (2011): Uganda traditional, Uganda StoveTec, Nepal traditional, Nepal Improved Biomass, India traditional, India Oorja.

<sup>6</sup> Siehe Anhang C.



Holzkohle angesetzt, also 0,75 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent (UNFCCC 2014a, S. 8). Laut Bailis et al. (2015, Tabelle 12, S. 41) wird bei der Holzkohleherstellung weder BC noch OC frei. Bei der Verbrennung in Holzkohleherden entstehen pro kg Holzkohle 0,2 g BC und 1,5 OC. Per Saldo werden also je t Holzkohle 0,032 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent aus Ruß frei, was gegenüber den 2,9 - 3,6 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent aus der Holzkohleverbrennung nicht ins Gewicht fällt (1%).

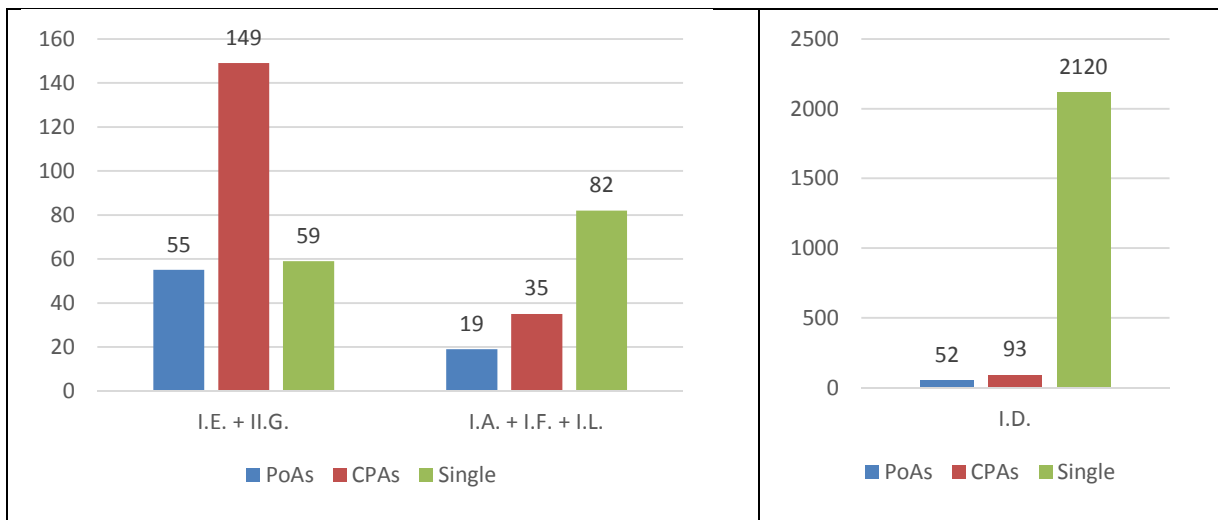
Somit ergibt sich für Holz die BC/OC Emissionen ein Anteil von ca. 10 (bis 20% an den berücksichtigten klimawirksamen Gesamtemissionen, wobei die Unsicherheiten groß sind. Bei Holzkohle liegt der Anteil nur bei ca. 1%. Dieser Anteil wird in aktuellen CDM-Methoden nicht berücksichtigt. Um BC/OC bei der Emissionsreduktion zu berücksichtigen, müsste auch ein entsprechendes Monitoring erfolgen, das aller Wahrscheinlichkeit nach kostenintensiv ausfallen würde. Eine Einigung auf Standardwerte müsste einen hohen Unsicherheitsabschlag berücksichtigen. Im Anhang C werden weitere Literaturwerte zum Bereich Emissionen dargestellt. Dennoch bleibt festzuhalten, dass der Einsatz von effizienten Kochherden bzw. ein Brennstoffwechsel von Brennholz/Holzkohle zu gasförmigen Brennstoffen zu einer Reduktion der BC/OC Emissionen und damit einhergehend zu einer Minderung des Klimawandels führen würde. Dies spiegelt sich auch darin wieder, dass entsprechende Minderungsmaßnahmen im Bereich Kochherde in zahlreichen Studien als gut geeignete Maßnahme angeführt werden, die Black Carbon Emissionen zu reduzieren (z.B. UNEP 2011, Shindell et al. 2012 oder World Bank und International Cryosphere Climate Initiative 2013).

Neben den Auswirkungen auf das globale Klima, beeinflussen Black Carbon Emissionen auch das lokale Wetter. UNEP (2011, S. 19) nennt hier Auswirkungen auf die Verdunstung, die Wolkenbildung, Niederschlag und die Beeinflussung der Windbildung.

Im Bereich der dezentralen Stromversorgung liegt die Emission von CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, Black Carbon und Organic Carbon im Vergleich zur CO<sub>2</sub>-Emission im niedrigen einstelligen Prozentbereich: Eine vereinfachte Beispielrechnung für GWP<sub>100</sub> auf der Basis von IPCC (2006) und CIMAC (2012) ergibt, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen über 99% der Klimawirkung ausmachen. Genaue Emissionsdaten sind jedoch noch Mangelware (vgl. World Bank und International Cryosphere Climate Initiative 2013, S. 27).

**Bewertung auf der Basis implementierter CDM Projekte.** Die typischen Kochherd-CDM Methoden AMS-I.E. oder AMS-II.G. und zur dezentralen Stromversorgung AMS-I.A., AMS-I.F oder AMS-I.L. werden in signifikantem Umfang angewandt (siehe Abbildung 1 und Abbildung 2). Im Bereich der dezentralen Stromversorgung zeigt sich jedoch, dass unter dem CDM (hier der Methode AMS-I.D.) wesentlich mehr Projekte im Bereich der netzgebundenen erneuerbaren Stromerzeugung umgesetzt wurden und dementsprechend auch deutlich höhere Emissionsreduktionen erzielt werden.

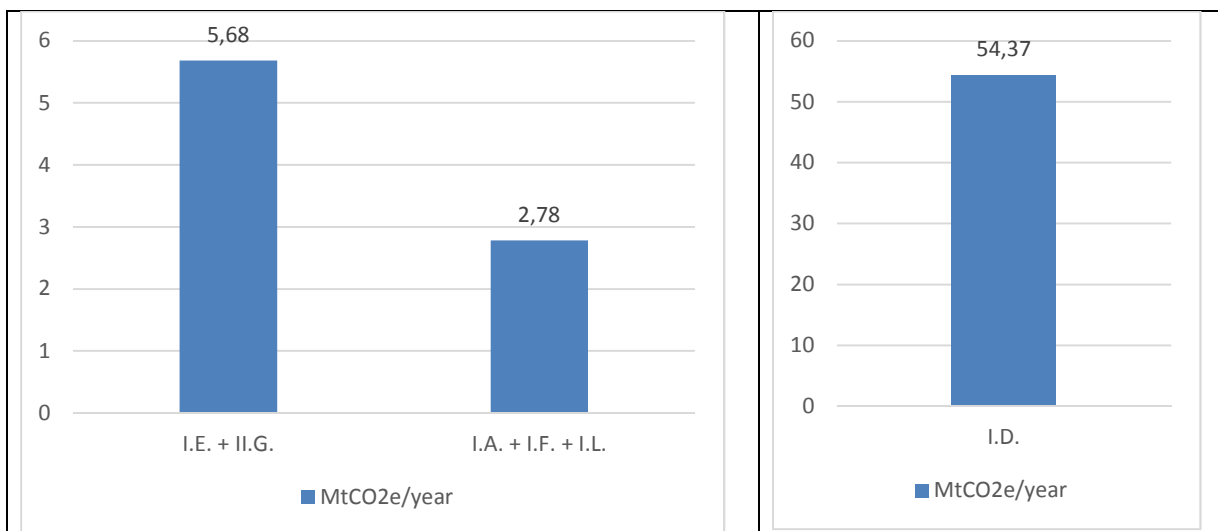
**Abbildung 1: Anzahl von CDM Projekten und Ausgabe von Emissionsgutschriften**



Dargestellt ist die Anzahl von registrierten PoAs (bzw. darunter registrierten CPAs) sowie von einzelnen CDM Projekten (Single), die mindestens eine der dargestellten CDM Methoden anwenden.

Quelle: Auswertung auf Basis von IGES (2015a und 2015b)

**Abbildung 2: Emissionsreduktion aus CDM Projekten**



Dargestellt ist die gemäß Projektdokumentation erwartete jährliche Emissionsreduktion von registrierten PoAs (bzw. darunter registrierten CPAs) sowie von einzelnen CDM Projekten (Single), die mindestens eine der dargestellten CDM Methoden anwenden.

Quelle: Auswertung auf Basis von IGES (2015a und 2015b)

**Bewertung auf der Basis von Co-benefits.** Unabhängig von der Klimadiskussion sind die positiven Effekte von effizienten Kochherden und der dezentralen Stromversorgung im sozialen und

ökonomischen Bereich signifikant. Im Hinblick auf die Verminderung von gesundheitlichen Schäden, Krankheiten und Todesfällen (vgl. UNEP 2011) können Projekte im Bereich Kochenergie zur erheblichen Verbesserung der Lebenssituation in den ärmsten Regionen der Welt beitragen. Im Bereich der dezentralen Stromversorgung sei die Möglichkeit der Kühlung von Lebensmitteln oder Medikamenten beispielhaft angeführt.

Aus Sicht des Klimaschutzes werden diese positiven Effekte neben der Emissionsreduktion als Co-benefits berücksichtigt. Diese Effekte werden im Folgenden auch im Bereich Anpassung näher erörtert.

## 2.2. Anpassung

### 2.2.1. Methodik und Hintergrund zur Bewertung der Anpassungspotentiale

Auf internationaler Ebene hat man sich bisher nicht auf eine einheitliche oder gar standardisierte Metrik zur Bewertung von Anpassungsmaßnahmen einigen können. Der von Köhler und Michaelowa (2013) vorgeschlagene Ansatz zur Bewertung der monetären und Gesundheitsnutzen von Anpassungsprojekten befindet sich noch im Erprobungsstadium. Bei der folgenden Bewertung der Anpassungspotentiale von Energiegrundversorgungstechnologien wird daher folgendermaßen vorgegangen, um zumindest eine qualitative Bewertung vorzunehmen.

1. Unterscheidung zwischen dem Energieoutput: Die Heiz- und Kochtechnologien werden getrennt von den Stromerzeugungstechnologien betrachtet.
2. Beide Technologiebereiche werden sowohl auf ihre Verwundbarkeit gegenüber Klimawandelauswirkungen als auch auf ihr Potenzial zu Anpassung bzw. erhöhten Resilienz beizutragen, betrachtet. Dabei werden typische Anpassungsaktivitäten wie Wasserversorgung, Lebensmittelverarbeitung, Küstenschutz oder Frühwarnsysteme berücksichtigt.

Die Basis der Bewertung anhand dieser Kriterien bildet eine Literaturrecherche der vorhandenen Literatur zum entsprechenden Themenkomplex.

### 2.2.2. Bewertung der Anpassungspotentiale

#### **Heiz- und Kochtechnologie:**

Da als Brennstoff in Entwicklungsländern oftmals nicht nachhaltig gewonnene Biomasse genutzt wird, steht eine effizientere Anwendung beziehungsweise ein Wechsel des Energieträgers in direktem Zusammenhang zu einer erhöhten Widerstandsfähigkeit gegen Auswirkungen des Klimawandels. Wälder erfüllen als Grundwasserspeicher, Küstenschutz, Barriere gegen Erosion und Desertifikation sowie Nahrungs- und Baustofflieferant wichtige Aufgaben. Teilweise haben sie als hydrothermisches Ökosystem auch direkten Einfluss auf das lokale Mikroklima. Eine Vernichtung der

Wälder aufgrund ihrer Übernutzung als Brennstoffquelle erhöht in der Regel die Verwundbarkeit gegenüber Klimawandelauswirkungen signifikant (vgl. Locatelli und Pramova, 2015).

1. Resilienz der Technologie gegenüber Klimawandelauswirkungen:

Da viele traditionelle Heiz- und Kochtechnologien auf der Verbrennung von Biomasse beruhen, sorgt ein Ausfall oder eine Kostensteigerung des Brennstoffes zu einer geringeren Einsatzbereitschaft. Genau diese Problematik besteht jedoch im Rahmen von Klimawandelauswirkungen auf den Waldbestand. Gerade in der südlichen Hemisphäre, in der sich die meisten Entwicklungsländer befinden, sieht der IPCC eine große Wahrscheinlichkeit, dass sich der Klimawandel negativ auf den Waldbestand auswirkt (vgl. Locatelli und Pramova, 2015). Somit würde eine Umstellung der traditionellen Herde auf energiesparende fossile oder holzkohle-basierte Technik auch eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegenüber Klimawandelauswirkungen mit sich bringen, da der Bedarf an Brennholz bzw. Holzkohle signifikant reduziert wird bzw. ganz wegfällt.

2. Beitrag der Technologie zur Erhöhung gesamtgesellschaftlicher Widerstandsfähigkeit:

Durch eine effizientere Verbrennung von Holzkohle einschließlich einer nachhaltigen Waldwirtschaft oder den Wechsel des Brennstoffes wird ein wichtiger Beitrag zum Stopp der Entwaldung geleistet. Dieser kann direkt zu Anpassungswirkung führen, da Wälder wichtige ökologische Systemdienstleistungen bieten, gerade in einem sich rasch verändernden Klima. Dazu gehören bei Mangroven der Küstenschutz, bei Waldbestand im Landesinneren Grundwasserspeicherung, Schutz vor Desertifikation und Erosion sowie als Nahrungs- und Baustofflieferant. Außerdem können Wälder als hydrothermisches Ökosystem auch direkten Einfluss auf lokales Mikroklima haben (vgl. Locatelli und Pramova 2015). Die Verminderung der Innenraumluftbelastung durch effiziente Kochherde verbessert die allgemeine Gesundheitslage der Bevölkerung, insbesondere der Frauen. Damit ist sie robuster und leidet weniger unter den Auswirkungen meteorologischer Extremereignisse.

**Dezentrale Stromversorgung:**

1. Resilienz der Technologie gegenüber Klimawandelauswirkungen:

Dezentrale erneuerbare Energien sind in der Summe oftmals deutlich resilienter gegenüber Klimawandelauswirkungen als zentralisierte Großkraftwerke, auch wenn die Einzelanlagen mitunter eine höhere Anfälligkeit aufweisen. So haben thermische Stromerzeuger wie Kohle- oder Kernkraftwerke einen vergleichsweise hohen Wasserbedarf für Kühlung, der aufgrund der globalen Erwärmung von Oberflächenwasser und Lufttemperatur zunehmend zu Ausfallzeiten führen kann. Photovoltaik oder Windkraftanlagen benötigen nahezu kein Wasser für den Betrieb (vgl. Macknick et al. 2009). Schwankende oder rückläufige Niederschlagsmengen haben einen großen Einfluss auf die Stromproduktion aus Wasserkraft, vor allem kleinere Anlagen mit kleinem Einzugsbereich. Niederschlagsextreme können –vor allem kleine - Wasserkraftanlagen zerstören. PV-Anlagen können unter einem höheren Bewölkungsgrad leiden. Ideal wäre ein System, wo der negative Effekt eines

Parameters auf eine Stromerzeugungsform durch einen positiven Effekt auf eine andere ausgeglichen wird. Beispielsweise könnte eine Kombination aus PV und Wasserkraft<sup>7</sup> die Variabilität in Wolkenbedeckung / Niederschlag abfedern: PV würde bei niedriger Wolken/Niederschlagsneigung einen hohen Auslastungsgrad erzielen, während es bei der Wasserkraft genau umgekehrt ist. Biomassekraftwerke ähneln bezüglich ihrer Verwundbarkeit den Wasserkraftwerken, da die Verfügbarkeit von Biomasse ebenfalls positiv vom Niederschlag abhängig ist. Karekezi et al. (2009) plädieren für den vermehrten Einsatz anderer, dezentraler Erneuerbarer, um die einseitige Abhängigkeit und Verwundbarkeit der ostafrikanischen Volkswirtschaften bezüglich großer Wasserkraft zu vermindern. Aufgrund Dürren zwischen 2004 und 2006 ging die Stromerzeugung aus Wasserkraft um bis zu 25% zurück, und das Bruttoninlandsprodukt der Länder fiel um mehrere Prozentpunkte, auch als Folge der notwendigen Kompensation durch Kraftwerke, die importierte fossilen Energieträgern benötigen. Der erhöhte Importbedarf kann im ungünstigsten Fall auch zu einem Druck auf den Wechselkurs der heimischen Währung führen.

Sturmereignisse sind für Wind- und PV-Anlagen gleichermaßen gefährlich. Dezentrale Erneuerbare weisen aufgrund ihrer geringeren Komplexität mitunter eine relativ hohe Resilienz auf, da sie nach Extremereignissen oftmals wieder schneller einsatzbereit gemacht werden können als Großkraftwerke. Auch wenn lokal begrenzt Verteilinfrastruktur betroffen ist müssen ausgedehnte Übertragungsnetze nicht repariert werden (siehe auch Wood, 2012). Dennoch ist auch bei dezentralen erneuerbaren Systemen ein Totalschaden nicht auszuschließen.

Durch ihre Flexibilität können dezentrale Stromerzeugungssysteme Synergien mit Anpassungsmaßnahmen aufweisen, wenn die Anpassung z.B. durch Verlagerung von Bevölkerungsgruppen erfolgt. Die Stromerzeugungssysteme können mitgeführt werden.

## 2. Beitrag der Technologie zur Erhöhung gesamtgesellschaftlicher Widerstandsfähigkeit:

Gerade in Ländern mit Entwicklungs- und Anpassungsdefizit hat ein Großteil der Bevölkerung keinen Zugang zu Elektrizität, da keine entsprechende Infrastruktur existiert. Die Verfügbarkeit von Strom kann die Widerstandsfähigkeit der Bevölkerung gegenüber Extremereignissen wie Hitzewellen (Kühlung) und Dürren (Bewässerung) verbessern. Besonders die Sicherung der Lebensgrundlagen durch Wasserversorgung oder Lebensmittelproduktion und -verarbeitung kann durch elektrisch betriebene Technik wie Entsalzungsanlagen, Wasseraufbereitungsanlagen, Wasserpumpen oder Kühl- und Trocknungsanlagen sichergestellt werden. Auch Medizintechnik, Klimaanlage, meteorologische Messsysteme, Kommunikations- und Frühwarnsysteme sowie Klimadatenverarbeitung können dezentral die Resilienz erhöhen, brauchen allerdings

---

<sup>7</sup> Soweit eine solche Kombination auf Grund der geographischen Gegebenheiten möglich ist.

verlässliche Stromversorgung (siehe Noble et al. 2014, S.845ff). Dies wäre natürlich auch über ein zentralisiertes Stromversorgungssystem möglich, dies steht allerdings gerade in den am wenigsten entwickelten Ländern (Least Developed Countries, LDCs) nicht überall zur Verfügung und wird von den oben genannten Verwundbarkeiten charakterisiert.

### 3. Überblick über die Finanzierungsmöglichkeiten im Bereich der Energiegrundversorgung

Sowohl für hocheffiziente Kochherde als auch für dezentrale Stromversorgung (z.B. solare Kleinanlagen) sind die Anschaffungskosten für viele lokale Bevölkerungen sehr hoch während die Betriebskosten relativ niedrig sind (World Bank, 2011, S. 21). Wenngleich für einfache effiziente Kochherde die Kosten zwischen 3 und 10 USD, für solche mit mittlerem Standard zwischen 15 und 30 USD liegen, muss für bessere Herde zum Beispiel mit Biomasse –Vergaser bereits mit Kosten von 50-120 USD gerechnet werden (Putti et al., 2015, S. 5)<sup>8</sup>. Für solare Kleinanlagen sind die Kosten in den letzten Jahren rasant gefallen; auf mittlerweile weniger als 5 USD/W (IEA 2014, S. 56). Ein bewährtes Finanzierungsmodell für solare Kleinanlagen ist beispielsweise die Bereitstellung von finanziellen Mitteln durch internationale Fonds, die wiederum mit NGOs oder Mikrofinanzinstituten zusammen arbeiten. Dafür gibt es folgende Optionen:

#### 3.1. Clean Development Mechanism

**Bedingungen.** Die Bedingungen des Clean Development Mechanism (CDM) sind umfangreich. Neben der Anwendung anerkannter Methoden (vgl. Anhang B), spielt die Prüfung der „Zusätzlichkeit“ für den CDM eine entscheidende Rolle. Projekte müssen einen offiziellen Registrierungsprozess durchlaufen. Die Finanzierung entsprechender Projekte ergibt sich letztendlich aus dem Verkauf entsprechender Emissionsgutschriften (Certified Emission Reductions, CERs). Ein entscheidender Abnehmer von CERs war das europäische Emissionshandelssystem. Hier wurde jedoch die kumulative Nutzung von CERs bis 2021 auf ein Niveau von 1,6 Mrd. t CO<sub>2</sub> beschränkt, das mittlerweile weitgehend erreicht ist. Außerdem dürfen CERs aus nach dem 31.12.2012 registrierten Projekten nur noch aus Projekten in LDCs kommen. Aktuell sind die Preise für CERs daher auf einem sehr niedrigen Stand, zwischen 0,25 und 0,5 €/CER.

Es gibt verschiedene Programme, die (bestehende) Zertifikate aus dem CDM aufkaufen; vier Programme sind hierbei besonders relevant: Projekte zur dezentralen Stromgrundversorgung in Ländern mit geringem Einkommen werden – aufbauend auf der CDM-Infrastruktur – durch die *Carbon Initiative for Development (Ci-Dev)* unterstützt. Die Projekte müssen CERs generieren und zu zusätzlichen Nutzen für eine nachhaltige Entwicklung führen (Ci-Dev, 2013). Im Rahmen der *Norwegian Carbon Procurement Facility (NorCaP)* bzw. des *NEFCO Carbon Funds (NeCF)* können

---

<sup>8</sup> Für effiziente Herde, die auf Biogas basieren und eine Biogasanlage benötigen, liegen die Kosten zwischen 500 und 1500 USD (Putti et al., 2015, S.5).

zudem Zertifikate von bestehenden, aufgrund des CER-Preises in Frage gestellten Projekten aufgekauft bzw. neue CDM-Projekte eingereicht werden (NEFCO, 2014, Annex I and Annex II). Bei letzterem kommen nur Projekte in LDCs in Frage (NEFCO, 2014, Annex II). Für NorCaP Projekte außerhalb der LDCs ist ein Minimalvolumen von 300,000 CERs erforderlich; für beide Programme gibt es grundsätzlich eine Obergrenze (NorCaP: 3 Mio. CER, NeCF: 1 Mio. CER), aber es können auch darüber hinausgehende Projekte eingereicht werden (NEFCO, 2014, Annex I and Annex II). Die *schwedische Energieagentur* (SEA) kaufte 2014 4 Mio. CERs aus acht Kochherdprogrammen in Äthiopien, Elfenbeinküste, Ghana, Kamerun, Malawi, Nigeria, Sambia, Togo und Uganda (SEA 2014). Bereits 2013 hatte sie 1 Mio. CERs aus Herdprogrammen in Ghana und Uganda erworben (Point Carbon 2013).

Die Preise für CER-Transaktionen aus Kochherdprojekten<sup>9</sup> lagen 2013 durchschnittlich bei 6,3 USD für ein Gesamtvolumen von 2,3 Mio. CERs. Bei Gold Standard Projekten hatten sie 2013 gar 12,1 USD erreicht (Hamrick 2014).

**Eignung für Maßnahmen.** Sowohl für effiziente Kochherde als auch für netzunabhängige Elektrifizierung wurden die Methoden des CDM häufig als kompliziert wahrgenommen. Dennoch zeigt die Zahl registrierter Projekte, dass diese Hürde prinzipiell zu überwinden ist und mittlerweile viele CDM-Projekte<sup>10</sup> und -Programme (Programme of Activities, PoAs) zu effizienten Kochherden, zum Beispiel in Haiti, Nepal und Mozambique (UNFCCC, 2015c) implementiert wurden. Auch zur dezentralen Stromversorgung gibt es unter dem CDM viele Projekte<sup>11</sup>. Projekte zur dezentralen Stromversorgung und insbesondere zu effizienten Herden eignen sich daher prinzipiell sehr gut für CDM-Finanzierung. Beide Projekttypen scheinen auch für eine Finanzierung im Rahmen von Ci-Dev geeignet, insbesondere da in beiden Fällen mit direktem Nutzen für arme und verwundbare Haushalte gerechnet werden kann, was zu einer Priorisierung im Ci-Dev Programm führt (Ci-Dev, 2013)<sup>12</sup>. Die Ausschlusskriterien von NorCaP und NeCF treffen auf beide Projekttypen nicht zu, eine Eignung ist daher auch für diese Finanzierungsprogramme gegeben<sup>13</sup>.

**Ausblick auf mögliche Entwicklungen.** Jüngst ist die Möglichkeit der „Stilllegung“ von CERs seitens der KRK eröffnet worden, was die Umwandlung von CDM-Projekten in Projekten am freiwilligen Markt ermöglicht. Ob es neben den genannten weitere Aufkaufprogrammen geben wird oder ob der CDM in zukünftige neue Mechanismen integriert werden wird, ist schwer abzuschätzen. Nach einer Phase der Ernüchterung aufgrund des Preisverfalls am CER-Markt wird der CDM in den

---

<sup>9</sup> Vergleichbare Informationen liegen für die Dezentrale Stromversorgung aktuell nicht vor.

<sup>10</sup> Allein in Indien gibt es seit 2012 30 CDM-Projekte zu effizienten Kochherden (Warnecke et al., 2015, S.18).

<sup>11</sup> Beispielsweise gibt es seit 2012 in China und Indien 48 Projekte zur Beleuchtung auf der Ebene von Haushalten (Warnecke et al., 2015, S.18).

<sup>12</sup> Es konnten keine genaueren Informationen zu bereits geförderten Projekten gefunden werden.

<sup>13</sup> 16% des gesamten Volumens der ersten NorCaP Förderrunde gingen an Projekte zu Energieeffizienz in Haushalten, 10% an Biomasseenergie und 4% im Bereich Solar (NEFCO, no date). Es konnten keine detaillierten Projektinformationen gefunden werden, hierunter könnten aber auch Projekte zu dezentraler Stromgrundversorgung und zu effizienten Kochherde gefallen sein.

internationalen Klimaverhandlungen wieder vermehrt als relevantes Instrument wahrgenommen. Daher könnte bei einem erfolgreichen Abschluss der Pariser Konferenz die Bereitschaft steigen, Zertifikate anzukaufen. Kochherdprojekte gelten nach wie vor als attraktiv und können überdurchschnittliche Preise mobilisieren.

### 3.2. Freiwilliger Kohlenstoffmarkt

**Bedingungen.** Der freiwillige Markt ist stark fragmentiert, und verschiedene Zertifizierungssysteme stehen in einem starken Wettbewerb um Projektanbieter und Käufer. Grundsätzlich ähneln die Bedingungen der Zertifizierungssysteme denen des CDM. So sind bestimmte Methoden zur Berechnung der Emissionsreduktionen zu befolgen.

**Eignung für Maßnahmen.** Die Datenbank des Gold Standards enthält mehr als 100 Projekte zu Kochherden (markt, 2015)<sup>14</sup>, worin sich eine Eignung dieser Projekte für den Gold Standard widerspiegelt. Im freiwilligen Kohlenstoffmarkt 2014 stellten Projekte für Kochherde 4,2% und Biomasseenergie, Biogas und PV 1,7% der gesamten Transaktionsvolumina. Die Durchschnittspreise für Zertifikate aus Kochherd-Projekten lagen 2014 bei 5,8 USD, während sie 2013 bei 9,2 USD gelegen hatten (Hamrick et al., 2015, S.12). Dies ist weitaus höher als der Gesamtdurchschnittspreis für Zertifikate, der 2014 bei 3,8 USD und 2013 bei 4,9 USD<sup>15</sup> lag (Hamrick et al., 2015, S.3).

**Ausblick auf mögliche Entwicklungen.** Geht man davon aus, dass die Nachfrage nicht wesentlich steigen wird, das Angebot durch eine zunehmende Projektanzahl und Ausgabe von Zertifikaten aber steigt, ist zu befürchten, dass der Preisverfall, welcher zuletzt zu beobachten war, weiter anhält. Zudem bleibt insbesondere abzuwarten, ob die Gold Standard Black Carbon Methode Anwendung finden wird und ob sich Käufer für die entsprechenden Zertifikate finden werden.

### 3.3. NAMAs

**Bedingungen.** Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs) sind nationale Klimaschutzmaßnahmen in Entwicklungsländern; es gibt für sie keinerlei verbindliche Regeln unter der KRK. Sie können somit auf nationaler Ebene oder projekt- und programmorientiert sektoral durchgeführt werden (UNFCCC, 2014b). Prinzipiell können sie bilateral oder durch internationale Fonds, z.B. die Global Environment Facility (GEF) und zukünftig voraussichtlich auch über den Green Climate Fund (GCF) finanziert werden. Allerdings gibt es für den multilateralen Weg bisher kein Beispiel, während die von Deutschland und Großbritannien ins Leben gerufene NAMA-Fazilität

---

<sup>14</sup> Die Datenbank enthält nur Projekte, die explizit zur Veröffentlichung freigegeben wurden. Es kann also weitaus mehr Kochherdprojekte geben als die auf der Webseite aufgeführten. Die Zahl ist in den letzten Jahren deutlich angestiegen, so waren es in 2011 insgesamt nur 30 Herdprojekte (World Bank, 2011, S. 26).

<sup>15</sup> Dieser nach Volumen gewichtete Durchschnittspreis berücksichtigt nicht die Zertifikate aus der REDD-Early Movers Vereinbarung (Hamrick et al., 2015, S.3).



bereits seit drei Jahren funktioniert. Die NAMA-Fazilität verlangt ausgefeilte Anträge zur Finanzierung der Umsetzung von NAMAs. Die bisherigen drei Antragsrunden waren stark nachgefragt, so dass nur 10% der Anträge finanziert werden konnten (NAMA Facility, 2014).

**Eignung für Maßnahmen.** Derzeit gibt es eine große Bandbreite an NAMAs, die sich mit dem Thema Energiegrundversorgung beschäftigen. Während ein Teil bereits umgesetzt wird, wird für andere noch nach einer Finanzierung gesucht. NAMAs zu effizienten Kochherden sind beispielsweise in Mexiko (UNFCCC, 2015a) und Gambia (Ecofys, 2015a) geplant. Im Rahmen von Letzterem sollen vier Personen in der Produktion von effizienten Kochherden ausgebildet und in der Produktion subventioniert werden. Dies soll die Produktion und Nutzung von 200.000 effizienten Kochherden ermöglichen (Ecofys, 2015a). Darüber hinaus sollen verschiedene Maßnahmen durchgeführt werden um in der Bevölkerung das Bewusstsein für effiziente Kochherde zu steigern (Ecofys, 2015a). Eine biomasse-bezogene NAMA ist in Burkina Faso in Planung und wird durch die NAMA Facility unterstützt (NAMA facility, 2015). Ebenso sind NAMAs zu ländlicher Elektrifizierung (Gambia (UNFCCC, 2015b) geplant. In Letzterem sollen Unternehmen (Public Private Partnerships) gegründet werden, die in ländlichen Gemeinden die Elektrifizierung entweder durch die Bereitstellung von wiederaufladbaren Batterien oder durch einzelne Netzzugänge für Haushalte ermöglichen (UNFCCC, 2015b). Insgesamt sollen so 800 Haushalte mit Elektrizität versorgt werden. In einer zweiten Phase sollen weitere Unternehmen gegründet werden, die entweder in bestehenden Netzen thermische durch erneuerbare Energien Erzeugung ersetzen oder neue Produzenten von erneuerbarer Energie werden sollen (UNFCCC, 2015b).

**Ausblick auf mögliche Entwicklungen.** Finanzielle Unterstützung wird derzeit für die Vorbereitung und Umsetzung vieler NAMAs gesucht. Die Konkurrenz um die knappen Mittel ist daher groß. Sollten durch den GCF zukünftig auch NAMAs finanziert werden, würden sich jedoch auch neue Finanzierungsmöglichkeiten eröffnen.

### 3.4. Grüner Klimafonds

**Bedingungen.** Der Grüne Klimafonds (Green Climate Fund, GCF) finanziert Projekte/Programme, die – im Kontext der nachhaltigen Entwicklung – einen Paradigmenwechsel zu Niedrigemissions- und klimaresilienten Entwicklungspfaden ermöglichen (Art. 2 Governing instrument, GI). Projekte/Programme sollten daher Paradigmenwechsel anstreben und nicht zu kleinteilig sein. Das "initial investment framework" legt folgende Kriterien für Projekte fest: Wirkungspotential, Potential für einen Paradigmenwechsel, Potential für nachhaltige Entwicklung, Bedarf des Empfängerlands, Eigenverantwortung der Empfängerländer (country ownership) sowie Effizienz und Effektivität, wobei sich letztere auf ökonomische Aspekte bezieht (GCF/B.09/23, Annex III). Besondere Bedeutung wird der Möglichkeit von Scaling-up und Übertragbarkeit sowie dem Vorhandensein von Co-benefits beigemessen (GCF/B.09/23, Annex III).

**Eignung für Maßnahmen.** Der GCF teilt Projekte nach unterschiedlichen Größenklassen ein. Je größer das Projekt, desto stringenter wird es evaluiert. Ein Projekt, das sich nur auf die

Energiegrundversorgung einer kleinen Region fokussiert, könnte auf Grund fehlenden Potentials für einen Paradigmenwechsel Schwierigkeiten für eine Förderung bekommen. Werden aber Ansätze zur Ausweitung des Projekts in anderen Regionen im Antrag eingeplant, scheint eine Förderung grundsätzlich möglich. Für Projektanträge beim GCF ist es hilfreich, dass Projekte zur Energiegrundversorgung sehr hohes Potential für zusätzliche soziale Nachhaltigkeitsnutzen (z.B. Gesundheit) haben und Projekte zu Kochherden insbesondere auf Frauen positive Auswirkungen haben. Der GCF hat eine eigene Gender Policy und legt großen Wert auf die Berücksichtigung von Gender-Aspekten. Außerdem ist im GI des GCF definiert, dass integrierte Ansätze, die sowohl Minderung als auch Anpassung berücksichtigen, explizit gefördert werden sollen (GI, Para 37).

**Ausblick auf mögliche Entwicklungen.** Es wird erwartet, dass der GCF im Herbst 2015 mit der Finanzierung konkreter Projekte beginnt. Es kann daher noch nicht auf GCF-Projekterfahrung Bezug genommen werden. Die weitere Ausgestaltung des GCF ist für die Finanzierungsfähigkeit von Projekten relevant, da je nach Ausgestaltung Finanzintermediäre gefunden werden müssen, die beispielsweise Mikrokredite für den Kauf von Kochherden oder finanziellen Beteiligungen an dezentralen Stromversorgungsinvestitionen bereitstellen würden.

### 3.5. Anpassungsfonds

**Bedingungen.** Der Anpassungsfonds (Adaptation Fund, AF) finanziert konkrete Anpassungsprojekte oder –programme in Ländern, die dem Kyoto Protokoll beigetreten sind (AF 2011). Zu den Projektauswahlkriterien gehören unter anderem: Unterstützung der Regierung des Partnerlandes, Erfüllung wirtschaftlicher, sozialer und Umweltnutzen, mit Fokussierung auf die verletzlichsten Gruppen und Gender-Aspekten, Kosteneffektivität, Konsistenz mit nationalen Entwicklungsplänen, Wissensmanagement-Komponenten sowie die Ausrichtung entlang der "Results framework" des AF (AF, o.J.)

**Eignung für Maßnahmen.** Der AF definiert zu erreichende Ergebnisse (Outcomes) für geförderte Projekte. Ein Outcome, das für die Energiegrundversorgung relevant sein könnte, ist: „Diversified and strengthened livelihoods and sources of income for vulnerable people in targeted areas“. Dieses Outcome könnte durch den im Results Framework des AF genannten Indikator "Percentage of households and communities having more secure (increased) access to livelihood assets" (AF, 2011) gemessen werden. Viele der AF-Projekte im Landwirtschaftsbereich beinhalten verbesserte Wasserversorgung, die teilweise durch windgetriebene Pumpen ermöglicht wird. Ein vermehrter Einsatz von erneuerbaren Energien wäre hier möglich.

**Ausblick auf mögliche Entwicklungen.** Der AF sollte ursprünglich vorrangig durch eine 2%ige Abgabe auf Emissionsgutschriften des CDM und JI finanziert werden. Aufgrund der niedrigen Zertifikatspreise des CDM/JI hat der AF seit einigen Jahren direkt Zuschüsse von Geberländern eingeworben. Wie sich die Finanzlage des AF und somit die Fördermöglichkeiten des AF auch im Kontext der Operationalisierung des GCF entwickeln, bleibt aufgrund der niedrigen Zertifikatspreise des CDM offen. Manche Länder wollen den AF abschaffen, sobald der GCF funktionstüchtig ist.

### 3.6. Globale Umweltfazilität

**Bedingungen.** Für die 6. Periode (2014-2018) der Globalen Umweltfazilität (Global Environment Facility, GEF) wird die Finanzierung von effizienten Kochherden als mögliche Maßnahme im Rahmen des Programms „Promote the timely development, demonstration, and financing of low-carbon technologies and mitigation options“ des Schwerpunktbereichs Minderung des Klimawandels genannt (GEF, 2014, S. 59f.)<sup>16</sup>. Wichtig ist auch hier das Transformationspotential der Technologie (GEF, 2014, S. 59). Da das Small Grants Programm (SGP) der GEF viele Projekte zur Energiegrundversorgung (insbesondere Kochherde, solare Kleinanlagen, netzunabhängige Energieerzeugung) finanziert (SGP, 2015a), werden seine Regeln hier vorgestellt (SGP, 2015c):

- Programme müssen darlegen, wie sie zu den GEF-Schwerpunktbereichen (in diesem Fall Minderung des Klimawandels) beitragen,
- wie sie zu den jeweiligen Länderstrategien des SGP beitragen (siehe SGP, 2015b),
- sie müssen von „community-based“ Organisationen oder Nichtregierungsorganisationen eingereicht werden und
- können Finanzierung bis zu 50.000 USD beantragen.

**Eignung für Maßnahmen.** Das SGP ist sehr gut zur Unterstützung von Projekten zur Energiegrundversorgung geeignet. Dies verdeutlicht die Tatsache, dass bereits viele Projekte insbesondere zu effizienten Kochherden (ca. 70 Projekte), aber auch im Bereich der netzunabhängigen Energieerzeugung, zum Beispiel zu solaren Kleinanlagen (ca. 25 Projekte) durch das SGP unterstützt werden.

**Ausblick auf mögliche Entwicklungen.** Die GEF wird im Rahmen von Wiederauffüllungsrunden mit Finanzmitteln ausgestattet. Diese Wiederauffüllungsrunden sind an die GEF-Perioden, wie die GEF-6, gekoppelt, die auch jeweils eigene Schwerpunktbereiche setzen. Die zukünftige Finanzierung von Projekten zur Energiegrundversorgung über die GEF ist somit von der finanziellen Ausstattung und der Schwerpunktsetzung der GEF-Perioden abhängig. Die derzeitige GEF-6 Periode wurde mit 4,43 Mrd. USD ausgestattet und läuft bis Ende 2018.

### 3.7. Climate Investment Funds

**Bedingungen.** Die Climate Investment Funds (CIF) bestehen aus dem Clean Technology Fund und dem Strategic Climate Fund. Letzterer enthält drei Programme<sup>17</sup>, von denen das Scaling Up Renewable Energy Program (SREP) derzeit auch Projekte zur Energiegrundversorgung finanziert.

---

<sup>16</sup> Für dieses Programm hat sich die GEF ein Ziel von 230 Mio. USD gesetzt. Dies ist innerhalb der climate change mitigation focal area das grösste Finanzziel (GEF, 2014, S. 72).

<sup>17</sup> Das Forest Investment Program, das Pilot Program for Climate Resilience sowie das Scaling Up Renewable Energy Program.

SREP-Länder müssen zum Empfang von ODA<sup>18</sup>-Mitteln berechtigt sein und ein aktives multilaterales Entwicklungsprogramm haben (CIF, 2009, para 14). Kriterien zur Programmauswahl sind: transformative Wirkung, wirtschaftliche, soziale und Umweltnutzen, wirtschaftliche Realisierbarkeit, Hebelung zusätzlicher Mittel, Kapazitätsbildung für die Umsetzung von Projekten sowie eine ausreichend kritische Größe von Investitionen (CIF, 2009, para 23). Verbesserte Gesundheit als angestrebter Zusatznutzen wird mit explizitem Verweis auf effiziente Herde genannt (CIF, 2012, S.6, S.12).

**Eignung für Maßnahmen.** Das SREP eignet sich grundsätzlich für Projekte zur Energiegrundversorgung. Derzeit finanziert es zum Beispiel Projekte zur Verbreitung von Geschäftsmodellen für saubere Kochherde (in Honduras) und zur ländlichen Elektrifizierung mit saubereren Energien (in Äthiopien und in Mali) (CIF, 2015). Das Land, in dem das Projekt durchgeführt wird, muss den Status eines Pilotlands im SREP haben<sup>19</sup>. Ob zukünftig weitere Pilotländer ausgewählt werden, ist unklar. Durch Projekte zur Energiegrundversorgung könnten folgende indikative Outcomes und Outputs des SREP gut adressiert werden: Mini-Stromnetze, Energieversorgung für Gemeinden sowie Markterweiterung für moderne Energiequellen (CIF, 2012, 6).

**Ausblick auf mögliche Entwicklungen.** Das SREP ist mit 796 Mio. USD ausgestattet; 501 Mio. USD wurden bereits zugeteilt. Insgesamt wurden bisher 27 Länder als Pilotländer ausgewählt und Projektanträge werden weiterhin bearbeitet. Ob es zu einer weiteren Auffüllungsrunde der CIF kommen wird, ist unklar, da für die CIF eine sogenannte "Sunset clause" gilt, gemäß der die CIF ihre Arbeit beenden und keine neuen Zusagen angenommen werden, sobald eine neue globale Finanzarchitektur effektiv arbeitet (CIF, 2008, Art. 57)<sup>20</sup>. Dies gilt allerdings nur, sofern die KRK nichts Gegenteiliges entscheidet (CIF, 2008, Art. 58).

#### 4. Fazit und Ausblick

Das internationale Klimaregime hat in den letzten 10 Jahren für effiziente Kochherde und dezentrale Stromversorgung auf Basis erneuerbarer Energien zahlreiche, mehr oder weniger komplexe Methoden zur Berechnung der erzielten Emissionsminderungen entwickelt. Diese Methoden wurden im Rahmen des CDM für mehrere Dutzend Projekte eingesetzt. Sie könnten zukünftig zum Teil vereinfacht werden. Allerdings ist das Haupthindernis für die Mobilisierung dieser Projekttypen im Rahmen der internationalen Klimapolitik das Fehlen stabiler Finanzierungsmechanismen. Zum einen ist die Nachfrage für CDM-Emissionsgutschriften aktuell so niedrig, dass der allgemeine Zertifikatspreis am Sekundärmarkt von 0,5 €/t CO<sub>2</sub>-Äquivalent nicht ausreicht, um neue Projekte zu mobilisieren. Derzeit gibt es aber einzelne Nischennachfrager für Herdprojekte, die Preise von 3-8 €

---

<sup>18</sup> Official Development Aid.

<sup>19</sup> Für die Auswahlkriterien für die zweite Runde von Pilotländern in 2014 siehe CIF, 2014.

<sup>20</sup> Sobald der Green Climate Fund Projekte finanziert, könnte argumentiert werden, dass eine neue globale Klimafinanzarchitektur effektiv ist.

anbieten, so dass ein weiteres Dutzend Projekte mobilisiert werden konnte. Am freiwilligen Markt sieht die Lage besser aus, aber auch hier fallen die Preise.

Im Bereich der dezentralen Stromversorgung zeigt sich, dass unter dem CDM wesentlich mehr Projekte im Bereich netzgebundene erneuerbare Stromerzeugung umgesetzt wurden und dementsprechend auch deutlich höhere Emissionsreduktionen erzielt werden. Dennoch gibt es eine nennenswerte Anzahl von Projekten im Bereich der dezentralen Stromversorgung unter dem CDM.

Im Bereich der Bewertung von Black Carbon und Organic Carbon stellt die in dieser Studie vorgestellte Gold Standard-Methode einen ersten Schritt für die Umsetzung von Projekten dar. Inwieweit diese Methode jedoch praktische Anwendung findet, wird sich erst in der Zukunft zeigen. Zudem bleibt kritisch zu sehen, dass in dieser Methode das GWP<sub>20</sub> anstelle des GWP<sub>100</sub> herangezogen wird. Auch wenn der anrechenbare Klimaschutzeffekt insbesondere bei Kochherdprojekten durch Einbeziehung der Black Carbon / Organic Carbon-Reduktion zunimmt, löst das nicht das Problem der mangelnden Nachfrage bzw. des zu niedrigen Preises. Die Berechnungen in dieser Studie weisen einen Anteil der BC/OC Emissionen von 10 bis 20% an den betrachteten Gesamtemissionen für Kochherde aus. Im Bereich der dezentralen Stromversorgung ist das zusätzliche Potential durch die Einbeziehung von SLCPs vernachlässigbar. Plakative Aussagen, wie

- über SLCP-Reduktion kann die Erwärmung um ein halbes Grad reduziert werden (vgl. World Bank 2013 und CCAC 2014), oder
- „BLACK CARBON - A Climate Factor Responsible for 20% of Global Warming“ (Gold Standard o.J.),

welche sich aktuell im Umlauf befinden, können damit nur zum Teil bestätigt werden und entsprechende pauschalisierte Aussagen sind kritisch zu hinterfragen. Auch wenn der Erwärmungseffekt von Black Carbon wissenschaftlich abgesichert erscheint und Minderungsmaßnahmen auf Grund der Kurzlebigkeit schnelle Wirkung zeigen, darf das nicht dazu führen, den langfristigen Effekt auf Grund der Kohlendioxidemissionen weniger intensiv durch entsprechende Emissionsminderungen zu bekämpfen (vgl. Allen 2015). Dies gilt umso mehr, da die finanziellen Mittel für Klimaschutzmaßnahmen gerade in der aktuellen Situation beschränkt sind. Bei der Betrachtung der Black Carbon-Emissionen ist die Berücksichtigung parallel auftretender Organic Carbon-Emissionen notwendig. Leider wird dieser Zusammenhang nicht in allen analysierten Studien berücksichtigt bzw. klar dargestellt.

Die Relevanz von Klimafinanzierungsmechanismen wie dem GCF für Projekte der Energiegrundversorgung ist – mit Ausnahme des SGP der GEF – bislang relativ niedrig. Allerdings gibt es bezüglich des GCF noch eine Chance, Projekte zur Energiegrundversorgung in den Kategorien für kleinere Projekte zu verwirklichen. Dies hängt stark von der Regelauslegung und der Frage ab, ob der GCF sich eher als Entwicklungsbank oder als Klimaschutzinstrument versteht. Ersteres würde vor dem Hintergrund der langjährigen Erfahrungen mit solchen Projekten in der Entwicklungszusammenarbeit die Rolle von Energiegrundversorgungsprojekten verstärken.

Das Pariser Klimaschutzabkommen kann je nach seiner Ausgestaltung die Finanzierungssituation für Projekte der Energiegrundversorgung signifikant beeinflussen. Wird es als Katalysator für eine weltweite Beteiligung am Klimaschutz gesehen, könnte die Nachfrage nach Minderungszertifikaten sowie die Zurverfügungstellung öffentlicher Klimafinanzierungsmittel deutlich ansteigen. Dient es einzig als Fassade für "business as usual", wird sich an der derzeitigen Situation nichts ändern. Leider deuten die bisher veröffentlichten Selbstverpflichtungen der Länder nicht auf das erste Szenario hin.

## 5. Literaturverzeichnis

AF (2011): Alignment of Project Objectives/Outcomes with Adaptation Fund Results Framework, abgerufen unter: <https://www.adaptation-fund.org/apply-funding/apply/project-proposal-materials/> (download: 06.08.2015)

AF (o.J.): Adaptation Fund Project/Programme Review Criteria, abgerufen unter: <https://www.adaptation-fund.org/wp-content/uploads/2015/03/Review-Criteria-5.12.pdf>, (download: 21.08.2015)

Allen, M. (2015): Short-Lived Promise? The Science and Policy of Cumulative and Short-Lived Climate Pollutants, Oxford Martin Policy Paper, University of Oxford, Oxford

Andreae, M. (1991): Biomass burning: its history, use, and distribution and its impact on environmental quality and global climate, in: Levine, J. (ed.): Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications, MIT Press, Cambridge, p. 3-21

Bailis, R.; Drigo, R.; Ghilardi, A.; Masera, O. (2015): The carbon footprint of traditional woodfuels, in: Nature Climate Change, 5, p. 266-272, and supplementary material, abgerufen unter <http://www.nature.com/nclimate/journal/v5/n3/extref/nclimate2491-s1.pdf>

Bond, T.; Streets, D.; Yarber, K.; Nelson, S.; Woo, J.-H.; Klimont, Z. (2004): A technology-based global inventory of black and organic carbon emissions from combustion, in: Journal of Geophysical Research, 109 DOI: 10.1029/2003JD003697

Bond, T., Doherty, S., Fahey, D., Forster, P., Berntsen, T., DeAngelo, B., Flanner, M., Ghan S., Kärcher, B., Koch, D., Kinne, D., Kondo, Y., Quinn, P., Sarofim, M., Schultz, M.G., Schulz, M., Venkataraman, C., Zhang, H., Zhang, S., Bellouin, N.; Guttikunda, S., Hopke, P., Jacobson, M., Kaiser, J., Klimont, Z., Lohmann, U., Schwarz, J., Shindell, D., Storelvmo, T., Warren, S., Zender, C. (2013): Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment, in: Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 118, p. 5380-5552

Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit (2015): Den Folgen des Klimawandels begegnen, abgerufen unter: [http://www.bmz.de/de/was\\_wir\\_machen/themen/klimaschutz/hintergrund/Folgen-des-Klimawandels-begegnen/index.html](http://www.bmz.de/de/was_wir_machen/themen/klimaschutz/hintergrund/Folgen-des-Klimawandels-begegnen/index.html) (download: 14.09.2015)

CCAC (2014): Time to act – to reduce short-lived climate pollutants

CIF (2015): Projects, abgerufen unter: <http://www-cif.climateinvestmentfunds.org/projects>, (download: 20.08.2015)

Ci-Dev (2015a): Request for ideas, abgerufen unter: <http://www.ci-dev.org/node/8>, (download: 03.09.2015)

Ci-Dev (2015b): Carbon Initiative for Development, abgerufen unter: <http://www.ci-dev.org/>, (download: 03.09.2015)

Ci-Dev (2013): Criteria for CI-Dev project selection, abgerufen unter: <http://www.ci-dev.org/sites/cidev/files/documents/Criteria%20for%20Ci-Dev%20Project%20Selection.pdf> (download: 03.09.2015)

CIF (2014): Criteria and process for selecting new pilot countries under the SREP, abgerufen unter: [https://www.climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/Criteria%20for%20new%20SREP%20pilot%20countries\\_final\\_2-26-2014.pdf](https://www.climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/Criteria%20for%20new%20SREP%20pilot%20countries_final_2-26-2014.pdf), (download: 21.08.2015)

CIF (2012): Revised SREP Results Framework, abgerufen unter: [http://www.climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/Revised\\_SREP\\_Results\\_Framework.pdf](http://www.climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/Revised_SREP_Results_Framework.pdf), (download: 21.08.2015)

CIF (2009): Design document for the Program on Scaling-up renewable energy in low income countries (SREP), a targeted program under the Strategic Climate Fund, abgerufen unter: [http://www.climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/SREP\\_design\\_Document.pdf](http://www.climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/SREP_design_Document.pdf), (download: 21.08.2015)

CIF (2008): Strategic Climate Fund, abgerufen unter: [http://climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/Strategic\\_Climate\\_Fund\\_final.pdf](http://climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/Strategic_Climate_Fund_final.pdf) (download: 20.08.2015)

CIMAC (2012): Background information on black carbon emissions from large marine and stationary diesel engines.

Ecofys (2015a): NAMA database, Improved cooking stoves, abgerufen unter: [http://www.nama-database.org/index.php/Improved\\_cooking\\_stoves](http://www.nama-database.org/index.php/Improved_cooking_stoves) (download: 14.08.2015)

Ecofys (2015b): NAMA database, Introduction 1000 MW of small biomass boilers in Serbia, abgerufen unter: [http://www.nama-database.org/index.php/Introduction\\_1000\\_MW\\_of\\_small\\_biomass\\_boilers\\_in\\_Serbia](http://www.nama-database.org/index.php/Introduction_1000_MW_of_small_biomass_boilers_in_Serbia) (download: 14.08.2015)

Ecofys (2015c): NAMA database, Off-grid non-conventional renewable energy, abgerufen unter: [http://www.nama-database.org/index.php/Off-grid\\_non-conventional\\_renewable\\_energy](http://www.nama-database.org/index.php/Off-grid_non-conventional_renewable_energy) (download: 13.08.2015)

Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y., Agrawala S., Bashmakov I. et al. (2014): Summary for policymakers, Working Group III contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5) Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Berlin

GEF (2013): Project type and programmatic approach, abgerufen unter: [https://www.thegef.org/gef/project\\_types](https://www.thegef.org/gef/project_types) (download: 31.07.2015)

GEF (2014): GEF-6 Programming directions, abgerufen unter: [https://www.thegef.org/gef/sites/thegef.org/files/webpage\\_attached/GEF6\\_programming\\_directions\\_final\\_0.pdf](https://www.thegef.org/gef/sites/thegef.org/files/webpage_attached/GEF6_programming_directions_final_0.pdf) (download: 20.08.2015)

Hamrick, K., Peters-Stanley, M., Gonzalez, G. (2015): Ahead of the curve: State of the voluntary carbon markets 2015, Ecosystem Marketplace, Bloomberg New Energy Finance, Washington



Hamrick, K. (2014): Cookstove Distribution Soars; Carbon Finance Now Top Funding Source, abgerufen unter: <http://www.ecosystemmarketplace.com/articles/cookstove-distribution-soars-carbon-finance-now-top-funding-source/>, (download: 14.09.2015)

IEA (2014): Trends in photovoltaic applications, Report IEA-PVPS T1-25:2014, Paris

IGES (2015a): IGES IGES IGES CDM Project Database, <http://enviroscope.iges.or.jp/modules/envirolib/view.php?docid=968>, (download: 5.09.2015)

IGES (2015b): IGES CDM Programme of Activities (PoA) Database, <http://enviroscope.iges.or.jp/modules/envirolib/view.php?docid=2656>, (download: 5.09.2015)

IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy

IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge

IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge

Johnson, M.; Bond, T.; Lam, N.; Weyant, C.; Chen, Y.; Ellis, J.; Modi, V.; Joshi, S.; Yagnaraman, M.; Pennise, D. (2011): In-Home Assessment of Greenhouse Gas and Aerosol Emissions from Biomass Cookstoves in Developing Countries, USAID, Washington

Karekezi, S.; Kimana, J.; Onguru, O.; Kithyoma, W. (2009): Large Scale Hydropower, Renewable Energy and Adaptation to Climate Change: Climate Change and Energy Security in East and Horn of Africa, Heinrich Böll Stiftung, Berlin

Köhler, M.; Michaelowa, A. (2013): Saved health, saved wealth: an approach to quantifying the benefits of climate change adaptation, GIZ, Eschborn

Locatelli, B., Pramova, E. (2015): Forests and Adaptation To Climate Change: What is at Stake?, World Resources Institute (WRI), abgerufen unter: <http://www.wri.org/our-work/project/world-resources-report/forests-and-adaptation-climate-change-what-stake> (download: 20.08.2015)

Lucas, M. (2013): Energiekonsum und Umweltänderungen im ländlichen China: Fallbeispiele aus drei Landkreisen in Zentralchina (Pingyi), in der Inneren Mongolei (Zhenglanqi) und in Tibet (Taktse), Aachen

Macknick, J.; Newmark, R.; Heath, G.; Hallet, K. (2009): A Review of Operational Water Consumption and Withdrawal Factors for Electricity Generating Technologies, National Renewable Energy Laboratory, Technical Report NREL/TP-6A20-50900, Golden

Markit (2015): Registry public view, abgerufen unter: [https://mer.markit.com/br-reg/public/index.jsp?entity=project&name=stove&standardId=&unitClass=&sort=project\\_name&dir=ASC&start=0](https://mer.markit.com/br-reg/public/index.jsp?entity=project&name=stove&standardId=&unitClass=&sort=project_name&dir=ASC&start=0) (download: 20.08.2015)

Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M. Collins, W. Fuglestedt, J. Huang, J. Koch, D., Lamarque, J.-F. Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A. Stephens, G., Takemura, T., Zhang, H. (2013):

Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. Supplementary Material to Chapter 8 of Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, abgerufen unter: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/supplementary/WG1AR5\\_Ch08SM\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/supplementary/WG1AR5_Ch08SM_FINAL.pdf)

NAMA Facility (2014): General information document, abgerufen unter: [http://unfccc.int/files/focus/mitigation/application/pdf/nama\\_facility\\_general\\_information\\_document\\_april2014.pdf](http://unfccc.int/files/focus/mitigation/application/pdf/nama_facility_general_information_document_april2014.pdf) (download: 13.08.2015)

NAMA Facility (2015): Burkina Faso biomass energy NAMA support project, abgerufen unter: <http://www.nama-facility.org/projects/burkina-faso.html> (download: 13.08.2015)

NEFCO (2014): Joint call for proposals for the NEFCO Norwegian Carbon Procurement Facility (NorCaP) and the NEFCO Carbon Fund (NeCF), abgerufen unter: <http://www.nefco.org/sites/nefco.viestinta.org/files/Letter%20of%20Invitation%20Final%207%2010%202014.pdf> (download: 03.09.2015)

NEFCO (no date): NEFCO Norwegian Carbon Procurement Facility (NorCap), abgerufen unter: [http://www.nefco.org/sites/nefco.viestinta.org/files/NorCap\\_screen.pdf](http://www.nefco.org/sites/nefco.viestinta.org/files/NorCap_screen.pdf), (download: 03.09.2015)

Noble, I., Huq, S., Anokhin, Y., Carmin, J., Goudou, D., Lansigan, F., Osman-Elasha, B., Villamizar A. (2014): Adaptation needs and options. In: Field, C., Barros, V., Dokken, D., Mach, K., Mastrandrea, M., Bilir, T., Chatterjee, M., Ebi, K., Estrada, Y., Genova, R., Girma, B., Kissel, E., Levy, A., MacCracken, White L. (eds.): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, p. 833-868.

PAF (2015): About the PAF, abgerufen unter: <http://www.pilotauctionfacility.org/content/about-paf> (download: 03.09.2015)

Point Carbon (2013): Sweden to buy 500,000 CO<sub>2</sub> credits from Uganda cookstove project, abgerufen unter: <http://www.climatewedge.com/download/ReutersPointCarbon-SEA-UpEnergy.pdf>, (download: 09.10.2015)

Putti, V.; Tsan, M.; Mehta, S.; Kammila, S. (2015): The state of the global clean and improved cooking sector, Energy Sector Management Assistance Program, Global Alliance for Clean Cookstoves, The World Bank, Washington

SGP (2015a): Projects, abgerufen unter: [https://sgp.undp.org/index.php?option=com\\_sgpprojects&view=projects&Itemid=154](https://sgp.undp.org/index.php?option=com_sgpprojects&view=projects&Itemid=154), (download: 20.08.2015)

SGP (2015b): Where we work, abgerufen unter: [https://sgp.undp.org/index.php?option=com\\_countrypages&view=countrypages&Itemid=152](https://sgp.undp.org/index.php?option=com_countrypages&view=countrypages&Itemid=152), (download: 20.08.2015)

SGP (2015c): How to apply, abgerufen unter: [https://sgp.undp.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=94&Itemid=160#.VdXlrZcanIU](https://sgp.undp.org/index.php?option=com_content&view=article&id=94&Itemid=160#.VdXlrZcanIU), (download: 20.08.2015)

Swedish Energy Agency (2014): The Swedish Energy Agency supports Improved cookstoves in Africa, abgerufen unter: <https://www.energimyndigheten.se/en/About-us/Press-/Press-releases/The-Swedish-Energy-Agency-supports-Improved-Cookstoves-in-Africa/> (download 14.09. 2015)

Shindell, D.; Kuylenstierna, J.; Vignati, E.; van Dingenen, R.; Amann, M.; Klimont, Z.; Anenberg, S., Muller, N.; Janssens-Maenhout, G.; Raes, F.; Schwartz, J.; Faluvegi, G.; Pozzoli, L.; Kupiainen, K.; Höglund-Isaksson, L.; Emberson, L.; Streets, D.; Ramanathan, V.; Hicks, K.; Oanh, K.; Milly, G.; Williams, M.; Demkine, V.; Fowler, D. (2012): Simultaneously Mitigating Near-Term Climate Change and Improving Human Health and Food Security, in: Science, 335, p. 183-189

UNEP (2011): Near-term Climate Protection and Clean Air Benefits: Actions for Controlling Short-Lived Climate Forcers, United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya

UNEP DTU (2015): CDM Pipeline spreadsheet, abgerufen unter: <http://www.cdmpipeline.org/cdm-projects-region.htm#1>, (download: 21.08.2015)

UNFCCC (2006): Definition of renewable biomass, Annex 18, EB 23, Bonn

UNFCCC (2014a): AMS-III.BG: Emission reduction through sustainable charcoal production and consumption, Version 3.0, Bonn

UNFCCC (2014b): Mitigation – NAMAs, Nationally Appropriate Mitigation Actions, abgerufen unter: <http://unfccc.int/focus/mitigation/items/7172.php>, download (14.08.2015)

UNFCCC (2015a): NS-159- Efficient cookstoves, abgerufen unter: [http://www4.unfccc.int/sites/nama/\\_layouts/un/fccc/nama>NamaSeekingSupportForPreparation.aspx?ID=92&viewOnly=1](http://www4.unfccc.int/sites/nama/_layouts/un/fccc/nama>NamaSeekingSupportForPreparation.aspx?ID=92&viewOnly=1), (download: 13.08.2015)

UNFCCC (2015b): NS-199- Rural electrification with renewable energy in The Gambia, abgerufen unter: [http://www4.unfccc.int/sites/nama/\\_layouts/un/fccc/nama>NamaSeekingSupportForPreparation.aspx?ID=126&viewOnly=1](http://www4.unfccc.int/sites/nama/_layouts/un/fccc/nama>NamaSeekingSupportForPreparation.aspx?ID=126&viewOnly=1), (download: 13.08.2015)

UNFCCC (2015c): Programme of Activities- registered, abgerufen unter: <https://cdm.unfccc.int/ProgrammeOfActivities/registered.html> (download: 21.08.2015)

UNFCCC (o.J.): Default values of fraction of non-renewable biomass, abgerufen unter: <https://cdm.unfccc.int/DNA/fNRB/index.html> (download: September 2015)

United Nations (1998): Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn

US EPA (2012): Report to Congress on Black Carbon, Washington

Warnecke, C., Day, T., Klein, N. (2015): Analysing the status quo of CDM projects, abgerufen unter: [https://newclimateinstitute.files.wordpress.com/2015/05/cdm\\_evaluation\\_mainreport\\_2015.pdf](https://newclimateinstitute.files.wordpress.com/2015/05/cdm_evaluation_mainreport_2015.pdf), (download: 21.08.2015)

Wood, E. (2012): Hurricane Sandy Uncovers Strength and Simplicity of Renewable Energy Systems, Renewable Energy World; abgerufen unter: <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2012/11/hurricane-sandy-uncovers-strength-and-simplicity-of-renewable-energy-systems.html> (download: 15.09.2015)

World Bank (2011): Household cookstoves, environment, health, and climate change, a new look at an old problem, Washington

World Bank (2013): Integration of short-lived climate pollutants in World Bank activities, Washington

World Bank (2015): The state of the global clean and improved cooking sector, Washington

World Bank, International Cryosphere Climate Initiative (2013): On thin ice – How Cutting Pollution Can Slow Warming and Save Lives, Washington

## Anhang A: Überblick über die Systematik klimawirksamer Substanzen

### Treibhausgase unter dem Kyoto Protokoll

Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)

Methane (CH<sub>4</sub>)

Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O)

Hydrofluorocarbons (HFCs)

Perfluorocarbons (PFCs)

Sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>)

Quelle: United Nations 1998, Annex A

### IPCC Systematik

	Emitted compound	Resulting atmospheric drivers
Well-mixed greenhouse gases	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O <sup>str</sup> , O <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub>
	Halocarbons <sup>21</sup>	O <sub>3</sub> , CFCs, HCFCs
	N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O
	HFCs <sup>22</sup> , PFCs, SF <sub>6</sub>	diverse
Short lived gases and aerosols	CO	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , O <sub>3</sub>
	NMVOC	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , O <sub>3</sub>
	NOx	Nitrate, CH <sub>4</sub> , O <sub>3</sub>
	Aerosols and precursors (Mineral dust, SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , Organic carbon and Black carbon)	Mineral dust, Sulphate, Nitrate, Organic carbon, Black carbon
		Cloud adjustments due to aerosols

Quelle: IPCC 2013, S. 14 und 57

#### **Erläuterung zu den Substanzen:**

CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CH <sub>4</sub>	Methan
H <sub>2</sub> O <sup>str</sup>	Wasser (Wasserdampf), in der Stratosphäre
O <sub>3</sub>	Ozon
CFCs	Fluorchlorkohlenstoffe
HCFCs	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
N <sub>2</sub> O	Distickstoffmonoxid
HFCs	Fluorkohlenwasserstoffe
PFCs	Per-fluorierte Verbindungen
SF <sub>6</sub>	Schwefelhexafluorid
CO	Kohlenmonoxid
NMVOC	Nicht-Methan flüchtige organische Verbindungen
NOx	Stickoxide
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
NH <sub>3</sub>	Ammoniak

<sup>21</sup> Einige wenige Verbindungen in dieser Gruppe sind kurzlebig. (IPCC 2013, S. 1397)

<sup>22</sup> Einige wenige Verbindungen in dieser Gruppe sind kurzlebig. (IPCC 2013, S. 1397)

## US EPA Systematik / Terminologie

<b>Substanz:</b>	<b>Kurzform:</b>	<b>Beschreibung:</b>
Black Carbon	BC	BC is a solid form of mostly pure carbon that absorbs solar radiation (light) at all wavelengths. BC is the most effective form of PM, by mass, at absorbing solar energy, and is produced by incomplete combustion.
Organic carbon	OC	OC generally refers to the mix of compounds containing carbon bound with other elements like hydrogen or oxygen. OC may be a product of incomplete combustion, or formed through the oxidation of VOCs in the atmosphere. Both primary and secondary OC possess radiative properties that fall along a continuum from light-absorbing to light-scattering.
Brown carbon	BrC	BrC refers to a class of OC compounds that absorb ultraviolet (UV) and visible solar radiation. Like BC, BrC is a product of incomplete combustion.
Carbonaceous PM		Carbonaceous PM includes BC and OC. Primary combustion particles are largely composed of these materials.
Light absorbing carbon	LAC	Light absorbing carbon consists of BC plus BrC.
Soot		Soot, a complex mixture of mostly BC and OC, is the primary light-absorbing pollutant emitted by the incomplete combustion of fossil fuels, biofuels, and biomass.
<i>Quelle: US EPA 2012, S. 21</i>		

## CCAC/UNEP SLCP Systematik

<b>Substanz:</b>	<b>Kurzform:</b>	<b>Beschreibung:</b>
Black Carbon	BC	Black carbon is a major component of soot and is produced by incomplete combustion of fossil fuel and biomass. It is emitted from various sources including diesel cars and trucks, residential stoves, forest fires, agricultural open burning and some industrial facilities. It has a warming impact on climate 460-1500 times stronger than CO <sub>2</sub> . Its lifetime varies from a few days to a few weeks. When deposited on ice and snow, black carbon causes both atmospheric warming and an increase of melting rate. It also influences cloud formation and impacts regional circulation and rainfall patterns. In addition, black carbon impacts human health. It is a primary component of particulate matter in air pollution that is the major environmental cause of premature death globally.
Methane	CH <sub>4</sub>	Methane (CH <sub>4</sub> ) is a greenhouse gas that is over 20 times more potent than CO <sub>2</sub> , and has an atmospheric lifetime of about 12 years. It is produced through natural processes (i.e. the decomposition of plant and animal waste), but is also emitted from many man-made sources, including coal mines, natural gas and oil systems, and landfills. Methane directly influences the climate system and also has indirect impacts on human health and ecosystems, in particular through its role as a precursor of tropospheric ozone.
Tropospheric Ozone	O <sub>3</sub>	Tropospheric or ground level ozone (O <sub>3</sub> ) is the ozone present

		in the lowest portion of the atmosphere (up to 10-15 km above the ground). It is responsible for a large part of the human enhancement of the global greenhouse effect and has a lifetime of a few days to a few weeks. It is not directly emitted but formed by sunlight-driven oxidation of other agents, called ozone precursors, in particular methane (CH <sub>4</sub> ) but also carbon monoxide (CO), non-methane volatile organic compounds (NMVOCs) and nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> ). Tropospheric ozone is a harmful pollutant that has detrimental impacts on human health and plants and is responsible for important reductions in crop yields
Hydrofluorocarbons	HFCs	HFCs are man-made greenhouse gases used in air conditioning, refrigeration, solvents, foam blowing agents, and aerosols. Many HFCs remain in the atmosphere for less than 15 years. Though they represent a small fraction of the current total greenhouse gases (less than one percent), their warming impact is particularly strong and, if left unchecked, HFCs could account for nearly 20 percent of climate pollution by 2050.
<p>Quelle: <i>Climate &amp; Clean Air Coalition to reduce short-lived climate pollutants.</i></p> <p>Website: <a href="http://www.unep.org/ccac/Short-LivedClimatePollutants/Definitions/tabid/130285">http://www.unep.org/ccac/Short-LivedClimatePollutants/Definitions/tabid/130285</a></p>		

## Anhang B: Überblick über verfügbare Methoden zur Quantifizierung

Dieser Anhang enthält einen Überblick über gängige Methoden für den Bereich Kochenergie (❶) bzw. dezentrale Stromversorgung (❷). Dabei werden CDM als auch GS Methoden betrachtet. Der Überblick erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die CDM Methoden können auf der Webseite <https://cdm.unfccc.int/methodologies/SSCmethodologies/approved> eingesehen werden, die GS Methoden unter <http://www.goldstandard.org/resources/energy-requirements>.

Angaben in Spalte 1: Mechanismus (CDM oder GS) Anwendung (❶=Kochenergie, ❷=dezentrale Stromversorgung, ❸=andere Bereiche) ❶=primärer Fokus, ❷=sekundärer Fokus Klimawirksame Substanzen, welche in der Methode Berücksichtigung finden	
CDM ❶ ❷ CO <sub>2</sub>	Auch wenn die CDM small-scale Methode <b>AMS-I.C. "Thermal energy production with or without electricity"</b> (Version 20.0) nicht primär auf die Nutzung im Bereich Kochenergie abzielt, existieren einige Kochenergie-Projekte, welche diese Methode anwenden. Dabei findet sich die Methode insbesondere in Kombination mit Biogasprojekten auf Haushaltsebene. Ansonsten wenden zahlreiche Projekte der solaren Warmwasserbereitung diese Methode an. Primär geht es um die Nutzung erneuerbarer Energiequellen wie Sonnenenergie oder Biomasse/Biogas. Da Kraft-Wärme-Kopplung erlaubt ist, kann ebenfalls Strom erzeugt werden. Für Systeme geringer Größe (Kapazität) wird für die Berechnung der <b>Emissionsreduktion</b> der Output an thermischer Energie durch die Effizienz des Baseline-Systems geteilt und mit einem (CO <sub>2</sub> -)Emissionsfaktor des fossilen Brennstoffs multipliziert der in der Baseline-Situation genutzt wurde bzw. würde. Das <b>Monitoring</b> umfasst neben der Bestimmung der erzeugten Energie zahlreiche Parameter, die je nach Art und Umfang der Projekte relevant sind.
CDM ❶ CO <sub>2</sub>	Die CDM small-scale Methode <b>AMS-I.E. "Switch from non-renewable biomass for thermal applications by the user"</b> (Version 6.0) ist eine der zentralen Methoden für den Bereich Kochenergie. Es geht um den Ersatz von nicht-erneuerbarer Biomasse durch erneuerbare Energiequellen. Neben Kochherden fallen auch Trinkwasserbereitungssysteme in den Anwendungsbereich der Methode. Erneuerbare Energiequellen sind typischer Weise Sonnenenergie oder erneuerbare Biomasse bzw. Biogas. Die Methode nimmt Bezug auf den Anteil nicht-erneuerbare Biomasse bei der Feuerholznutzung eines Landes und verweist hierbei als Option auf die landesspezifischen Standardwerte, welche unter dem CDM veröffentlicht sind ( <a href="https://cdm.unfccc.int/DNA/fNRB/index.html">https://cdm.unfccc.int/DNA/fNRB/index.html</a> ). Die <b>Emissionsreduktion</b> wird mit Hilfe eines Emissionsfaktors von 81.6 t CO <sub>2</sub> /TJ berechnet, welcher für einen theoretisch angenommenen Brennstoffmix fossiler Energieträger steht. Er basiert lediglich auf dem Ausstoß von Kohlendioxid, welches bei der Verbrennung entstehen würde. Der zu



	Grunde liegende Brennstoffverbrauch kann aus historischen Daten oder durch Stichproben bestimmt werden. Das <b>Monitoring</b> umfasst eine Prüfung der verteilten Kochherde auf Funktion. Auf Grund der Vielzahl von Kochherden welche unter dieser Methode verteilt werden können, sind Stichprobenverfahren zulässig.
CDM ① CO <sub>2</sub>	Die CDM small-scale Methode <b>AMS-I.I. "Biogas/biomass thermal applications for households/small users"</b> (Version 4.0) zielt speziell auf den Einsatz von vielen aber kleinen Kochherden und anderen Applikationen ab, bei denen Biogas bzw. Biomasse verwendet wird. Insgesamt ist sie aber vom Grundsatz ähnlich der AMS-I.C. aufgebaut.
CDM ① CO <sub>2</sub>	Die CDM small-scale Methode <b>AMS-I.K. "Solar cookers for households"</b> (Version 1.0) lässt sich ebenso wie die Methode AMS-I.I. als Variante der Methode AMS-I.C. verstehen.
CDM ① CO <sub>2</sub>	Die CDM small-scale Methode <b>AMS-II.G. "Energy efficiency measures in thermal applications of non-renewable biomass"</b> (Version 7.0) ist die zweite CDM Methode, welche sich insbesondere dem Thema Kochherde widmet. Anstelle einem "Brennstoffwechsel", wie er Bestandteil der AMS-I.E. ist, geht es hier um die Effizienzsteigerung der Kochherde und andere Applikationen. Auf diese Weise wird dann der Verbrauch von nicht-erneuerbarer Biomasse reduziert. Die <b>Emissionsreduktion</b> , welche sich aus der Brennstoffeinsparung ergibt, wird dann analog der AMS-I.E. mit einem Emissionsfaktor von 81.6 t CO <sub>2</sub> /TJ berechnet, welcher den angenommenen fossilen Brennstoffmix repräsentiert. Das <b>Monitoring</b> wird hier im Vergleich zur AMS-I.E. im Wesentlichen um die Bestimmung der Effizienz der Kochherden erweitert.
CDM ① ③ CH <sub>4</sub>	Die CDM large-scale Methode <b>ACM0021 "Reduction of emissions from charcoal production by improved kiln design and/or abatement of methane"</b> (Version 1.0.0) kann für die Methanreduktion bei der Produktion von Holzkohle herangezogen werden. Nicht vermiedene Methanemissionen aus dem Herstellungsprozess sowie CO <sub>2</sub> Emissionen aus zusätzlichem Strom- oder Brennstoffverbrauch sind als Projektemissionen zu berücksichtigen.
CDM ① ③ CH <sub>4</sub>	Die CDM small-scale Methode <b>AMS-III.K. "Avoidance of methane release from charcoal production"</b> (Version 5.0) definiert vergleichbar zur ACM0021 die Grundlage für die Methanvermeidung für small-scale Projekte. Nicht vermiedene Methanemissionen aus dem Herstellungsprozess sowie CO <sub>2</sub> Emissionen aus zusätzlichem Strom- oder Brennstoffverbrauch sind als Projektemissionen zu berücksichtigen.
CDM ① ③ CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub>	Die CDM small-scale Methode <b>AMS-III.BG. "Emission reduction through sustainable charcoal production and consumption"</b> (Version 3.0) kombiniert Emissionsreduktionen aus dem Ersatz nicht-erneuerbarer Biomasse durch erneuerbare Biomasse sowie die Reduktion von Methanemissionen beim Herstellungsprozess von Holzkohle. Es wird ein Standardwert von 0,030 t Methan/t Holzkohle für die Baseline Holzkohleproduktion definiert. Nicht vermiedene Methanemissionen aus dem

	Herstellungsprozess sowie CO <sub>2</sub> Emissionen aus zusätzlichem Strom- oder Brennstoffverbrauch sind als Projektemissionen zu berücksichtigen.																		
GS ① CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	Die Gold Standard Methode „ <b>Simplified Methodology for Efficient Cookstoves</b> “ hat im Wesentlichen den gleichen Umfang wie die CDM Methode AMS-II.G. Es kommt jedoch ein anderer Ansatz für die Berechnung der <b>Emissionsreduktion</b> zur Anwendung. Es wird kein Emissionsfaktor auf der Basis eines theoretischen fossilen Brennstoffmix herangezogen, sondern ein Standardwert von 1,747 tCO <sub>2</sub> /t Feuerholz für die CO <sub>2</sub> -Emissionen sowie von 0,455 tCO <sub>2</sub> /t Feuerholz für die nicht-CO <sub>2</sub> -Emissionen auf der Basis von IPCC (2006). Als Folge ergeben sich hier höhere Emissionsreduktionen als unter dem CDM.																		
GS ① CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	Die Gold Standard Methode „ <b>Die Technologies and Practices to Displace Decentralized Thermal Energy Consumption</b> “ ist ebenfalls für Kochherde anwendbar und folgt dem gleichen Ansatz hinsichtlich der Emissionfaktoren. Es wird zwischen einem CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktor und einem Nicht-CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktor für die Berechnung der <b>Emissionsreduktionen</b> unterschieden. Die entsprechenden Werte sind brennstoffspezifisch anzusetzen. Besondere Bedeutung hat diese Methode, da die Gold Standard Methode zum Thema Black Carbon an diese Methode gekoppelt ist.																		
GS ① BC OC CO NO <sub>x</sub> NMVOC SO <sub>4</sub>	<p>Die Gold Standard Methode „<b>Quantification of climate related emission reductions of Black Carbon and Co-emitted Species due to the replacement of less efficient cookstoves with improved efficiency cookstoves</b>“ geht über die Bestimmung der üblichen Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) hinaus. Es werden folgende Substanzen berücksichtigt: BC, OC, CO, NO<sub>x</sub>, NMVOCs und SO<sub>2</sub>. Diese werden als „Black Carbon and co-emitted species“ zusammengefasst und in der Einheit kg BCE angegeben. Die Berechnung der <b>Emissionsreduktion</b> basiert auf der Differenz der Emissionen in der Projektsituation und der Baselinesituation. Die jeweilige Gesamtemission ergibt sich aus einem Emissionsfaktor (g der Substanz emittiert pro kg eingesetzter Brennstoff) welcher über das <b>Monitoring</b> bestimmt werden muss, dem Gesamtbrennstoffverbrauch und einen Faktor, mit dem die verschiedenen Substanzen auf den Summenparameter überführt werden. Diese Faktoren basieren wiederum auf dem GWP<sub>20</sub> nach IPCC (2013) und folgende Werte wurden vorgesehen:</p> <table border="1" data-bbox="338 1630 1385 1854"> <thead> <tr> <th>Species</th> <th>GWP_20 (IPCC, 2013)<sup>3</sup></th> <th>f<sub>eq,x</sub> (i.e., GWP<sub>species,x</sub>/GWP<sub>BC</sub>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BC</td> <td>2421</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>OC</td> <td>-244</td> <td>-0.100</td> </tr> <tr> <td>CO</td> <td>5.9</td> <td>0.002</td> </tr> <tr> <td>VOCs</td> <td>14</td> <td>0.006</td> </tr> <tr> <td>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></td> <td>-141</td> <td>-0.058</td> </tr> </tbody> </table> <p>Quelle Gold Standard (2013, S.7)</p> <p>Im Vergleich zu „herkömmlichen“ Kochherd-Methoden, ist auf Grund der notwendigen Laboranalysen bzw. Feldtests von einem höheren Monitoringaufwand auszugehen.</p> <p>Im Rahmen der Methode werden keine Verified Emission Reductions (VERs) berechnet</p>	Species	GWP_20 (IPCC, 2013) <sup>3</sup>	f <sub>eq,x</sub> (i.e., GWP <sub>species,x</sub> /GWP <sub>BC</sub> )	BC	2421	1.000	OC	-244	-0.100	CO	5.9	0.002	VOCs	14	0.006	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	-141	-0.058
Species	GWP_20 (IPCC, 2013) <sup>3</sup>	f <sub>eq,x</sub> (i.e., GWP <sub>species,x</sub> /GWP <sub>BC</sub> )																	
BC	2421	1.000																	
OC	-244	-0.100																	
CO	5.9	0.002																	
VOCs	14	0.006																	
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	-141	-0.058																	

	sondern „Black Carbon Equivalent (BCE) Emission Reductions“. Eine direkter Vergleich bzw. eine Umrechnung in VERs ist damit nicht möglich bzw. vorgesehen.
CDM ② CO <sub>2</sub>	Die CDM small-scale Methode <b>AMS-I.A. “Electricity generation by the user”</b> (Version 16) für den Bereich <b>dezentrale Stromversorgung</b> zielt auf die Stromversorgung von Haushalten ab, die bisher keinen Anschluss an das Stromnetz haben. Eingesetzte Technologien können Sonnen-, Wasser- oder Windenergie sowie Biomasse sein. Sowohl die Errichtung neuer Anlagen (Greenfield) oder der Ersatz von bestehenden Systemen, welche fossile Brennstoffe einsetzen, ist möglich. Basierend auf dem Stromverbrauch der angeschlossenen Konsumenten oder auf der produzierten Strommenge, korrigiert mit den Leitungs- und Verteilungsverlusten welche bei einem dieselgeneratorbasierten „Mini-Netz“ entstehen würden, wird ein Emissionsfaktor von 0.8 kg CO <sub>2</sub> e/kWh als Standardwert für die Berechnung der <b>Emissionsreduktion</b> angesetzt. Alternativ können die Werte der CDM Methode AMS-I.F., Tabelle 2 herangezogen werden, wenn eine Begründung vorliegt. Als CDM Methode finden hier Black Carbon / Organic Carbon Emissionen keine Berücksichtigung. Grundlage für die Berechnung ist bei dieser Methode lediglich die CO <sub>2</sub> Emission, welche sich aus der Verbrennung von Diesel ableitet. Für das <b>Monitoring</b> ist neben einer Prüfung auf Funktion aller Komponenten die Strommenge entsprechend zu bestimmen sowie im Falle von Biomassenutzung, die Brennstoffverbräuche.
CDM ② CO <sub>2</sub>	Die CDM small-scale Methode <b>AMS-I.F. “Renewable electricity generation for captive use and mini-grid”</b> (Version 3.0) ist ähnlich der Methode AMS-I.A. aufgebaut, würde jedoch auch Situationen zulassen, in denen Konsumenten mit Strom versorgt werden, die an ein nationales oder regionales Stromnetz angeschlossen sind. Auf der Grundlage der Stromproduktion und entsprechenden Emissionsfaktoren wird die <b>Emissionsreduktion</b> berechnet. Tabelle 2 der Methode enthält die entsprechenden Werte, welche auch für die Methode AMS-I.A. genutzt werden können. Der Standardwert liegt bei 0.8 kg CO <sub>2</sub> e/kWh. Je nach Situation kann ein Wert von bis zu 2,4 kg CO <sub>2</sub> e/kWh herangezogen werden. Analog der Methode AMS-I.A. findet nur CO <sub>2</sub> Berücksichtigung. Für das <b>Monitoring</b> werden die Stromproduktion sowie jeweilige Brennstoffverbräuche bestimmt. Zusätzlich enthält die Methode in Tabelle 3 eine Übersicht, für welche Fälle die CDM Methoden AMS-I.A., AMS-I.D. und AMS-I.F. anwendbar sind.
CDM ②③ CO <sub>2</sub>	Die <b>CDM</b> small-scale Methode <b>AMS-I.B. “Mechanical energy for the user with or without electrical energy”</b> (Version 12.0) zielt auf die Bereitstellung von mechanischer Energie für Haushalte und andere Verbraucher ab, erlaubt aber die gleichzeitige Produktion von Strom. Ein typisches Projekt wäre die Installation von solar oder windbetriebenen Wasserpumpen oder Maschinen. Es wird angenommen, dass die mechanische Energie ansonsten über Dieselmotoren erzeugt würde. Entsprechend wird die <b>Emissionsreduktion</b> analog der Methoden AMS-I.A. und AMS-I.F. über die CO <sub>2</sub>

	<p>Emissionen aus der Verbrennung von Diesel bestimmt. Emissionen aus Strom oder fossilen Brennstoffen, welche im Projekt eingesetzt werden, werden entsprechend als Projektemission behandelt. Ebenso werden Emissionen aus dem Anbau von Biomasse (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O), falls solcher stattfindet, berücksichtigt und entsprechende Parameter für das <b>Monitoring</b> bestimmt.</p>
<p>CDM ② CO<sub>2</sub></p>	<p>Die <b>CDM</b> small-scale Methode <b>AMS-I.L. “Electrification of rural communities using renewable energy”</b> (Version 3.0) dient zur erneuerbaren Stromerzeugung bzw. zum Ausbau von „Mini-Netzen“ welche ausschließlich von erneuerbaren Energiequellen gespeist werden für Kommunen, welche nicht an das nationale bzw. an ein regionales Stromnetz angeschlossen sind. Dabei müssen 75% der Konsumenten Haushalte sein. Als Baseline werden fossile Systeme (Dieselgeneratoren oder auch Kerzen/Petroleumlampen) angenommen. Zur Berechnung der <b>Emissionsreduktion</b> wird die im Projekt erzeugte Strommenge mit Emissionsfaktoren multipliziert. Dabei sind die folgenden Standardwerte anzusetzen: bis zu den ersten 55kWh pro Jahr und Verbraucher 6,8 kg CO<sub>2</sub>/kWh, für den darauf folgenden Verbrauch bis 250 kWh 1,3 kg CO<sub>2</sub>/kWh und für den Verbrauch über 250 kWh 1,0 CO<sub>2</sub>/kWh. Für das <b>Monitoring</b> ist unter anderem der Stromverbrauch nach Konsumententyp (Haushalt bzw. nicht-Haushalt) zu bestimmen.</p>

## Anhang C: Auswahl quantitativer Angaben zur Klimaauswirkung

Emissions of well-mixed GHGs and SLCFs from woodfuels are 1.0–1.2 Gt CO<sub>2</sub>e / year.

100 million improved stoves could reduce this by 11–17%.

Quelle: *Bailis et al. 2015, S. 269 und 266*

Traditional solid fuel stoves and open cooking fires account for over 1,500 Gg of black carbon, which represents 20% of global black carbon emissions.

Quelle: *World Bank 2015, S. 24*

Emission factors of GHGs and SLCFs from woodfuel combustion and charcoal pyrolysis:

g-pollutant per kg dry fuel <sup>a</sup>		CO <sub>2</sub> <sup>b</sup>	CO <sup>b</sup>	CH <sub>4</sub> <sup>b</sup>	NMHC <sup>b</sup>	NO <sub>x</sub> <sup>c</sup>	N <sub>2</sub> O <sup>c</sup>	BC <sup>d</sup>	OC <sup>d</sup>
Fuelwood combustion	3 Stone wood fire - minimally tended	1584	57.4	2.0	7.8			0.9	1.5
	Natural draft insulated "rocket" stove – 1	1748	41.3	1.3	8.0			0.6	1.2
	Natural draft insulated "rocket" stove – 2	1866	38.9	2.2	10.5			0.6	1.2
	Forced draft fan stove	1902	10.6	0.3	1.9			0.1	0.2
Charcoal pyrolysis	Kenyan earth-mound kiln	1802	223.0	44.6	93.0	0.1	0.2		
	Brazilian rectangular metal kiln	543	162.0	36.5	27.3	0.0	0.01		
	Brazilian "hot-tail" kiln	1382	324.0	47.6	109.6	0.0	0.05		
Charcoal end-use	Metal "jiko"	2857	195.9	8.9	20.3			0.2	1.5
	Ceramic "jiko"	2724	192.0	8.2	12.6			0.2	1.5
	StoveTec Charcoal stove	3580	176.8	4.6	18.7			0.2	1.5

*Bailis et al. 2015, Supplementary information, Tabelle 12, S. 41*

**Table 1.** Black Carbon Climate Forcing Terms, Evaluated for Industrial Era (1750–2005) Unless Otherwise Stated

Climate Forcing Term	Forcing Components	Forcing ( $\text{W m}^{-2}$ )
		(90% Uncertainty Range)
Black carbon direct effect	Atmosphere absorption and scattering	+0.71 (+0.09 to +1.26)
Direct radiative forcing split	Fossil fuel sources	+0.29
	Bio fuel sources	+0.22
	Open burning sources	+0.20
Black carbon cloud semi-direct and indirect effects	Combined liquid cloud and semi-direct effect	-0.2 (-0.61 to +0.10)
	Black carbon in cloud drops	+0.2 (-0.1 to +0.9)
	Mixed phase cloud	+0.18 (+0.0 to +0.36)
	Ice clouds	0.0 (-0.4 to +0.4)
Black carbon in snow and sea-ice effects	Combined cloud and semi-direct effects	+0.23 (-0.47 to +1.0)
	Snow effective forcing	+0.10 (+0.014 to +0.30)
	Sea-ice effective forcing	+0.03 (+0.012 to +0.06)
Total climate forcings <sup>a</sup>	Combined surface forcing terms	+0.13 (+0.04 to 0.33)
	Black carbon only (all terms)	+1.1 (0.17 to +2.1)
	Net effect of black carbon + co-emitted species:	
All source (includes pre-industrial) forcings	All sources	-0.06 (-1.45 to +1.29)
	Excluding open burning	+0.22 (-0.50 to +1.08)
	Direct radiative forcing	+0.88 (+0.18 to +1.47)
	Snow pack effective forcing	+0.12 (+0.02 to +0.36)
	Sea-ice effective forcing	+0.036 (+0.016 to +0.068)

Quelle: Bond et al. 2013, Tabelle 1, S 5386

(Regional) Decrease in radiative forcing from black carbon reduction measures:

Himalayas:  $-7.3 \text{ W/m}^2$  (-3.0 to -11.6)

Arctic:  $-1.4 \text{ W/m}^2$  (-0.6 to -2.2)

East African Highlands:  $-1.2 \text{ W/m}^2$  (+0.7 to -3.1)

Andes and Patagonia:  $-0.3 \text{ W/m}^2$  (+0.1 to -0.7)

Antarctica:  $-1.1 \text{ W/m}^2$  (-0.5 to -1.7)

Quelle: World Bank und International Cryosphere Climate Initiative 2013, S. 35, 37, 39,