



**Verwertung von Buschholz  
aus Namibia in Hamburg**

**Auswirkungen auf  
das globale Klima**

**Kurzgutachten**

**im Auftrag des Hamburger Energietischs e. V. (HET)**

# Verwertung von Buschholz aus Namibia in Hamburg: Auswirkungen auf das globale Klima

Autor:

Prof. Dr. Dietrich Rabenstein, HafenCity Universität Hamburg

Version 1:

12. Juni 2020

Danksagung:

Der Autor bedankt sich für wertvolle Auskünfte, Anregungen und Unterstützung durch zahlreiche Personen, insbesondere auch aus Namibia.

(Übersetzungen aus dem Englischen durch den Autor)

## Kurzbeschreibung

Die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) hat Hamburg einen Vorschlag zur energetischen Nutzung von Buschholz unterbreitet, das in Namibia geerntet werden soll. Es geht dabei nicht um einen Kreislauf aus Holzernte und Nachwachsen des bei der Ernte entnommenen Holzes. Vielmehr sollen durch Ausdünnung einer langjährigen Verbuschung große Areale für die Landwirtschaft und eventuell auch für den Tourismus in Namibia wiedergewonnen werden.

Im vorliegenden Kurzgutachten wurde unter Rückgriff auf eine Studie der *Forst-Beratung UNI-QUE*, Freiburg, und auf viele weitere Veröffentlichungen untersucht, mit welchen Treibhausgas-Emissionen die Nutzung von Buschholz aus Namibia für eine energetische Verwertung in Hamburg verbunden wäre.

Es zeigt sich, dass je nach dem für Namibia gewählten Szenario die gesamten Treibhausgase im besten Fall nicht geringer sind als diejenigen von fossilem Erdgas und im ungünstigsten Fall weit höher sind als diejenigen von Steinkohle als Energieträger für den Einsatz in der Hamburger Fernwärmeerzeugung.

Durch eine Buschausdünnung mit anschließender Nutzung für die Viehzucht und unmittelbarer energetischer Nutzung des Holzes nach dem Transport nach Hamburg ergeben sich Treibhausgas-Emissionen durch die Holz-Verbrennung, durch die Methan-Emissionen der zusätzlich gehaltenen Wiederkäuer und durch Verluste an organischem Kohlenstoff, von dem im Boden unter der Verbuschung mehr vorhanden ist als im Boden unter beweidetem Grasland.

Da Hamburg bis spätestens 2050 Klimaneutralität anstrebt, ist daher von einer langjährigen energetischen Nutzung von namibischem Buschholz dringend abzuraten. Denn die neuen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, die zum Ersatz der Hamburger Steinkohle-Heizkraftwerke im laufenden Jahrzehnt errichtet werden sollen, werden voraussichtlich über das Jahr 2050 hinaus im Einsatz sein.

Falls Hamburg aus übergeordneten politischen Gründen und wegen volkswirtschaftlicher Vorteile für Namibia dennoch auf den Vorschlag der GIZ eingehen sollte, so wäre ein nachhaltiger Ausgleich nötig, sowohl für die Treibhausgas-Emissionen als auch für die infolge des Entzugs von Mineralien zu erwartende Degradierung der betroffenen Böden in Namibia.

Es gibt Möglichkeiten der stofflichen Nutzung von namibischem Buschholz im Sinne einer Kaskadennutzung von Biomasse. Sie sollten bevorzugt technologische und finanzielle Unterstützung durch die Industrieländer des globalen Nordens erhalten, da sie wesentlich geringere Treibhausgas-Emissionen aufweisen als die Verbrennung von Buschholz.

## Abstract

The Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ) has submitted a proposal to Hamburg for the energetic use of bushwood to be harvested in Namibia. It is not a matter of a cycle of harvesting and regrowth of the wood removed during harvesting. Rather, large areas of land are to be reclaimed for agriculture and possibly also for tourism in Namibia by thinning out longstanding bush cover.

In this short expert report, the greenhouse gas emissions associated with the use of bushwood from Namibia for energetic use in Hamburg were investigated, with reference to a study by the forestry consultancy UNIQUE, Freiburg, and many other publications.

It is shown that, depending on the scenarios chosen for Namibia, the total greenhouse gas emissions are at best not less than those of fossil natural gas and at worst far higher than those of hard coal as an energy source for use in Hamburg's district heating system.

Bush thinning with subsequent use for livestock breeding and direct energetic use of the wood after transport to Hamburg results in greenhouse gas emissions from wood combustion, methane emissions from the additionally kept ruminants and losses of organic carbon, of which more is present in the soil under scrubland than in the soil under grazed grassland.

As Hamburg aims to achieve climate neutrality by 2050 at the latest, the long-term use of Namibian bushwood for energy purposes is therefore not advisable. This is because the new combined heat and power plants that are to be built to replace Hamburg's hard coal-fired cogeneration plants in the current decade are likely to be in operation beyond 2050.

If Hamburg should nevertheless accept GIZ's proposal for overriding political reasons and because of economic advantages for Namibia, sustainable compensation would be necessary, both for greenhouse gas emissions and for the expected degradation of the affected soils in Namibia as a result of the depletion of minerals.

There are possibilities for the material use of Namibian bushwood in the sense of a cascade use of biomass. They should preferably receive technological and financial support from the industrialised countries of the global North, as they have much lower greenhouse gas emissions than burning bushwood.

## Inhalt

Kurzbeschreibung.....	3
Abstract .....	4
Abkürzungen .....	7
Abbildungen.....	8
Tabellen.....	10
1. Einführung.....	11
2. Vorgeschichte als Anlass für dieses Kurzgutachten .....	12
2.1 Vorschlag zur energetischen Verwertung von Buschholz aus Namibia in Hamburg	12
2.2 Memorandum of Understanding zwischen GIZ und Hamburger Umweltbehörde....	12
2.3 Prüfaufträge für drei Arbeitsgruppen .....	13
3. Untersuchungsgegenstand dieses Kurzgutachtens .....	15
4. Rahmenbedingungen.....	16
4.1 Zielsetzungen Hamburgs zur Verminderung von Treibhausgasen .....	16
4.2 Zielsetzungen für die Dekarbonisierung der Hamburger Fernwärme.....	16
4.3 Treibhausgas-Emissionen anstelle von CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	18
4.4 Zugrunde gelegter Zeithorizont für die Treibhauspotenziale.....	18
4.5 Art des Einsatzes der verglichenen Energieträger.....	19
5. Studie mit vergleichbarer Zielsetzung.....	20
5.1 Studie von UNIQUE zur Bewertung der Treibhausgas-Emissionen .....	20
5.2 Szenarien der Studie von UNIQUE .....	20
5.3 Modifikationen der Szenarien von UNIQUE.....	25
5.3.1 Anpassung an den zeitlichen Verlauf von Holzlieferungen nach Hamburg .....	25
5.3.2 Speicherung von Kohlenstoff im Boden .....	25
5.3.3 Geringfügigere Modifikationen.....	26
5.3.4 Zu optimistische Beschreibungen .....	26
6. Klimawirkung der energetischen Verwertung von Buschholz aus Namibia in Hamburg	27

## Klimawirkung der Verwertung von Buschholz aus Namibia in Hamburg

6.1 Vergleich von unterschiedlichen Energieträgern für Hamburger Heizkraftwerke ....	27
6.2 Kumulierte Treibhausgas-Emissionen im Vergleich .....	27
6.3 Hackschnitzel oder Holzpellets? .....	29
6.4 Treibhausgas-Emissionen im zeitlichen Verlauf.....	29
6.5 Bewertung und Diskussion der Ergebnisse .....	31
7. Klima-Ausgleich für eine Buschholz-Verbrennung in Hamburg .....	35
8. Kaskadennutzung von Buschholz in Namibia .....	37
Anhang 1 Kennwerte der Energieträger .....	41
Anhang 2 Modifikationen gegenüber der UNIQUE-Studie.....	42
A 2.1 Biomasse-Lieferung in kontinuierlicher zeitlicher Abfolge.....	42
A 2.2 Savannenboden als Senke oder als Quelle von Kohlenstoff? .....	45
Anhang 3 Verfahren für die Ermittlung einzelner Emissions-Beiträge .....	50
A 3.1 Menge der in Hamburg einzusetzenden Energieträger .....	50
A 3.2 Methodische Vorgehensweise beim Vergleich der Energieträger .....	50
A 3.3 Gewinnung der Energieträger .....	51
A 3.4 Verarbeitung der Energieträger .....	51
A 3.5 Transport der Energieträger nach Hamburg .....	52
A 3.6 Landnutzungsänderungen.....	52
Anhang 4 Ergänzungen zu den Berechnungsergebnissen.....	53
A 4.1 Zahlenwerte für Ergebnisse in den Bildern 5, 6 und 9.....	53
A 4.2 Weitere Berechnungsergebnisse mit einem Zeithorizont von 100 Jahren .....	55
Literatur.....	57

## Abkürzungen

BIP	Biomasse-Industriepark
BRD	Deutschland
BUE	Hamburger Behörde für Umwelt und Energie
C	Kohlenstoff
CCS	Carbon Capture and Storage (CO <sub>2</sub> -Abscheidung und -Speicherung)
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CO <sub>2e</sub>	CO <sub>2</sub> -Äquivalente
EU	Europäische Union
FHH	Freie und Hansestadt Hamburg
GIZ	Deutsche Gesellschaft für International Zusammenarbeit GmbH
GWh	Gigawattstunde
HAW	Hochschule für Angewandte Wissenschaften
HKW	Heizkraftwerk
HmbKliSchG	Hamburgisches Klimaschutzgesetz
IfaS	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement an der Hochschule Trier
INDC	Intended Nationally Determined Contribution (Beabsichtigter nation. festgelegter Beitrag)
IPP	Independent Power Producer (Unabhängige Energieerzeuger)
kg	Kilogramm
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LCA	Lebenszyklusanalyse
MoU	Memorandum of Understanding
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
NIRP	National Integrated Resource Plan (Integrierter Nationaler Ressourcenplan)
SOC	Soil Organic Carbon (organischer Kohlenstoff im Boden)
THG	Treibhausgase
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
UNIQUE	Forst-Beratung in Freiburg
WHH	Fernwärmegesellschaft Wärme Hamburg GmbH

## Abbildungen

<b>Bild 1:</b> Stellschrauben zur Erreichung der Hamburger Klimaziele (Quelle: Tabelle 5 in der Bürgerschaftsdrucksache 21/19200 vom 3.12.2019) .....	17
<b>Bild 2:</b> Szenario 1 - Wiederherstellung von Weideland; Nutzung von Buschholz für Viehfutter und Produktion von Holzbriketts und Holzpellets (Quelle: [Seebauer 2019]).....	21
<b>Bild 3:</b> Szenario 2 - Busch-Farming mit Produktion von Holzbriketts (Quelle: [Seebauer 2019]) .....	22
<b>Bild 4:</b> Szenario 5 - Lieferung von Holzpellets an ein Biomasse-Kraftwerk in Namibia (Quelle: [Seebauer 2019]) .....	23
<b>Bild 5:</b> Über 20 Jahre kumulierte spezifische Treibhausgas-Emissionen von Energieträgern im Vergleich für das modifiziert berechnete UNIQUE-Szenario 1b mit einem Zeithorizont von 20 Jahren. Dargestellt sind die Treibhausgas -Emissionen pro Energiegehalt des Brennstoffs in kg CO <sub>2e</sub> / MWh.....	28
<b>Bild 6:</b> Über 20 Jahre kumulierte spezifische Treibhausgas-Emissionen von Energieträgern im Vergleich für das modifiziert berechnete UNIQUE-Szenario 5 mit einem Zeithorizont von 20 Jahren. Dargestellt sind die Treibhausgas -Emissionen pro Energiegehalt des Brennstoffs in kg CO <sub>2e</sub> / MWh. ....	29
<b>Bild 7:</b> Zeitlicher Verlauf der Treibhausgas-Emissionen bei Szenario 1b. Bei einer einmaligen Holzlieferung zu Beginn eines Zeitintervalls von 20 Jahren wie in den Berechnungen der UNIQUE-Studie (Bild 11) gilt die blaue Linie, bei einer kontinuierlichen gleichbleibenden Holzlieferung die Linie in orange. ....	30
<b>Bild 8:</b> Zeitlicher Verlauf der Treibhausgas-Emissionen in Szenario 5. Bei einer einmaligen Holzlieferung zu Beginn eines Zeitintervalls von 20 Jahren wie in den Berechnungen der UNIQUE-Studie (Bild 11) gilt die blaue Linie, bei einer kontinuierlichen gleichbleibenden Holzlieferung die Linie in orange. ....	31
<b>Bild 9:</b> Treibhausgas-Emissionen von in Namibia unter Verwendung von Buschholz hergestellten Holzbauelementen im Vergleich zu THG-Emissionen von Energieträgern in Hamburg bei einem Zeithorizont von 20 Jahren (entsprechend UNIQUE-Szenario 1b) .....	38
<b>Bild 10:</b> Treibhausgas-Emissionen von in Namibia unter Verwendung von Buschholz hergestellten Holzbauelementen im Vergleich zu THG-Emissionen von Energieträgern in Hamburg bei einem Zeithorizont von 100 Jahren (entsprechend UNIQUE-Szenario 1b).....	39
<b>Bild 11:</b> Wiedergabe einer Tabelle zu Szenario 1b in der UNIQUE-Studie .....	42
<b>Bild 12:</b> Zeitabhängige Treibhausgas-Emissionen für das Szenario 1b der UNIQUE-Studie bei einer Gesamtlieferung des Holzes am Anfang eines 20-Jahre-Intervalls (blau) und bei einer kontinuierlichen Holzlieferung (orange), bezogen auf einen Hektar .....	43

<b>Bild 13:</b> Vergleich der zeitabhängigen Treibhausgas-Emissionen für Holzlieferung nur im ersten Jahr (blau) und für kontinuierliche Holzlieferungen (Szenario 1b).....	44
<b>Bild 14:</b> Vergleich der zeitabhängigen Treibhausgas-Emissionen für Holzlieferung nur im ersten Jahr (blau) und für kontinuierliche Holzlieferungen (Szenario 5).....	44
<b>Bild 15:</b> Vergleich des gespeicherten Kohlenstoffs im verbuschten Gebiet (links) und in der Referenz-Savanne (rechts) nach einer Darstellung in der UNIQUE-Studie .....	45
<b>Bild 16:</b> Vergleich des gespeicherten Kohlenstoffs im verbuschten Gebiet (links) und in der Savanne (rechts) nach Werten von [Zhou 2019].....	47
<b>Bild 17:</b> Spezifische Treibhausgas-Emissionen von Energieträgern im Vergleich für das UNIQUE-Szenario 1b mit einem Zeithorizont von 100 Jahren. Dargestellt sind die Treibhausgas-Emissionen pro Energiegehalt des Brennstoffs in kg CO <sub>2e</sub> / MWh. ....	55
<b>Bild 18:</b> Spezifische Treibhausgas-Emissionen von Energieträgern im Vergleich für das UNIQUE-Szenario 5 mit einem Zeithorizont von 100 Jahren. Dargestellt sind die Treibhausgas-Emissionen pro Energiegehalt des Brennstoffs in kg CO <sub>2e</sub> / MWh. ....	56

## Tabellen

<b>Tabelle 1:</b> Kumulierte Treibhausgas-Emissionen in kg CO <sub>2e</sub> / ha und in kg CO <sub>2e</sub> / MWh Energiegehalt für das bereitgestellte Holz nach Szenarien in der UNIQUE-Studie [Seebauer 2019, Seite 4], berechnet aus den Werten in den Bildern 2 bis 4. Zur Vermeidung des Nachwachsens der störenden Büsche werden entweder Pestizide (1a) oder Ziegen (1b) eingesetzt.....	24
<b>Tabelle 2:</b> Werte der direkten spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen ohne Vorketten (Quelle: IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) .....	41
<b>Tabelle 3:</b> Werte der Vorketten in den spezifischen Treibhausgas-Emissionen (Quelle: [Liebich 2019]).....	41
<b>Tabelle 4:</b> Werte der Treibhauspotenziale (GWP) (Quelle: IPCC 2013, „Anthropogenic and Natural Radiative Forcing“, WG1AR5, Chapter 8, Table 8.7) .....	41
<b>Tabelle 5:</b> Ergebnisse neuerer Studien zu den Unterschieden von verbuschten Gebieten und Savannengebieten in der Speicherung von organischem Kohlenstoff im Boden. ....	49
<b>Tabelle 6:</b> Zahlenwerte zu Bild 5 (Modifiziertes Szenario 1b, Zeithorizont 20 Jahre). Werte in kg CO <sub>2e</sub> pro MWh Energiegehalt .....	53
<b>Tabelle 7:</b> Zahlenwerte zu Bild 6 (Modifiziertes Szenario 5, Zeithorizont 20 Jahre). Werte in kg CO <sub>2e</sub> pro MWh Energiegehalt .....	53
<b>Tabelle 8:</b> Zahlenwerte zu Bild 9 (Kaskadennutzung, Bauelemente, Zeithorizont 20 Jahre). Werte in kg CO <sub>2e</sub> pro MWh Energiegehalt .....	54

## 1. Einführung

Die vom kommunalen Fernwärmeunternehmen Wärme Hamburg GmbH gelieferte Fernwärme wird voraussichtlich auch in den kommenden Jahren noch zu etwa zwei Dritteln mit der Verbrennung von importierter Steinkohle erzeugt werden. Nach Beschlüssen des Hamburger Senats und der Hamburger Bürgerschaft kann es noch zehn Jahre dauern, bis die Steinkohle im Fernwärmebereich vollständig ersetzt sein wird, auch wenn sie außerhalb der Fernwärme zur Beheizung von Gebäuden längst keine Rolle mehr spielt.

Es ist nicht einfach, die Steinkohle so zu ersetzen, dass die Fernwärme-Erzeugung zum Ziel einer klimaneutralen Stadt passt, das nach öffentlichen Erklärungen möglichst noch vor 2050 erreicht werden soll. Da Wärme Hamburg beabsichtigt, die Anzahl ihrer Kunden erheblich auszuweiten und da der Ersatz der Kohle-Heizkraftwerke mit hohen Investitionen in Erzeugungsanlagen verbunden ist, die lange Amortisationszeiten besitzen, reicht es nicht, von Steinkohle einfach auf Erdgas umzustellen, auch wenn Erdgas auf Grund von speziellen geopolitischen Konstellationen gegenwärtig preislich sehr günstig ist.

Für die Dekarbonisierung der Hamburger Fernwärme müssen daher vorrangig möglichst klimaneutrale Wärmequellen genutzt werden. In Frage kommen industrielle Abwärme, sofern sie als klimaneutral bewertet werden kann, Biomasse, die scharfe Kriterien an Nachhaltigkeit und weitgehende Klimaneutralität erfüllt, und eventuell auch tiefe Geothermie. Außerdem „grüner“ Wasserstoff, sobald hiervon so viel verfügbar sein wird, dass Anwendungsbereiche, die hohe Temperatur benötigen oder die nur mit Wasserstoff dekarbonisiert werden können, ausreichend damit versorgt sein werden.

Nachhaltige Biomasse steht nur in begrenztem Umfang zur Verfügung. Bei ihrer Verwendung sind Grundsätze einer Kaskadennutzung zu beachten. Dem Einsatz im stofflichen Bereich dürfte daher oft Vorrang gegenüber dem Einsatz im energetischen Bereich einzuräumen sein. Bei energetischer Verwendung muss daran gedacht werden, dass Biomasse im Gegensatz zu volatilen Energieträgern ein Energiespeicher ist und daher einen sehr hohen Wert besitzt.

Im Lauf des Jahres 2019 wurden Hamburg von der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) große Mengen an holzartiger Biomasse aus Namibia angeboten. Der Import von Biomasse vom Weltmarkt wurde bereits im „Basisgutachten“ zum Hamburger Masterplan Klimaschutz [[Groscurth 2010](#)] als eine prinzipielle Möglichkeit für die Weiterentwicklung der Hamburger Fernwärme aufgeführt. Voraussetzung ist, dass diese über eine große Distanz importierte namibische Biomasse nicht nur nachhaltig erzeugt wird, sondern auch zur Zielsetzung einer möglichst klimaneutralen Fernwärmeerzeugung in Hamburg passt.

Voraussichtlich wird es nicht möglich sein, die Hamburger Fernwärme so zu entwickeln, dass sie innerhalb der nächsten 30 Jahre vollständig klimaneutral wird. Sie stammt zu einem erheblichen Anteil aus der Verbrennung von Müll, der etwa zur Hälfte aus fossilen Bestandteilen zusammengesetzt ist. Gegenwärtig ist nicht damit zu rechnen, dass sich an der Zusammensetzung von Abfall rasch etwas ändern wird. Daher muss sogar an Methoden des Ausgleichs von Treibhausgasen wie die Rückholung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre gedacht werden.

## 2. Vorgeschichte als Anlass für dieses Kurzgutachten

### 2.1 Vorschlag zur energetischen Verwertung von Buschholz aus Namibia in Hamburg

Die [Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit](#) (GIZ) und das [Institut für angewandtes Stoffstrommanagement](#) (IfaS) an der Hochschule Trier verhandeln seit etwa einem Jahr mit der Hamburger Behörde für Umwelt und Energie (BUE) und der Hamburger Fernwärmegesellschaft Wärme Hamburg GmbH (WHH) über eine energetische Verwertung von Buschholz aus Namibia in Hamburg. Zu diesem Projekt mit dem Titel „Transkontinentale Biomassepartnerschaft Namibia – Hamburg. Entwicklung eines Biomasse Industrieparks (BIP) in Namibia“ gibt es ein [Dossier](#) vom 18. April 2019, das von der GIZ und vom IfaS stammt. Einer breiteren Öffentlichkeit wurde das Projekt bekannt, nachdem der Hamburger Energetisch dieses Dossier am 10. April 2020 [veröffentlicht](#) hatte.

Auch in Namibia wurde eine Partnerschaft zwischen Hamburg und Namibia durch den Export von Holz mit [Projektbeschreibungen](#) vorgestellt. Am [19. Fachkongress Holzenergie](#) am 25./26. September 2019 in Würzburg nahm eine Delegation aus Namibia teil. Laut einem [namibischen Bericht](#) erklärte der Geschäftsführer der Namibia Nature Foundation Angus Middleton: "Es war sehr interessant, der zivilgesellschaftlichen Initiative "Exit Kohle" ("Tschüss Kohle") in Hamburg und großen Energieversorgern zu begegnen. Die Treffen waren hart, professionell und seriös. Wir wissen jetzt, was wir als "Hausaufgaben" für einen nächsten Schritt tun müssen."

Ein Video „[Biomass Industrial Parks – Namibia](#)“ bietet einen Überblick über die Planungen der GIZ. Umfangreiche Informationen finden sich auch auf Internetseiten des [De-bushing Advisory Service Namibia](#) und der [Namibia Biomass Industry Group N-BIG](#).

### 2.2 Memorandum of Understanding zwischen GIZ und Hamburger Umweltbehörde

Die Hamburger Umweltbehörde (BUE) gab in einer [Pressemeldung](#) am 12. Mai 2020 bekannt, dass eine Absichtserklärung, ein [Memorandum of Understanding](#) (MoU), unterzeichnet worden sei. Hamburg und Namibia würden die nachhaltige Verwertung von Biomasse aus Namibia prüfen. Die Experten seien sich einig, dass nur internationale Nachfrage und Verwertung zur Lösung des namibischen Umweltproblems – Gestrüpp zerstört Lebensräume für Tiere und Landwirtschaftsflächen und entzieht dem Boden Wasser – beitragen könne. Deshalb beabsichtigen die Umweltbehörde und die Wärme Hamburg GmbH gemeinsam mit der Wissenschaft nun die effiziente Nutzung und Verwertung dieser Biomasse in Hamburg zu prüfen. Hierfür hätten sie ein Memorandum of Understanding unterzeichnet, das zwei Jahre lang in Kraft sein soll und verlängert werden kann. Die Bundesregierung, der Staat Namibia sowie NGOs der Entwicklungszusammenarbeit und die Wissenschaft hätten den Anstoß für diese Initiative gegeben.

Bei der Untersuchung werde betrachtet, wie eine verlässliche und langfristige Lieferkette zur Abnahme der Biomasse aufgebaut werden könnte und wie sie Vorteile für alle Beteiligten bringen könnte. Ein Großteil der Wertschöpfung solle dabei **in Namibia** stattfinden und eine **Teilhabe breiter Bevölkerungsteile** sichergestellt werden. Neben den sozialen Aspekten werde

die **Ökobilanz** von Produktion, Transport und Nutzung betrachtet. Die Biomasse könnte in Hamburg **fossile Brennstoffe in der Energieerzeugung, Industrie oder im Verkehr** ablösen.

In der Pressemitteilung betonte Staatsrat **Pollmann** (BUE), Energie aus namibischer Biomasse könne helfen, bei der Fernwärme-Versorgung schneller aus der Kohle auszusteigen. Die Bedingung dafür sei, dass über die gesamte Lieferkette die soziale und ökologische Bilanz stimme. Vor Ort schein es trotz vielfacher Bemühungen nur kleine Teillösungen für das große Problem zu geben. Nachhaltige Nutzungsmöglichkeiten für große Mengen von Biomasse fehlten.

Dr. **Beckereit**, einer der Geschäftsführer der WHH, erklärte, die WHH unterstütze die Initiative von NGOs und Wissenschaft und prüfe, inwieweit das Projekt in Namibia Teil einer künftigen Biomasse-Strategie der kommunalen Wärme-gesellschaft werden könne. Besonders wichtig sei dabei aus Sicht der WHH, dass die Biomasse nachhaltig gewonnen werde.

Prof. Peter **Heck**, IfaS, wies darauf hin, dass „nur eine Werte geleitete Energiepartnerschaft zwischen Namibia und Deutschland die optimale, nachhaltige Wertschöpfung bei der Nutzung der Biomasse und der Wiederherstellung der Savannenlandschaften gewährleisten“ könne. Hamburg mit seiner engagierten Zivilgesellschaft, der langen Tradition in der Afrikakooperation und dem kompetenten Energiepartner WHH sei ein optimaler Partner Namibias für eine nachhaltige Biomassepartnerschaft.

Die [Hamburger](#) Presse, aber auch [größere](#) und [kleinere](#) überregionale Medien berichteten von diesem Vorhaben. Erst am 28. Mai 2020 informierte auch in Namibia selbst die Zeitung [nambian](#): „Biomass partnership on horizon for Namibia.“

Während es im [GIZ-Dossier](#) vom 18. April 2019 nur um große Mengen von Holzhackschnitzeln für die Hamburger Fernwärme ging, die über mehr als 10.000 km von Walvis Bay nach Hamburg verschifft werden sollen, ist das Vorhaben im MoU schon eindrucksvoll gewachsen: „In Hamburg könnte die Biomasse fossile Brennstoffe in der Energieerzeugung, Industrie oder im Verkehr ablösen.“ Es gehe dabei auch um die Herstellung klimaneutraler Treibstoffe („Biomass-to-Fuel“). Hamburg sei ein geeigneter Standort für eine „Biomasse Raffinerie“, so der Vertreter der Wissenschaft. In Präsentationen von GIZ und IfaS wie [dieser](#) wird bereits der Einsatz dieses Modells in Kuba, Botswana, Südafrika, Angola usw. als „Multiplikation“ angekündigt (Seite 18 der [Präsentation](#)).

### 2.3 Prüfaufträge für drei Arbeitsgruppen

Laut Memorandum of Understanding werden drei Arbeitsgruppen aus BUE, WHH, IfaS und GIZ gebildet, die in den nächsten 12 Monaten verschiedene Themen der Nutzung namibischer Biomasse bearbeiten sollen.

1. Die Arbeitsgruppe **Technisch-ökonomische Bewertung** aus WHH, BUE, HAW, IfaS und der Namibia Biomass Industry Group N-BIG wird die gesamte Wertschöpfungskette von der Ernte über die Verarbeitung, den Transport bis hin zur Endverwendung analysieren, mit besonderem Schwerpunkt auf Verlässlichkeit, Zusammenarbeit und zukunftsorientiertem

Sonderbeschaffungsvertrag mit Namibia. Studien der N-BIG wie [[Brown 2018](#)] wurden von der GIZ finanziert.<sup>1</sup>

2. In der Arbeitsgruppe **BtL/PtL-Zentrum Hamburg** (Biomass-to Liquid, Power-to-Liquid) aus HAW, WHH, BUE, GIZ und IfaS soll die Idee der Einrichtung eines Innovationszentrums für erneuerbare Brennstoffe diskutiert werden. Es könnte als Drehscheibe für die zukünftige Brennstoffherzeugung und -verteilung auf der Basis erneuerbarer Energien dienen. Geprüft werden soll, wo welcher Teil dieser Innovationszentren idealerweise angesiedelt werden sollte. Falls deren Errichtung in Namibia nicht möglich oder nicht durchführbar ist, könnte Hamburg eine logische Lösung sein.

Die Arbeitsgruppe wird sich auf ökologische und sozio-ökologische Fragen sowie auf Aspekte der Nachhaltigkeit (z.B. lokale Arbeitsbedingungen, Zertifizierung, CO<sub>2</sub>-Bilanzierung) konzentrieren sowie auf Lebenszyklusanalyse, Biodiversität etc. im Hinblick auf die Buschdurchforstung in Namibia und die Nutzung der Buschbiomasse in Deutschland. Die Gruppe wird alle relevanten Themen von der Ernte bis zur endgültigen Verwendung behandeln. Es fällt auf, dass in dieser Arbeitsgruppe die namibische Seite gar nicht vertreten ist.

3. Eine neunköpfige Arbeitsgruppe **Kommunikation und Sensibilisierung** soll aus BUE, WHH, IfaS, GIZ, NNF und vier Vertretern von Nichtregierungsorganisationen, darunter mehreren Mitgliedern der Kampagne „Tschüss Kohle“ gebildet werden. NNF, die [Namibia Nature Foundation](#) (NNF) arbeitet seit langem eng mit der GIZ zusammen. Studien der NNF wie [[Birch 2016](#)] wurden von der GIZ finanziert.

Diese Arbeitsgruppe soll Argumente für und gegen die vorgeschlagene Biomassenutzung in Deutschland bzw. außerhalb Namibias zusammentragen. Sie hat unter anderem zum Ziel, die Risiken aus umwelt- und entwicklungspolitischer und kommunikativer Sicht zu analysieren und zwar unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Perspektiven der verschiedenen Interessengruppen. Danach soll sich die Arbeitsgruppe auf die Entwicklung einer fundierten Kommunikationsstrategie und eines Konzepts für eine Biomasse-Partnerschaft mit Namibia konzentrieren.

Die Arbeitsgruppe soll sich im Hinblick auf die Busch-Ausdünnung in Namibia und die Nutzung von Busch-Biomasse in Deutschland auf ökologische und sozio-ökologische Fragen sowie auf Aspekte der Nachhaltigkeit fokussieren. Beispielsweise auf lokale Arbeitsbedingungen, Zertifizierung, CO<sub>2</sub>-Bilanzierung, Lebenszyklusanalyse (LCA), Biodiversität etc.

Schließlich wird die Arbeitsgruppe das weltweite Potenzial für ähnliche Busch-Biomasse untersuchen und ermitteln, ob auch andere Länder nachhaltige Lieferanten werden könnten.

---

<sup>1</sup> Verweise auf das Literaturverzeichnis werden durch eckige Klammern gekennzeichnet.

### 3. Untersuchungsgegenstand dieses Kurzgutachtens

Mit dem vorliegenden Kurzgutachten soll ermittelt werden, welche spezifischen Treibhausgas-Emissionen entstehen, wenn Buschholz aus Namibia entsprechend den Vorschlägen der GIZ in Hamburg energetisch verwertet wird. Zu bewerten sind dabei die Gesamtemissionen im Sinne einer Lebenszyklusanalyse.

Für den Umfang des für diesen Zweck eingesetzten Buschholzes soll der Bedarf der Wärme Hamburg GmbH für den Kohleausstieg des Heizkraftwerks Tiefstack zu Grunde gelegt werden. Die in Frage kommenden Beiträge aus anderen geeigneten Wärmequellen sollen hierbei berücksichtigt werden.

Die Treibhausgas-Emissionen von Buschholz aus Namibia sollen mit den Treibhausgas -Emissionen möglicher Alternativen für den Ausstieg aus dem Kohleeinsatz im Heizkraftwerk Tiefstack verglichen werden. Auch eine Verwendung von namibischem Buschholz nach dem Modell der Kaskadennutzung von holzartiger Biomasse sollte zum Vergleich betrachtet werden.

Aus dieser Beschränkung des Untersuchungsgegenstands des Kurzgutachtens folgt, dass ökologische Aspekte, die über die Emissionen von Treibhausgasen hinausgehen, sowie wirtschaftliche und soziale Fragestellungen, die vor allem Namibia betreffen, nicht zur Thematik dieses Kurzgutachtens gehören und allenfalls am Rande erwähnt werden sollen.

Da ihnen große Bedeutung zuzuordnen ist, müssen sie eigens untersucht und bewertet werden. Dabei sind Studien von namibischen Wissenschaftlern, die auf Grund ihrer Untersuchungen befürchten, dass nach dem Verkauf des geernteten Buschholzes der Nährstoffkreislauf gestört und die Bodenfruchtbarkeit abnehmen wird, besonders ernst zu nehmen [[Zimmermann 2017](#)]. Hinsichtlich der Produktion von Holzkohle aus Namibischem Buschholz für den europäischen Markt für Grillkohle wurde eine Bewertung schon an [anderer Stelle](#) ansatzweise vorgenommen.

## 4. Rahmenbedingungen

### 4.1 Zielsetzungen Hamburgs zur Verminderung von Treibhausgasen

Hamburg hat Ende 2019 seine Ziele zur Verminderung der Emissionen von Treibhausgasen verschärft.

Am 3.12.2019 wurde [Hamburgs Klimaplan](#) fortgeschrieben. Gleichzeitig wurde das Hamburgische [Klimaschutzgesetz](#) (HmbKliSchG) erweitert. Bis 2030 soll der CO<sub>2</sub>-Ausstoß Hamburgs um 55 Prozent sinken. Spätestens bis 2050 soll Hamburg klimaneutral werden.

Hamburg hat in den vergangenen Jahren bereits mehrere internationale Vereinbarungen wie die „Chicago Climate Charter“ oder die Plattform der „Carbon Neutral Cities Alliance“ unterzeichnet. Im Rahmen dieser Bündnisse bekennen sich die unterzeichnenden Städte zu den jeweiligen nationalen Klimaschutzziele, den Zielen des Pariser Klimaschutzabkommens und einer proaktiven Rolle im Rahmen ihrer eigenen gestalterischen Möglichkeiten.

Als deutsche und europäische Metropole hat Hamburg die übergeordneten Klimaschutz-Ziele und -Verpflichtungen der BRD und der EU zu beachten. Das Erreichen der Klimaschutz-Ziele der Stadt ist wiederum davon abhängig, ob die übergeordneten Regierungen ihren Verpflichtungen zum Klimaschutz nachkommen.

Die Bundesregierung hat im November 2016 ihren [Klimaschutzplan 2050](#) beschlossen. Die deutsche Klimaschutzpolitik orientiert sich am Leitbild einer weitgehenden Treibhausgas-Neutralität bis 2050. Das Klimaschutzziel der Bundesregierung bezieht sich auf das Ziel der EU für 2050, die Treibhausgase bis 2050 um 80 bis 95 Prozent zu vermindern. Spätestens bis 2030 sollen dafür die Treibhausgas-Emissionen Deutschlands um 55 Prozent im Vergleich zu 1990 sinken. Gemäß dem Erstem Fortschrittsbericht zur Energiewende (2014) und dem Vierten Monitoringbericht zur Energiewende (2015) sollen die Treibhausgas-Emissionen bis spätestens 2040 um mindestens 70 Prozent gesenkt werden.

Für den deutschen Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) reicht dies nicht aus. Er stellte in seinem Umweltgutachten 2020 fest, dass bei unverändertem Emissionsniveau das berechnete deutsche CO<sub>2</sub>-Budget im Jahr 2029 verbraucht wäre, bei linearer Reduktion im Jahr 2038. Der SRU empfiehlt, ein Paris-kompatibles Budget zur Grundlage der deutschen und europäischen Klimapolitik zu machen und die Emissionen stärker zu senken als nach einem linearen Reduktionspfad. Eine frühzeitige überproportionale Reduktion bis 2030 erlaube langfristig noch Spielraum, erfordere aber, dass erhebliche Maßnahmen jetzt angestoßen werden [[SRU 2020](#)].

### 4.2 Zielsetzungen für die Dekarbonisierung der Hamburger Fernwärme

Zur zentralen [Fernwärmeversorgung](#) stellte der Hamburger Senat im Klimaplan fest: „Die größte in Hamburger Zuständigkeit liegende Stellschraube ist der Ausbau und die qualitative Verbesserung der Fernwärmeversorgung mit dem Ziel einer auf mittlere Sicht vollständigen Dekarbonisierung. Bedeutende Eckpfeiler dafür sind das Abschalten und der klimafreundliche

Ersatz des Kraftwerks Wedel sowie die klimafreundliche Umrüstung des Kraftwerks Tiefsack.“

Nach § 9 Abs (2) des Hamburgischen Klimaschutzgesetzes werden die FHH und die in ihrem Eigentum stehenden Wärmeversorgungsunternehmen spätestens nach dem 31. Dezember 2030 keine Wärme selbst erzeugen oder vertreiben, die unmittelbar auf der Erzeugung aus Stein- oder Braunkohle basiert. Sie sind verpflichtet, den Einsatz von unmittelbar aus Stein- oder Braunkohle produzierter Wärme bereits vor dem 31.12.2030 möglichst weitgehend zu vermeiden.

Nach dem Ende 2019 fortgeschriebenen [Klimaplan](#) soll der Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung an der Gesamtversorgung bis 2030 auf mindestens 35 Prozent ausgebaut werden. Der Anteil erneuerbarer Energien soll deutlich steigen.

Unter Berücksichtigung dieser Ziele wird von einem **CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor im Jahr 2030 von 175 g/kWh** ausgegangen.

Stellschrauben	Ziel	CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktor [g/kWh]
Bundes-Strommix	65 % erneuerbare Energie (EE)	300
Fernwärme	Kohlefreie Fernwärme	175

**Bild 1:** Stellschrauben zur Erreichung der Hamburger Klimaziele (Quelle: Tabelle 5 in der Bürgerschaftsdrucksache [21/19200](#) vom 3.12.2019)

Der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 175 g/kWh für eine kohlefreie Fernwärme bezieht sich nicht auf Treibhausgas-Emissionen, sondern nur auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen ohne Vorketten, die bei der Verbrennung der Energieträger direkt freigesetzt werden. Dieser Wert ist so großzügig bemessen, dass es schwer werden dürfte, ihn zu übertreffen, sobald der Ausstieg aus der Verwendung von Steinkohle in der Fernwärme erfolgt ist. In der Hamburger Fernwärme werden zum Zweck einer guten Brennstoffausnutzung weitgehend KWK-Anlagen eingesetzt.<sup>2</sup> Für fossiles Erdgas ergibt sich in einer modernen KWK-Anlage ein CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von etwa 160 g/kWh für die erzeugte Wärme. Bei einer Umstellung von Steinkohle auf Erdgas in KWK-Anlagen bleibt der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor daher fast „von selbst“ unterhalb der Grenze von 175 g/kWh.

Wenn als Ersatz für die Steinkohle-Heizkraftwerke bis 2030 in Hamburg neue Heizkraftwerke errichtet werden, dann ist mit deren Betrieb bis über das Jahr 2050 hinaus zu rechnen. Mit Emissionen nahe an der für den CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor vorgegebenen Grenze ist es natürlich nicht möglich, Hamburg bis spätestens 2050 klimaneutral zu machen.

§ 10 des HmbKliSchG schreibt Dekarbonisierungsfahrpläne für Wärmeversorgungsunternehmen vor. In diesen Dekarbonisierungsfahrplänen ist darzulegen, wie das Ziel der nahezu

---

<sup>2</sup> Nach dem [Unternehmensprofil der Wärme Hamburg](#) beträgt der KWK-Anteil im Verbundnetz 90,4 %.

klimateutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2050 erreicht werden kann und wie sichergestellt wird, dass bis zum 31. Dezember 2029 mindestens 30 % der aus dem jeweiligen Netz genutzten Wärme aus erneuerbaren Energien stammt. Der Dekarbonisierungsfahrplan ist der zuständigen Behörde spätestens vier Jahre nach Inkrafttreten des HmbKliSchG vorzulegen. Spätestens zehn Jahre nach der letzten Erstellung ist er zu aktualisieren und erneut der zuständigen Behörde vorzulegen. Diese Bestimmung legt nicht eine Begrenzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern die **Klimaneutralität** der Wärmeversorgung als Ziel fest.

### 4.3 Treibhausgas-Emissionen anstelle von CO<sub>2</sub>-Emissionen

Klimaneutralität bedeutet, dass statt der isolierten Beachtung von CO<sub>2</sub> auch die so genannten Vorketten ins Blickfeld rücken. Wenn wie im Fall von holzartiger Biomasse aus Namibia Transporte über weite Strecken notwendig sind sowie Landnutzungsänderungen auftreten, so können die Vorketten einen erheblichen Anteil an den Treibhausgas-Emissionen ausmachen.

Beim Vergleich von Buschholz aus Namibia sind aber natürlich auch bei den etablierten Energieträgern Treibhausgas-Emissionen zu betrachten. Für das gegenwärtig in der BRD eingesetzte Erdgas ist anstelle von 202 kg CO<sub>2</sub>/MWh mit Vorketten-Werten nach Tabelle 3 im Anhang 1 ein Wert der spezifischen THG-Emissionen von 250 kg CO<sub>2e</sub>/MWh als ein wichtiger Vergleichswert zu den spezifischen THG-Emissionen der Biomasse aus Namibia anzusehen. Zu vergleichen sind weiterhin Altholz und zur Orientierung Steinkohle.

Bei der Altholzverbrennung, die die letzte Stufe einer Kaskadennutzung von Holz bildet, werden die Stufen der vorangegangenen Nutzungen nicht betrachtet. Treibhausgas-Emissionen vor der Einstufung als Altholz werden nicht berücksichtigt und es wird ein Nachwachsen des im Altholz enthaltenen Rohstoffs Holz angenommen.

### 4.4 Zugrunde gelegter Zeithorizont für die Treibhauspotenziale

Die klimarelevanten Emissionen von anderen Treibhausgasen als CO<sub>2</sub> werden auf Äquivalente zu CO<sub>2</sub>-Emissionen umgerechnet, damit den Beurteilungen ein zusammengefasster Einzelwert zugrunde gelegt werden kann. Je nach Fragestellung können verschiedene Zeitintervalle für die Beurteilung der Klimawirkung gewählt werden. Für den langfristigen Anstieg des Meeresspiegels eignet sich der längere 100-Jahre-Zeithorizont am besten. Viele Klima-Wissenschaftler warnen jedoch davor, dass ohne eine starke Reduzierung der Emissionen von Treibhausgasen innerhalb der nächsten 10 bis 20 Jahren Kippunkte der Klimaentwicklung überschritten werden könnten, die Projektionen mit einem 100-Jahre-Zeithorizont obsolet machen würden.

Da es sich bei der Fragestellung dieses Kurzgutachtens um einen Zeitraum von zwei bis drei Jahrzehnten handelt, wird hier bevorzugt mit dem 20-Jahre-Zeithorizont bei den Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen argumentiert. Die Vorketten von Erdgas, einem der verglichenen Energieträger, die größtenteils durch Emissionen von Methan gekennzeichnet werden, erhalten dabei wegen dessen [vergleichsweise kurzen Lebensdauer](#) in der Atmosphäre eine größere Relevanz.

Zu Vergleichszwecken werden in Anhang 4 auch Berechnungs-Ergebnisse mit dem 100-Jahre-Zeithorizont gezeigt.

#### **4.5 Art des Einsatzes der verglichenen Energieträger**

Nach § 3 Abs. 2, Nr. 1 des HmbKliSchG wirkt der Senat darauf hin, dass die Energieumwandlung und -verteilung effizient und gemäß dem Stand der Technik erfolgt. Dementsprechend werden Verbrennungsanlagen in der Fernwärmeerzeugung weitgehend als Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen geplant werden.

Daher werden hier alle verglichenen Energieträger als Brennstoffe für KWK-Anlagen betrachtet. Es wird also nicht nach der speziellen Art unterschieden.

Die folgenden Vorteile von Erdgas gegenüber den konkurrierenden Energieträgern werden dabei übergangen:

- schnellere Reaktionszeiten bei Gas- als bei Biomasse- und Kohlekraftwerken und
- geringere Mengen an Reststoffen.

Unterschiede in der Entsorgung der Reststoffe, die nach dem energetischen Einsatz der Energieträger übrig bleiben, werden hier nicht behandelt.

Bei einem abschließenden Gesamtvergleich sollten diese Punkte berücksichtigt werden.

## 5. Studie mit vergleichbarer Zielsetzung

### 5.1 Studie von UNIQUE zur Bewertung der Treibhausgas-Emissionen

Eine für die GIZ ausgearbeitete Studie der *Forst-Beratung UNIQUE*, Freiburg, von der es eine [Langfassung](#) [Seebauer 2019] und eine [Kurzfassung](#) [Seebauer o. Z.] gibt, enthält eine umfangreiche systematische Bewertung der Treibhausgas-Emissionen, die durch die Verwertung von namibischem Buschholz entstehen.

Diese Studie bildet die Grundlage für eine Bewertung der Treibhausgas-Emissionen des Namibia-Projekts *Bush Control and Biomass Utilisation (BCBU)* durch die GIZ. Eine Kurzfassung der GIZ-Bewertung liegt dem Autor dieses Kurzgutachtens vor [GIZ, Unique, Policy Brief Februar 2020]. Sie ist gegenwärtig noch nicht allgemein zugänglich, da die zugehörige Langfassung noch nicht abgeschlossen ist.<sup>3</sup> In diesem *Policy Brief* von GIZ und UNIQUE und in der UNIQUE-Studie geht es um die Auswirkungen der Buschholz-Nutzung auf das Treibhausgas-Emissionsprofil von Namibia und um die national festgelegten Beiträge Namibias im Rahmen des Pariser Klima-Abkommens von 2015.

Das vorliegende Kurzgutachten betrifft nur einen Teil der UNIQUE-Studie. Der Bilanzierungsrahmen geht aber über diese hinaus, da die gesamten Treibhausgas-Emissionen einer Verwertung von Buschbiomasse aus Namibia bis einschließlich der in Hamburg vorgeschlagenen Nutzung betrachtet werden. Ergebnisse der UNIQUE-Studie finden hier aber Verwendung, soweit die Fragestellungen zueinander passen.

### 5.2 Szenarien der Studie von UNIQUE

In der UNIQUE-Studie [[Seebauer 2019](#)] wurden sechs Szenarien für verschiedene Arten einer Nutzung von Buschholz in Namibia bewertet, von denen im Prinzip drei zum Export von Holzschnitzeln oder Holzpellets nach Hamburg passen.

Kaum von Interesse für einen Holzexport nach Hamburg sind

- Szenario 0 Buschbeseitigung durch Herbizide und verstärkte Viehzucht,
- Szenario 3 Holzkohleproduktion in großem Maßstab und
- Szenario 4 Lokale Nutzung von Buschholz als Feuerholz.

Bei Szenario 3 wird zwar Holzkohle weitgehend für den Export produziert und nach Vorarbeiten von Finnland und UNIDO wird eine [große industrielle Holzkohlefabrik](#) in privater Trägerschaft gebaut, die Treibhausgas-Emissionsbilanz ist allerdings auch beim Einsatz von moderner Ofentechnik [sehr ungünstig](#) [[Bailis 2004](#)].

Ein Buschholz-Export nach Hamburg kann bei einer der drei folgenden Szenarien stattfinden:

- Szenario 1 Wiederherstellung von Weideland,

---

<sup>3</sup> Persönliche Information von Prof. Dr. P. Heck (IfaS)

## Klimawirkung der Verwertung von Buschholz aus Namibia in Hamburg

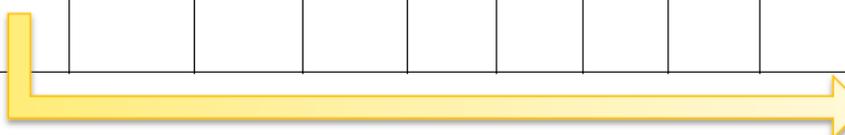
- Szenario 2 Busch-Farming mit Produktion von Holzbriketts und
- Szenario 5 Lieferung von Holzpellets an ein Biomasse-Kraftwerk in Namibia.

Im Rahmen von Szenario 1 wird Buschholz für die Produktion von Viehfutter, Holzbriketts und Holzpellets eingesetzt. Es geht aber verstärkt um die Wiederherstellung der Graslandschaft Savanne, wie sie vor der Verbuschung bestand.

Bei Szenario 2 geht es um eine wiederholte Ernte von Buschholz in einem Zyklus von 12 Jahren. Als Ziel wird die Produktion von Holzbriketts genannt. Es könnte aber auch um Holzschnitzel oder Holzpellets gehen.

Bei Szenario 5 werden Holzpellets für ein Kraftwerk in Namibia erzeugt. Dieses Szenario passt am besten zu einem Holzexport nach Hamburg. An die Stelle des namibischen Kraftwerks würden hier von der GIZ vorgeschlagene Biomasse-Industrieparks treten.

**Table 10: GHG Results Scenario 1 - Rangeland restoration (negative values indicate carbon sequestration)**

	Removal of wood	Growth woody plants	Growth grass	Harvesting & Chipping	Average soil emis-	Arboricide	Transport	Livestock	Pellet pro-duction	Total GHG balance
Emissions over 20 years (tCO <sub>2</sub> e/ha)	22.69	-22.40	-10.27	0.22	-9.86	0.03	0.35	10.55	1.59	-7.10 tCO <sub>2</sub> e/ ha
										-0.54 tCO <sub>2</sub> e /ton wood
	<b>GHG balance per ton wood utilized</b>									

**Bild 2:** Szenario 1 - Wiederherstellung von Weideland; Nutzung von Buschholz für Viehfutter und Produktion von Holzbriketts und Holzpellets (Quelle: [Seebauer 2019])

In den Bildern 2 bis 4 werden die drei Szenarien 1, 2, und 5 charakterisiert. Die Abbildungen wurden der UNIQUE-Studie entnommen.

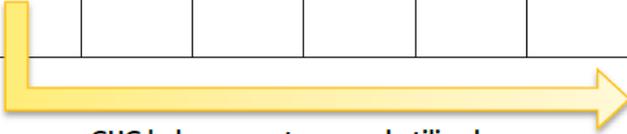
Gemäß einer Lebenszyklusanalyse werden in den Tabellen von UNIQUE die einzelnen Beiträge zu den THG-Emissionen pro Hektar aufgeführt.

In allen drei Szenarien-Beschreibungen werden in der rechten Spalte THG-Emissionen sowohl in Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Hektar als auch in Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Tonne Holz angegeben. Negative Werte bedeuten Abspeicherung von CO<sub>2</sub> oder Kohlenstoff (negative Emissionen). Ein Beispiel für negative Werte ist die Speicherung von Kohlenstoff im Boden.

**Szenario 1** in Bild 2 bildet nach den Berechnungen von UNIQUE eine Kohlenstoff-Senke.

„Bush farming“ in **Szenario 2** (Bild 3) hat Ähnlichkeiten mit Kurzumtriebsplantagen, wie sie auch in der BRD vor allem von Vattenfall betrieben werden. Das Buschholz soll nach der Ernte nachwachsen und nach 12 Jahren wieder geerntet werden. Gegenüber diesem Szenario bestehen in Namibia erhebliche Vorbehalte [[SAIEA 2015](#), 5.3.10], zum einen, weil viele Farmer auf dem entbuschten Land Vieh züchten wollen, zum anderen, weil eine besonders starke Auslaugung der kargen Böden Namibias durch fortgesetzten Abtransport von holzartiger Biomasse befürchtet wird, wenn die entstehenden Verluste an Mineralien nicht ersetzt werden. Außerdem würde das in vielen [Studien](#) auf die Verbuschung zurückgeführte Problem des Absinkens des Grundwasserpegels nicht vermindert, wenn weiterhin durch Büsche mit tiefreichenden Wurzeln [Grundwasser](#) stärker abgesaugt und über das Blattwerk verdunstet würde als in einem grasbewachsenen Savannengebiet oder den Boden gar nicht erreichen würde [[SAIEA 2015](#), 5.1.2].

**Table 11: Results Scenario 2 – Bush farming (negative values indicate carbon sequestration)**

	Removal of wood <sup>8</sup>	Regrowth	Harvesting & Chipping	Average soil emissions	Transport	Pellet production	Total GHG balance
Emissions over 20 years (tCO <sub>2</sub> e/ha)	52.71	-52.71	0.51	3.25	0.8	3.7	8.26 tCO <sub>2</sub> e/ ha
	 GHG balance per ton wood utilized						0.16 tCO <sub>2</sub> e /ton wood

**Bild 3:** Szenario 2 - Busch-Farming mit Produktion von Holzbriketts (Quelle: [[Seebauer 2019](#)])

In **Szenario 5** wird die Gewinnung von Holz-Biomasse für ein geplantes namibisches Kraftwerk modelliert. Dieses Szenario entspricht relativ gut dem Projekt, Holz nach Hamburg zu exportieren.

In Szenario 5 geht es

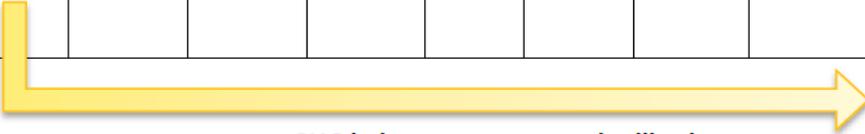
- um die Ernte des Holzes (Removal of wood),
- um Nachwachsen von Biomasse, verbunden mit einer Kohlenstoff-Speicherung (Regrowth with aftercare),
- um den Einsatz von Herbiziden (Arbicide application),
- um den Kohlenstoff-Ausgleich im Boden (Average soil emissions),
- um Emissionen der Viehzucht (Livestock),
- um Emissionen vom Erntevorgang und von der Zerkleinerung des Holzes (Harvesting & Chipping) und
- um den Transport zum Ort der Übergabe (Transport).

Eine Substitution fossiler Energieträger wie in Szenario 5 (Bild 4) entfällt bei einer Verwendung des Holzes in Hamburg.

Zu berücksichtigen sind hier aber

- eine eventuelle Verarbeitung der Energieträger in die in Hamburg eingesetzte Form (wie bei Holzpellets),
- der mehrstufige Transport zum Einsatzort Hamburger Hafen, wo sich das Heizkraftwerk Tiefstack befindet,
- der Einsatz im Heizkraftwerk
- und die Reststoff-Entsorgung.

**Table 15 Results Scenario 5: – Large-scale bush harvest for electricity production (negative values indicate carbon sequestration)**

	Removal of wood	Regrowth with aftercare	Arbicide application	Average soil emissions	Livestock	Harvesting & Chipping	Transport	Substitution of fossil fuels	Total GHG balance
<b>Emissions over 20 years (tCO<sub>2</sub>e/ha)</b>	29.43	-10.56	0.03	-6.56	10.55	0.3	0.9	-5.6	<b>18.49 tCO<sub>2</sub>e / ha</b>
									<b>0.63 tCO<sub>2</sub>e / ton wood</b>
	<b>GHG balance per ton wood utilized</b>								

**Bild 4:** Szenario 5 - Lieferung von Holzpellets an ein Biomasse-Kraftwerk in Namibia (Quelle: [Seebauer 2019])

Bei „average soil emissions“ in den Bildern 2 bis 4 geht es um Unterschiede zwischen den im jeweiligen Boden gespeicherten organischen Kohlenstoff. Nach der Umwandlung der Landnutzungsart verändert sich die Kohlenstoffkonzentration im Boden, wodurch dieser eine Senke oder Quelle für Kohlenstoff bildet (vgl. Abschnitt 5.3.2 und Anhang 2.2).

Tabelle 1 enthält die von UNIQUE angegebenen, über 20 Jahre kumulierten spezifischen Treibhausgas-Emissionen zu den ausgewählten Szenarien. Die zugehörigen Treibhausgase pro Tonnen Holz wurden aus den Werten in den Bildern 2 bis 4 in kg CO<sub>2</sub>e / MWh umgerechnet.<sup>4</sup> Negative Werte bedeuten Abspeicherung von Kohlenstoff. Bei negativen Werten werden also

<sup>4</sup> Für die Umrechnung in kg CO<sub>2</sub>e / MWh wurde durch den Heizwert 4,33 MWh/t dividiert und mit 1000 kg/t multipliziert..

zusätzlich zu einer treibhausgasfreien Gewinnung von Holz und von dessen Verfeuerung auch noch Treibhausgase aus der Atmosphäre entfernt.

Kumulierte spezifische Treibhausgas-Emissionen	Szenario 1a (Savanne) mit Arboriziden	Szenario 1b (Savanne) mit Ziegen	Szenario 2 (Bush farming)	Szenario 5 (Strom-Produktion)
in t CO <sub>2e</sub> / Hektar	-7,10	-0,25	8,26	18,49
in kg CO <sub>2e</sub> / MWh	-125	-4	37	145

**Tabelle 1:** Kumulierte Treibhausgas-Emissionen in kg CO<sub>2e</sub> / ha und in kg CO<sub>2e</sub> / MWh Energiegehalt für das bereitgestellte Holz nach Szenarien in der UNIQUE-Studie [Seebauer 2019, Seite 4], berechnet aus den Werten in den Bildern 2 bis 4. Zur Vermeidung des Nachwachsens der störenden Büsche werden entweder Pestizide (1a) oder Ziegen (1b) eingesetzt.

Wir unterscheiden bei Szenario 1 zwei Varianten. Für **Szenario 1a** ergab sich in der UNIQUE-Studie ein besonders günstiger Wert für die kumulierten THG-Emissionen, wenn Stümpfe und Wurzeln nach dem Ernten der Holzbüschel mit Arboriziden<sup>5</sup> abgetötet werden [SAIEA 2015]. Werden stattdessen in einem **Szenario 1b** zwei Jahre lang Ziegen eingesetzt, um das Nachwachsen des Buschholzes auf umweltschonendere Weise zu verhindern, so steigen wegen des von den Ziegen emittierten Methans die kumulierten THG-Emissionen auf etwa null (Tabelle 1).

Nicht sachgemäßer Einsatz von Arboriziden kann auch erwünschte Pflanzen und geschützte Bäume behindern oder abtöten [SAIEA 2015, 5.3.1 und 5.3.7]. Auch eine Rückbildung von Savannen-Biomasse kann dadurch gestört werden. Immerhin wurde das Versprühen von Herbiziden aus Flugzeugen durch die namibische Regierung verboten.

Nur Szenario 2 entspricht dem klassischen Fall von nachwachsenden Rohstoffen, bei dem nach dem Abholzen ein Nachwachsen bis zur nächsten Ernte stattfindet. Bei den Szenarien 1 und 5 wird das Nachwachsen der Büschel weitgehend unterdrückt, da das abgeerntete Areal größtenteils für die Weidewirtschaft genutzt werden soll. Eine dauerhafte Lieferung von Holz wird hier nur dadurch erreicht, dass immer weitere verbuschte Gebiete zur Lieferung von Buschholz herangezogen werden.

Von Szenario 1 wird das **Szenario 1b**, in dem keine Arborizide eingesetzt werden, weiter untersucht. Szenario 2 steht in Widerspruch zu den Mehrheitswünschen in Namibia nach Wiederherstellung des Potenzials für die Viehzucht und wird daher hier nicht weiter analysiert. Dem

---

<sup>5</sup> Arborizide sind spezielle Herbizide (Pflanzengifte, Unkrautbekämpfungsmittel). Diese zählen wiederum zu den Pestiziden. Ihre Anwendung hat auch geringe Auswirkungen auf die THG-Emissionen, wie z. B. Bild 4 zeigt.

Szenario 5 wurden von UNIQUE höhere THG-Emissionen zugeordnet als dem Szenario 1 (Tabelle 1). Die Gesamtanalyse in Abschnitt 6 zeigt aber, dass die THG-Gesamtbilanz für den Holzexport nach Hamburg günstiger ist als beim Szenario 1b. Das hängt damit zusammen, dass Szenario 5 stärker auf die Ernte von Buschholz zugeschnitten ist, das exportiert werden kann. Da bei diesem weniger Weideland gewonnen werden soll und entsprechend weniger Viehzucht vorgesehen ist, sind hier nach den in diesem Kurzgutachten vorgenommenen Modifikationen die kumulierten THG-Emissionen geringer als bei Szenario 1b.

### **5.3 Modifikationen der Szenarien von UNIQUE**

Die UNIQUE-Studie wurde noch nicht peer-reviewed (von Fachleuten überprüft und begutachtet). Es ist daher angebracht, sie hinsichtlich Korrektheit und Verlässlichkeit zu überprüfen.

Um das vorliegende Kurzgutachten einigermaßen übersichtlich zu gestalten, werden Modifikationen, die hier gegenüber der UNIQUE-Studie vorgenommen wurden, hier nur kurz benannt und stattdessen in Anhang 2 ausführlich beschrieben.

#### **5.3.1 Anpassung an den zeitlichen Verlauf von Holzlieferungen nach Hamburg**

In „ANNEX 1 BUSH MANAGEMENT SCENARIOS – ANNUAL RESULTS OVER 20 YEARS“ der UNIQUE-Studie wurden ab Seite 77 für ein Zeitintervall von 20 Jahren die Quellen- und Senken-Beiträge zu den Treibhausgas-Emissionen aufsummiert. Diese Aufsummierung beschreibt keinen kontinuierlichen Transport von Holz aus Namibia nach Hamburg.

Hamburg soll nicht nur im Jahr 1, sondern innerhalb der Laufzeit eines Biomasse-Heizkraftwerks kontinuierlich Holzlieferungen erhalten. Die Emissionen einer Lieferung finden wie in Bild 11 auf Seite 42 auf 20 Jahre verteilt statt. Wird das Bilanzierungsverfahren auf eine kontinuierliche Lieferung erweitert, so können sich die kumulierten Treibhausgas-Emissionswerte erheblich erhöhen oder auch verringern. Näheres hierzu in Anhang 2.

#### **5.3.2 Speicherung von Kohlenstoff im Boden**

In der UNIQUE-Studie wurde unter Verwendung überholter Literaturwerte damit gerechnet, dass der Boden unter einer Savanne mehr organischen Kohlenstoff speichert als der Boden unter verbuschtem Land. Der Übergang vom verbuschten Land in eine Savannen-Landschaft würde unter diesen Umständen zu einer Senke für Kohlenstoffdioxid führen. Die UNIQUE-Studie macht dabei wie in ihrer Figure 11 selbst die Einschränkung, dass das nur bei einer erfolgreichen Wiederherstellung der Savanne zu erwarten wäre.

Nach heutigem Kenntnisstand ist hinsichtlich der Speicherung von organischem Kohlenstoff im Savannenboden das Gegenteil dessen zu erwarten, was in der UNIQUE-Studie angenommen wurde (Tabelle 5 in Anhang 2.2). Da angenommen wird, dass sich nach der Umwandlung von verbuschtem Land in Savannen-Grasland im Lauf der Zeit der typische Kohlenstoff-Gehalt einer Savanne einstellt und sich damit der organische Kohlenstoffgehalt im Boden im Vergleich zu verbuschten Gebieten verringert, entsteht eine Treibhausgas-Quelle. Bei Berücksichtigung dieses Effekts erhöhen sich die kumulierten Treibhausgas-Emissionswerte. In dieser Kurzstudie

wurde konservativ nur die Hälfte dieses in [Zhou 2019] quantitativ beschriebenen Effekts als Treibhausgas-Quelle in Rechnung gestellt. Näheres hierzu in Anhang 2.2.

Es gibt Hinweise darauf, dass die Umwandlung von verbuschtem Land in Grasland zwar nicht in sehr kurzer Zeit, aber rascher als innerhalb von 20 Jahren von statten gehen könnte [Buyer 2016]. Es ist allerdings noch zu wenig darüber bekannt. Daher wird in dieser Hinsicht hier dem Modell von UNIQUE gefolgt.

Zu verweisen ist hier auch auf die in [Zimmermann 2017] beschriebenen Erfahrungen mit Böden nach der Umwandlung zu Grasland. „Es ist unwahrscheinlich, dass nährstoffreiches Gras nach der Entbuschung gut wächst, und es ist wahrscheinlich, dass bei dem Versuch der Natur, die Fruchtbarkeit langfristig wiederherzustellen, mehr Buschwerk nachwächst.“

Daher ist bei gezielten Landnutzungsänderungen große Vorsicht angebracht. Der „Raubbau an der Erde“ wird vielfach unterschätzt und müsste sehr ernst genommen werden.<sup>6</sup>

### 5.3.3 Geringfügigere Modifikationen

Damit sich mehrjähriges Gras bilden kann, muss die geplante erweiterte Viehzucht nach der Buschholz-Ernte für mindestens zwei Jahre aufgeschoben werden. Wenn für die Nachsorge nach der Buschholzernte in Szenario 1b für zwei Jahre Ziegen eingesetzt werden, so sollte rechnerisch die Beweidung durch Rinder erst vier Jahre nach der Abholzung vollumfänglich beginnen, damit sich in der Ruhepause mehrjähriges Gras bilden kann. Eine ähnliche Verzögerung um zwei Jahre ist in Szenario 5 sinnvoll. Durch diese Maßnahmen verringern sich die kumulierten Treibhausgas-Emissionswerte.

### 5.3.4 Zu optimistische Beschreibungen

Besonders im Szenario 1 wird eine Umwandlung der verbuschten Landstriche vorgeschlagen, die in der Praxis kaum vollumfänglich in der am Schreibtisch ausgedachten Art funktionieren wird.<sup>7</sup> In der Studie [SAIEA 2015] werden in Abschnitt 5.3 mögliche negative Wirkungen der Buschdünnung beschrieben, die sich in der Praxis zu einem gewissen Anteil als ernsthafte Hemmnisse für die erhofften positiven Ergebnisse erweisen dürften. In [Muller 2019] wurden in einer SWOT-Analyse Risiken der Brennstoffversorgung aus Buschholz aufgezählt. Die bei der Versorgung der Zementfabrik Ohorongu Cement mit Holzschnitzeln aus Buschholz aufgetretenen ernstesten Probleme sowohl mit den teuren Erntemaschinen als auch mit dem unerfreulichen Ergebnis für die Farmen bei der Buschbeseitigung wurden in [Rothauge 2014] im Detail erläutert. In diesem Kurzgutachten wurde aber davon abgesehen, auch hierfür Modifikationen vorzunehmen.

---

<sup>6</sup> Hierzu allgemein: Schwinn, Florian: Raubbau an der Erde: Unser Krieg gegen den Boden. [Blätter für deutsche und internationale Politik](#) 10'19, Seite 99 - 111

<sup>7</sup> Vgl. Zitat aus der UNIQUE-Studie in Abschnitt 6.5

## 6. Klimawirkung der energetischen Verwertung von Buschholz aus Namibia in Hamburg

### 6.1 Vergleich von unterschiedlichen Energieträgern für Hamburger Heizkraftwerke

Für die klimapolitische Bewertung von Buschholz in Hamburg ist ein Vergleich mit anderen Energieträgern, die am Energiestandort Tiefstack die Steinkohle in der Fernwärmeerzeugung ersetzen können, angebracht. Die Gesamtemissionen von Buschholz wurden unter Berücksichtigung der Modifikationen von Abschnitt 5.3 berechnet. Anders als beim Buschholz werden bei Altholz, Erdgas und Steinkohle die direkten Treibhausgas-Emissionen der Verbrennung und die Treibhausgas-Emissionen der gesamten Vorketten getrennt aufgeführt.

Altholz aus der BRD liegt am Ende eines in sich geschlossenen Kreislaufs. Daher wird angenommen, dass die Emissionen der Verbrennung durch nachwachsendes Holz vollständig kompensiert werden. Bei Holz aus Namibia wird nach den Szenarien 1b und 5 bewusst verhindert, dass auf dem Gebiet der Holzernte erneut Holz nachwächst. Erwünscht ist vielmehr die Herstellung einer beweidbaren Grasfläche. Ein wichtiger Teil der Vorketten von Buschholz sind Landnutzungsänderungen, die beim nachwachsenden Ersatz für Altholz aus der BRD und bei den verglichenen fossilen Brennstoffen nicht in nennenswertem Umfang auftreten.

### 6.2 Kumulierte Treibhausgas-Emissionen im Vergleich

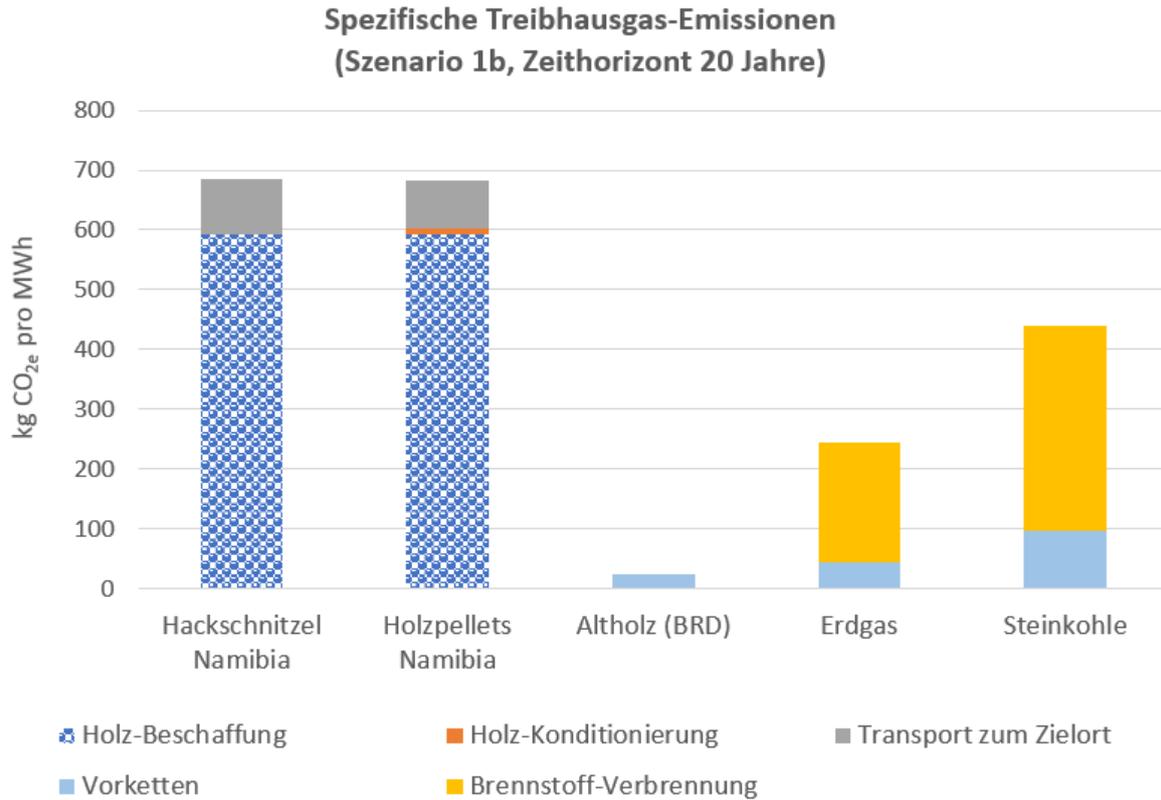
Bild 5 zeigt einen Vergleich der kumulierten Treibhausgas-Emissionen gemäß **Szenario 1b** unter Einschluss der Verbrennung im Hamburger Kraftwerk für Altholz, Erdgas und Steinkohle sowie für Buschholz aus Namibia in Form von Holzschnitzeln oder von Holzpellets. Die Emissionsbilanz für Steinkohle wird nur zum Vergleich gezeigt.

Anhang 3 enthält Erläuterungen zur Berechnungsart der einzelnen Teilbeiträge zu den Treibhausgas-Emissionen. Zahlenangaben zu Bild 5 finden sich in Anhang 4.

Dass die kumulierten Treibhausgas-Emissionen für das Szenario 1b nach den in Abschnitt 5.3 erläuterten Modifikationen sogar erheblich höher sind als die von Steinkohle liegt in erster Linie an den [Methanemissionen der zusätzlichen Viehhaltung](#) und an der Kohlenstoffquelle aus dem Boden nach der Umwandlung von Buschland in Savannenland. Wie Bild 13 auf Seite 42 zeigt, spielt die Berücksichtigung kontinuierlicher Holzlieferungen nach Hamburg anstelle von einmaligen Lieferungen zu Beginn des betrachteten 20-Jahre-Zeitintervalls zunächst eine dämpfende Rolle.

Nach Bild 17 auf Seite 55 im Anhang 4 ist bei Szenario 1b Buschholz aus Namibia auch bei einer Bilanzierung mit einem 100-Jahre-Zeithorizont noch schlechter als Steinkohle.

Anzumerken ist, dass der starke Einfluss von Ruß auf die Erderwärmung – beispielsweise durch den Schiffstransport – weder in der UNIQUE-Studie noch in diesem Kurzgutachten berücksichtigt wurde.



**Bild 5:** Über 20 Jahre kumulierte spezifische Treibhausgas-Emissionen von Energieträgern im Vergleich für das modifiziert berechnete UNIQUE-**Szenario 1b** mit einem Zeithorizont von 20 Jahren. Dargestellt sind die Treibhausgas -Emissionen pro Energiegehalt des Brennstoffs in kg CO<sub>2e</sub> / MWh.

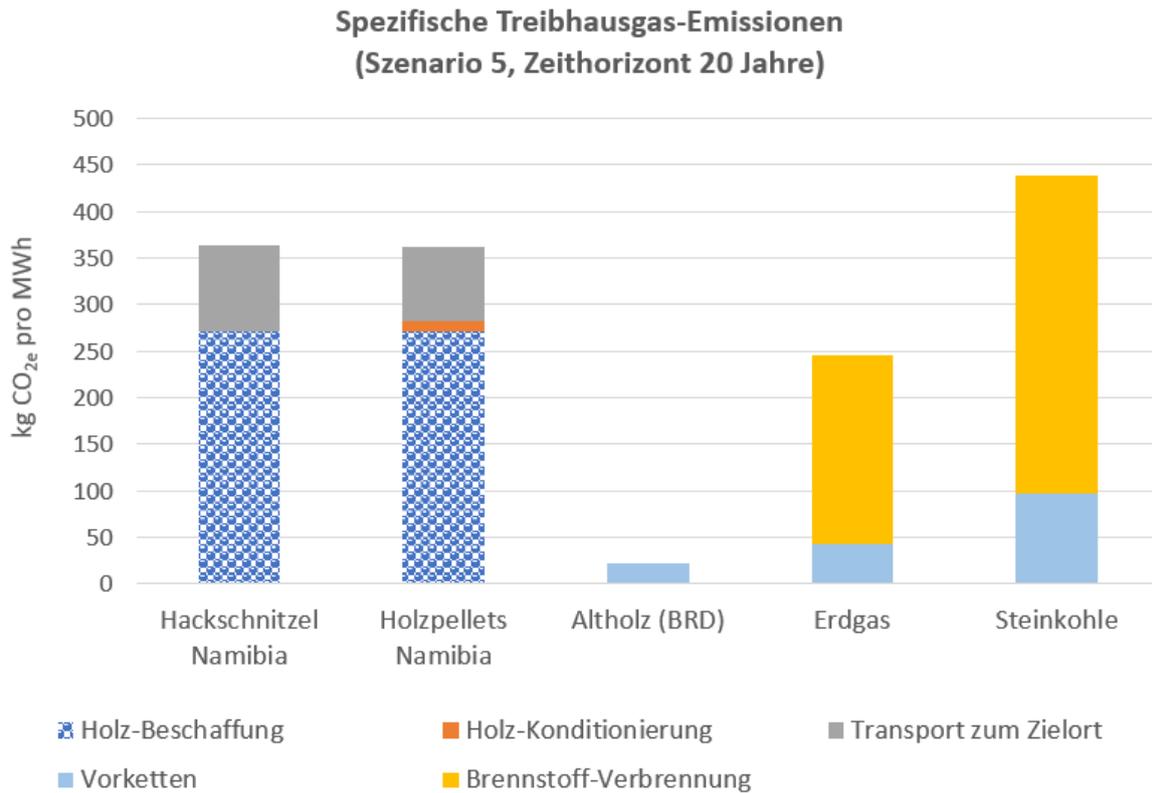
Bild 6 zeigt Entsprechendes für das **Szenario 5**.<sup>8</sup>

Beim Szenario 5 sind nach den in Abschnitt 5.3 erläuterten Modifikationen die kumulierten Treibhausgas-Emissionen von Buschholz niedriger als die von Steinkohle, aber erheblich höher als die von Erdgas. Nach Bild 18 auf Seite 56 in Anhang 4 gilt das auch bei einer Bilanzierung mit einem 100-Jahre-Zeithorizont. Die Gründe sind ähnlich wie beim Szenario 1b in Bild 5.

Szenario 5 erscheint hinsichtlich der Emissionen von Treibhausgasen besser als Szenario 1b. Es ist aber zu bedenken, dass bei Szenario 1b ein schonenderer Übergang zu einer Graslandschaft geplant ist als bei Szenario 5.

---

<sup>8</sup> Der in [Heck 2020 auf Seite 20] angegebene Vergleich zwischen den CO<sub>2</sub>-Emissionen der Biomasse mit denen von Steinkohle und Erdgas ist nicht nachvollziehbar. Ähnliche Vorbehalte bestehen gegenüber den Angaben auf der Seite 8 dieser Präsentation.



**Bild 6:** Über 20 Jahre kumulierte spezifische Treibhausgas-Emissionen von Energieträgern im Vergleich für das modifiziert berechnete UNIQUE-Szenario 5 mit einem Zeithorizont von 20 Jahren. Dargestellt sind die Treibhausgas -Emissionen pro Energiegehalt des Brennstoffs in kg CO<sub>2e</sub> / MWh.

### 6.3 Hackschnitzel oder Holzpellets?

Für einen Vergleich der Lieferung von Hackschnitzeln oder Holzpellets von Namibia nach Hamburg zeigt sich in den Bildern 5 und 6, dass die von Hackschnitzeln und die von Holzpellets verursachten Treibhausgas-Emissionen etwa gleich sind. Für in Namibia aus Hackschnitzeln erzeugte Holzpellets ergeben sich auf Grund einer höheren Dichte des Materials geringere Emissionen in der Transportkette. Die Treibhausgas-Emissionen der Pelletierung sind bei Verwendung von erneuerbarem Strom relativ klein. Genaueres zur Berechnung in Anhang 3.

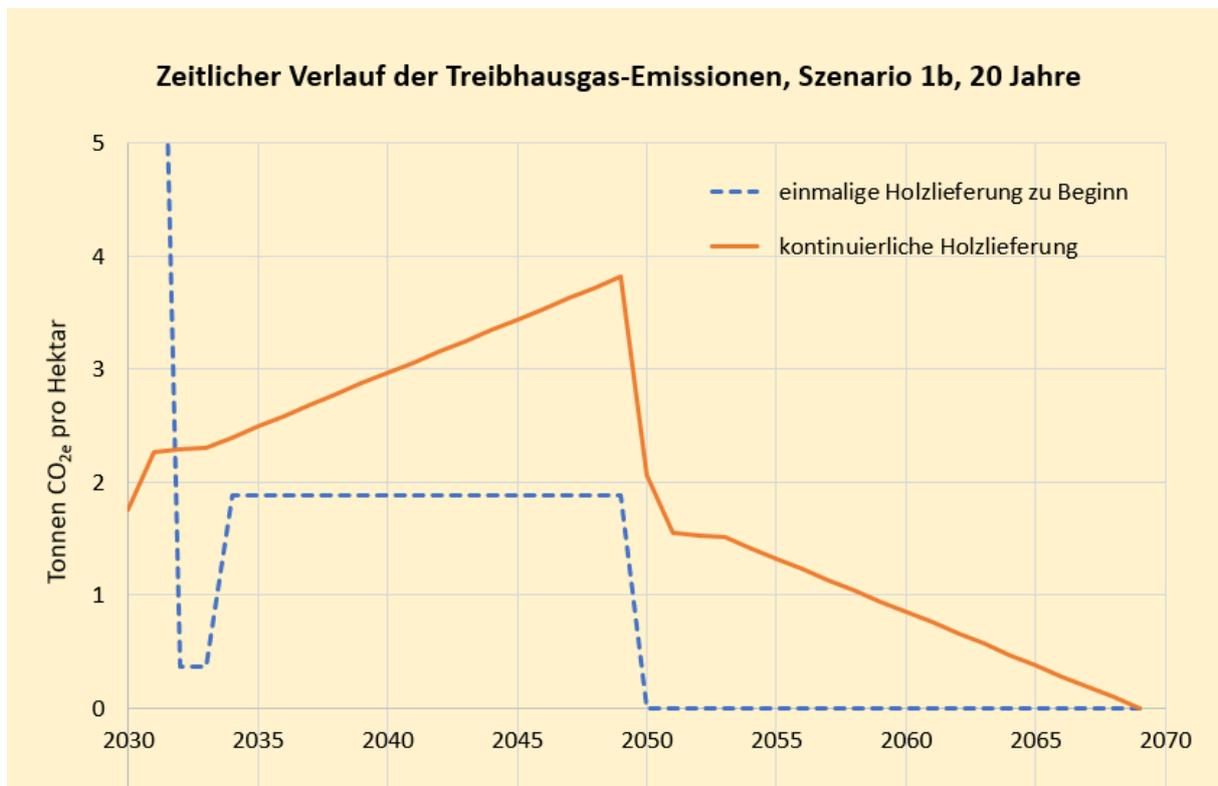
Bei einer Entscheidung über die Form der Holz-Lieferung kommt es allerdings nicht nur auf die Unterschiede bei den THG-Emissionen an, sondern auch auf die Kosten des gelieferten Holzes und auf weitere Randbedingungen.

### 6.4 Treibhausgas-Emissionen im zeitlichen Verlauf

Bei einer kontinuierlichen gleichbleibenden Holzlieferung nach Hamburg und einer zeitnahen Nutzung in einem Kraftwerk wachsen, wie die Bilder 7 und 8 zeigen, die Treibhausgas-Emissionen, die durch die energetische Nutzung des Buschholzes verursacht werden, im Lauf der

Zeit erheblich an.<sup>9</sup> Nach der Beendigung einer Belieferung des Hamburger Heizkraftwerks nach 20 Jahren würden sie gemäß Abschnitt 5.3.1 noch länger fortgesetzt werden, da infolge der Landnutzungsänderungen in Namibia weiterhin Treibhausgas-Emissionen auftreten würden. Verständlich wird der Gedankengang bei Betrachtung von zeitlichen Emissions-Verteilungen wie in Bild 11 auf Seite 42, die (modifiziert) den Hintergrund für die blau gestrichelten Linien in den Bildern 7 und 8 enthalten. Wenn 20 blaue Kurven wie in Bild 7, jeweils um ein Jahr verschoben, addiert werden und durch 20 dividiert wird, dann entsteht die orangefarbene Kurve, die die Treibhausgas-Emissionen im Zeitverlauf wiedergibt.

Es ist offensichtlich, dass dieses zeitliche Ansteigen der Treibhausgas-Emissionen in erheblichem Widerspruch zu der in Hamburg angestrebten Senkung der Treibhausgas-Emissionen bis auf null möglichst vor dem Jahr 2050 stehen würde.



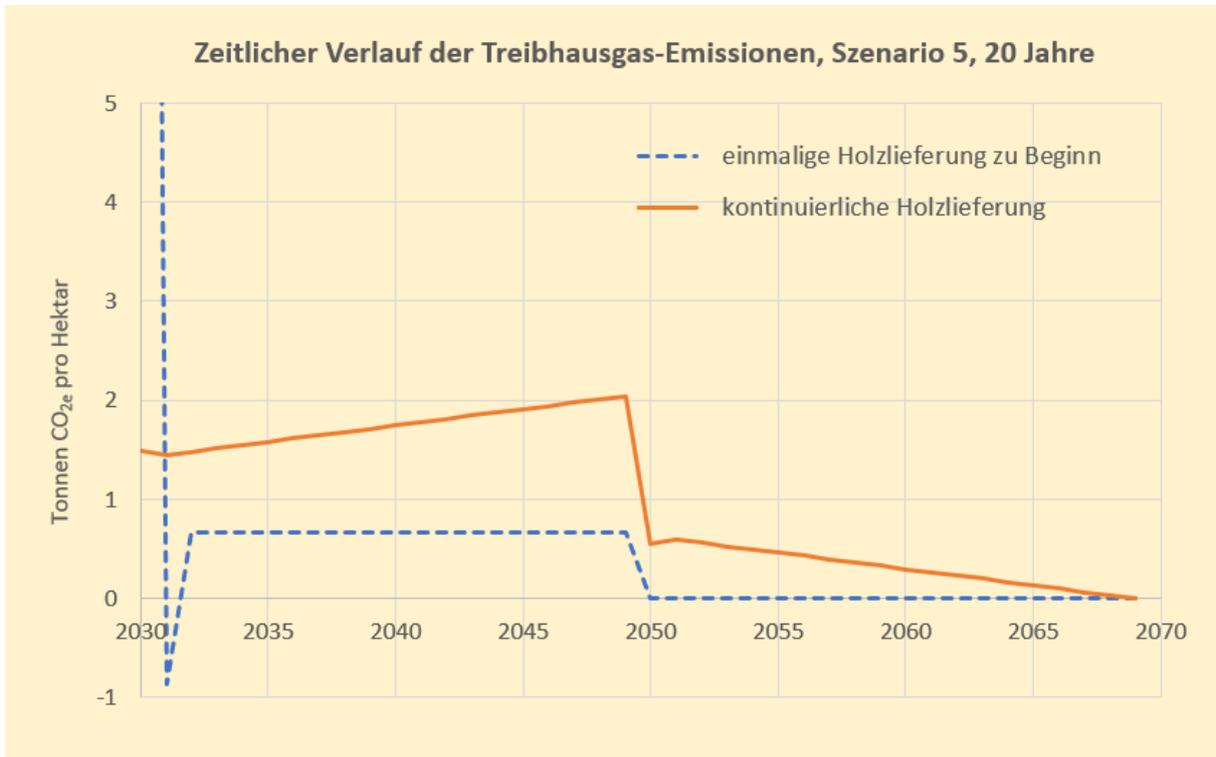
**Bild 7:** Zeitlicher Verlauf der Treibhausgas-Emissionen bei Szenario 1b. Bei einer einmaligen Holzlieferung zu Beginn eines Zeitintervalls von 20 Jahren wie in den Berechnungen der UNIQUE-Studie (Bild 11) gilt die blaue Linie, bei einer kontinuierlichen gleichbleibenden Holzlieferung die Linie in orange.

Im Unterschied zu den kumulierten Treibhausgas-Emissionen in den Bildern 5 und 6 ist bei der Interpretation der Bilder 7 und 8 zu beachten, dass Veränderungen des organischen

---

<sup>9</sup> Zur Vereinfachung wurde hier noch der Bezug auf einen Hektar in Namibia beibehalten. Mit einigem Aufwand ließen sich diese Bilder aber auf den Hamburger Heizkraftwerken entsprechende Bilder umrechnen.

Kohlenstoffs im Boden nach der Ernte der Büsche nicht gleichmäßig über 20 Jahr hinweg erfolgen dürften. Diese Bilder haben also eher indikativen Charakter.



**Bild 8:** Zeitlicher Verlauf der Treibhausgas-Emissionen in Szenario 5. Bei einer einmaligen Holzlieferung zu Beginn eines Zeitintervalls von 20 Jahren wie in den Berechnungen der UNIQUE-Studie (Bild 11) gilt die blaue Linie, bei einer kontinuierlichen gleichbleibenden Holzlieferung die Linie in orange.

### 6.5 Bewertung und Diskussion der Ergebnisse

Die in den Bildern 5 bis 8 wiedergegebenen Ergebnisse sprechen sehr klar gegen die vorgeschlagene energetische Nutzung von Buschholz in Hamburg. Eine Nutzung von Altholz aus der BRD wäre bei der Fernwärmeerzeugung für das globale Klima bei weitem besser. Statt in ein Abenteuer mit einer interkontinentalen Holzlieferung aus Namibia einzusteigen, sollte sich das Fernwärme-Unternehmen Wärme Hamburg eher darum bemühen, die Belieferung mit weiterem Altholz sicherzustellen. Mit dem Auslaufen der EEG-Förderung für die Stromerzeugung in Altholz-Kraftwerken dürften in der BRD nennenswerte Mengen von Altholz frei werden, die für Hamburg gesichert werden müssten.

Die betriebswirtschaftliche Seite ist nicht Gegenstand dieses Kurzgutachtens. Es sei jedoch angemerkt: Auch ohne umfangreiche Berechnungen ist erkennbar, dass sich die Beurteilung von Buschholz-Lieferungen aus Namibia eher noch verschlechtern wird, wenn auch die Kosten der Fernwärmeerzeugung mit Buschholz aus Namibia beachtet werden.

Auf den heimischen Energieträger Stroh wird in diesem Kurzgutachten nicht eingegangen, weil sich in der Kürze der verfügbaren Zeit keine ausreichenden Angaben zu den Vorketten finden ließen.

Selbst Erdgas wäre nach den Resultaten in den Bildern 5 bis 8 hinsichtlich der Klimawirkung noch deutlich günstiger als Buschholz aus Namibia. Zudem lässt sich ein Erdgas-Heizkraftwerk schon gegenwärtig auf den Einsatz von Wasserstoff vorbereiten. Ein Übergang auf grünen Wasserstoff noch deutlich vor dem Jahr 2050 liegt durchaus im Bereich des Möglichen. Dazu kämen die schon oben aufgeführten Vorteile eines Gas-Heizkraftwerks gegenüber einem Biomasse-Heizkraftwerk.

Es könnte versucht werden, die Szenarien 1b und 5 in Abschnitt 5.2 einschließlich der Modifikationen in Abschnitt 5.3 solange zu verändern, bis sich bessere kumulierte THG-Emissionen als diejenigen von Erdgas einstellen. Es ist jedoch dringend davor zu warnen, so vorzugehen.

Während nämlich die Berechnungen für die Vergleichs-Energieträger Altholz, Erdgas und Steinkohle auf einer sehr verlässlichen Basis beruhen, sind die Umstände der Gewinnung von Buschholz in Namibia nach Vorgaben vom Schreibtisch höchst spekulativ und unzuverlässig.

Die Autoren der UNIQUE-Studie schreiben dazu:

„Large-scale bush thinning imposes significant changes on ecosystem processes. However, the larger the impacts on the environment, the higher the uncertainties regarding the thinning operations and related value chains, especially taking into account the effects of climate change. The evaluations presented are the result of an extensive literature review and expert consultations, but cannot claim to understand these impacts to a full extent. They rather point out tendencies.“<sup>10</sup>

Auf Grund von ähnlichen Überlegungen wurde in dieser Kurzstudie nur die Hälfte der Kohlenstoff-Unterschiede in den verglichenen Böden entsprechend Bild 16 auf Seite 47 in Rechnung gestellt.

Auch zeigen Erfahrungen mit großflächiger Buschernte für die Produktion von Zement im namibischen Unternehmen Ohorongo Cement, dass bei der Buschernte mit erheblichen Unterschieden zwischen Theorie und Praxis zu rechnen ist [[SAIEA 2015](#), 5.3].

Die UNIQUE-Studie enthält kein Szenario, das für die Tourismusbranche Buschausdünnung mit der Nutzung einer sich bildenden Savanne verbindet. In [[Brown 2018](#), Seite 48] wurde aber bereits darauf hingewiesen, dass in diesem Fall erhebliche Treibhausgas-Emissionen durch

---

<sup>10</sup> „Großflächige Ausdünnung der Büsche führt zu signifikanten Veränderungen der Ökosystemprozesse. Je größer jedoch die Auswirkungen auf die Umwelt sind, desto größer sind die Unsicherheiten bezüglich der Ausdünnungsoperationen und der damit verbundenen Wertschöpfungsketten, insbesondere unter Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels. Die vorgestellten Bewertungen sind das Ergebnis einer umfangreichen Literaturrecherche und Expertenconsultationen, können aber nicht den Anspruch erheben, diese Auswirkungen in vollem Umfang zu verstehen. Sie zeigen vielmehr Tendenzen auf.“

weiträumigen (Luxus-)Tourismus gegen Emissionsvorteile durch den Wegfall des Methan-Ausstoßes von Wiederkäuern stehen würden.

Die IPCC 2006 Guidelines bzw. das IPCC 2019 Refinement sehen zur Vermeidung von Doppelzählungen in der Quellgruppe Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft eine Zuordnung der Emissionen zum Staat der Biomassernte vor.<sup>11</sup> Im Fall eines Holztransports von Namibia nach Hamburg müssen die in Hamburg bei der Verbrennung freigesetzten Treibhausgase also dem Staat Namibia zugeordnet werden, in dem die Buschholzernte vorgenommen wurde.

Anstelle einer Lebenszyklusanalyse unter Berücksichtigung der IPCC Guidelines, wie sie in der UNIQUE-Studie durchgeführt wurde, könnte wie in [\[Brown 2018\]](#) argumentiert werden, der Zuwachs an Verbuschung außerhalb der Gebiete, in denen die Buschdünnung vorgenommen werden soll, sollte zum Ausgleich für die Emissionen der Holzernte und Holzverbrennung herangezogen werden.

Mit dieser Argumentation würden sich jedoch rasch Bilanzierungswidersprüche ergeben. Namibia und die GIZ planen in Zukunft eine Buschholzernte in sehr großem Umfang. In [\[Heck 2020\]](#) wird eine Buschholzernte von 18 Mio. t pro Jahr als Ziel für 2030 genannt, also doppelt so viel wie die angeblich jährlich nachwachsende Holzmenge. Das in Namibia nachwachsende Buschholz würde daher als Emissionsausgleich voraussichtlich längst „ausgeschöpft“ sein, bis Buschholz für den Einsatz in einem Heizkraftwerk, das in etwa einem Jahrzehnt fertig sein wird, nach Hamburg transportiert werden könnte. Anzumerken ist noch, dass Zweifel daran bestehen, ob wirklich tatsächlich etwa drei Prozent an Buschholz jährlich zuwachsen ([\[Joubert 2017\]](#) und [\[Rohde 2012\]](#)).

Der CO<sub>2</sub>-Entzug durch Verbuschung in zahlreichen Regionen der Erde ist ein natürlicher Vorgang, von dem die globale Treibhausgas-Bilanz beeinflusst wird. Bevor Treibhausgas-Emissionen wie die des Verbrennens von Buschholz einschließlich der Vorketten gegen diese CO<sub>2</sub>-Speicherung verrechnet werden, ist zu bedenken, dass die Freisetzung von Treibhausgasen sich gegenwärtig sogar beschleunigt statt drastisch zu sinken, wie es für die Einhaltung des Klimaabkommens von Paris und eines globalen Treibhausgas-Budgets notwendig wäre.

In dem in Abschnitt 5.1 erwähnten, von der GIZ geplanten Bericht über die Auswirkungen der Buschholz-Nutzung auf das Treibhausgas-Emissionsprofil von Namibia, zu dem schon eine Kurzfassung [\[GIZ, Unique, Policy Brief Februar 2020\]](#) existiert, müssten die vorliegenden Ergebnisse Berücksichtigung finden, auch wenn es in diesem GIZ-Bericht nicht um einen Export von Buschholz nach Hamburg geht.

---

<sup>11</sup> „Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions from the combustion of biomass or biomass-based products are captured within the CO<sub>2</sub> emissions in the AFOLU sector through the estimated changes in carbon stocks, e.g. from biomass harvest, even in cases where the emissions physically take place in other sectors (e.g., energy).“ (Chapter 1, [Introduction to National GHG Inventories](#))

Vor allem wegen einer verbesserten Datenlage zu dem im Boden der verbuschten Gebiete gespeicherten organischen Kohlenstoff (Tabelle 5) sollten Veränderungen beim Treibhausgas-Emissionsprofil von Namibia vorgenommen werden (Abschnitt 5.3.2, Ende von Anhang A 2.2). Außerdem sollte die Bedeutung einer sehr raschen Senkung aller Treibhausgase als Vorbedingung zur Einhaltung des internationalen Klimaschutz-Abkommens von Paris durch Anwendung des 20-Jahre- statt des 100-Jahre-Zeithorizonts anerkannt werden.

## 7. Klima-Ausgleich für eine Buschholz-Verbrennung in Hamburg

Offenbar wurden im Zusammenhang mit der von der GIZ vorgeschlagenen Partnerschaft Hamburg – Namibia bereits Kontakte zwischen Hamburgs Erstem Bürgermeister Tschentscher und dem Botschafter von Namibia aufgenommen.

Wenn es aus politischen Gründen mit der Aussicht auf erhebliche volkswirtschaftliche Vorteile für Namibia zu einem Vertragsabschluss zwischen Hamburg und Namibia zwecks Übernahme von Buschholz kommen sollte, obwohl die klimapolitische Bilanz stark dagegen spricht, so wäre es im Sinne der Klimaziele Hamburgs angebracht, diese unzureichende Klimabilanz durch ergänzende Maßnahmen auszugleichen, am besten in Namibia selbst.

In Abschnitt 1 wurde bereits darauf hingewiesen, dass eine Entwicklung der Hamburger Fernwärmeversorgung bis zur Klimaneutralität sehr wahrscheinlich den Entzug von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre notwendig machen wird. Denn in jüngster Zeit häufen sich Hinweise darauf, dass die Einhaltung der Grenze für die Erhöhung der globalen Temperatur von 2 °C oder gar von 1,5 °C nur bei einer [CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus der Atmosphäre](#) möglich sein wird. Das muss aber nicht heißen, dass zu Techniken des Geo-Engineering gegriffen werden sollte oder Begrenzungen gegen CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Speicherung ([CCS](#)) aufgeweicht werden sollten.

In Frage käme beispielsweise eine nachhaltige Wiederaufforstung im Norden Namibias. Es ist [bekannt](#), dass der [Waldverlust in Namibia](#) besonders hoch ist. Zwischen 1990 und 2015 hat Namibia [mehr als 20 Prozent seines Waldes](#) verloren. Viel Wald wurde schon während des Bürgerkriegs, der 1990 beendet wurde, zerstört. Namibia hat sich [Ziele zur Wiederaufforstung](#) gesetzt, ist aber wirtschaftlich kaum in der Lage, diese rasch genug umzusetzen. Es müsste allerdings ausgeschlossen werden, dass es unter dem Stichwort Wiederaufforstung zur stark [kritisierten Anlage von Holzplantagen](#) in großem Stil oder ähnlichen [Fehlentwicklungen](#) käme.

Neben einer klimabezogenen Kompensation sollte Hamburg im Falle einer Buschholz-Partnerschaft dafür sorgen, dass auch der mit dem Holzexport verbundene Verlust an Mineralien ausgeglichen wird, die dem ohnehin kargen Boden Namibias durch die Buschholzernte entzogen werden würden [[NRMP 2019](#), Case Study 6]. Zu beachten ist dabei, dass die Asche aus der Verbrennung in Hamburg kaum auf die entbuschten Gebiete in Namibia zurückgebracht werden würde.

Für beide Vorschläge konnten im Rahmen dieses Kurzgutachtens keine genaueren Planzahlen und Verfahren ausgearbeitet werden. Um eine Vorstellung von der Größenordnung des benötigten Klimaausgleichs zu geben, genügt aber eine einfache Abschätzung.

Bei 300.000 Tonnen Buschholz pro Jahr für einen Teil des Kohleersatzes im HKW Tiefstack nach Anhang 3.1 geht es um eine Brennstoff-Energie in Höhe von 1.300.000 MWh pro Jahr. Bei der Verbrennung dieses Energieträgers werden rund 530.000.000 kg CO<sub>2</sub> ausgestoßen. Eine ausgewachsene Buche speichert [12,5 kg CO<sub>2</sub> pro Jahr](#). Für einen Ausgleich müssten also rund 40 Mio. Bäume angepflanzt werden und zwar möglichst frühzeitig, da sie ja einige Zeit wachsen müssen, bis sie ihre volle CO<sub>2</sub>-Speicherwirkung entfalten können. Bei Betrachtung der Bilder 5 bis 8 zeigt sich allerdings, dass es eher um 50 Mio. Bäume oder mehr gehen könnte. Es

ginge um eine Aufforstungsfläche von mehr als 500 km<sup>2</sup>. Ein klimapolitischer Ausgleich dieser Art dürfte für Hamburg finanziell durchaus tragbar sein – besonders angesichts der „langen Tradition in der Afrikakooperation“, an die Prof. Dr. P. Heck (IfaS) bei der [Vorstellung](#) des Memorandum of Understanding erinnerte.

Das Unternehmen Wärme Hamburg GmbH, das in absehbarer Zeit Gewinne erwirtschaften soll, wäre wahrscheinlich für sich allein durch Ausgleichs-Aufwendungen dieser Art überfordert. Eine solches Vorgehen müsste von der Stadt Hamburg selbst mit Namibia vereinbart werden und könnte Teil eines Abkommens zur [Wiedergutmachung](#) für den Genozid an den Herero und Nama sein, das von den [Herero und Nama](#) gefordert wird.

## 8. Kaskadennutzung von Buschholz in Namibia

Es ist in hohem Maße problematisch, die Art der Nutzung von Buschholz in Namibia in erster Linie nach der wachsenden Nachfrage bestimmter Produkte auf den globalen Märkten auszurichten. Für die von diesen Märkten ausgesandten Signale spielt die Zukunftsfähigkeit von Investitionen leider eine untergeordnete Rolle. Es mag sein, dass die Nachfrage nach Holzkohle, die im globalen Norden fast vollständig dem Freizeitvergnügen Grillen dient, gegenwärtig immer noch zunimmt. Die extreme Klimaschädlichkeit der Herstellung von Holzkohle – ob nun aus Tropenholz oder nicht, ob erzeugt in urtümlichen kleinen oder in großen industriellen Pyrolyse-Öfen – wird bei sich zuspitzender Klimakrise früher oder später dazu führen, dass auf das Grillen mit Holzkohle verzichtet werden muss, zumal klimaschonendere Alternativen existieren.

Wie das vorliegende Kurzgutachten ergeben hat, ist der Einsatz von Buschholz aus Namibia in Hamburger Heizkraftwerken je nach Szenario klimaschädlicher als der von fossilem Erdgas oder sogar von Steinkohle und daher aus Sicht des Klimaschutzes zweifellos nicht nachhaltig.

Statt frisch geerntete Biomasse gleich zu verbrennen ist ein stofflicher Einsatz nach den Leitprinzipien der Kaskadennutzung<sup>12</sup> bei weitem vorzuziehen, weil dabei das CO<sub>2</sub>, das beim Pflanzenwachstum der Atmosphäre entzogen wurde, für lange Zeit klimafreundlich gespeichert bleiben kann. Unter Kaskadennutzung von Holz wird eine nachhaltige Verwendung dieses Rohstoffs über mehrere lang andauernde Stufen bis zu einer abschließenden energetischen Nutzung oder einer Kompostierung verstanden [[Europäische Kommission 2019](#)].

DECOSA, die Development Consultants for Southern Africa, erstellten im Jahr 2015 mit Unterstützung der GIZ eine Broschüre „Adding Value to Namibian Encroacher Bush“ [[DECOSA 2015](#)], in der zahlreiche Nutzungsmöglichkeiten für Buschholz aus Namibia anschaulich beschrieben werden. Ausführlichere Angaben sind in [[Trede 2015](#)], eine Einordnung in einen größeren Zusammenhang in [[SAIEA 2015](#)] zu finden. In [[DECOSA 2015](#)] wurden fünf Möglichkeiten für die unmittelbare Verbrennung von Buschholz und sieben Arten des stofflichen Einsatz jeweils auf zwei Seiten beschrieben. Ein Teil der stofflichen Nutzungsarten, der nicht randständig ist, verspricht höhere Wertschöpfung in Namibia selbst und erheblich geringere Treibhausgas-Emissionen, da eine mögliche Verbrennung in der Endstufe einer Kaskadennutzung weit in der Zukunft liegt.

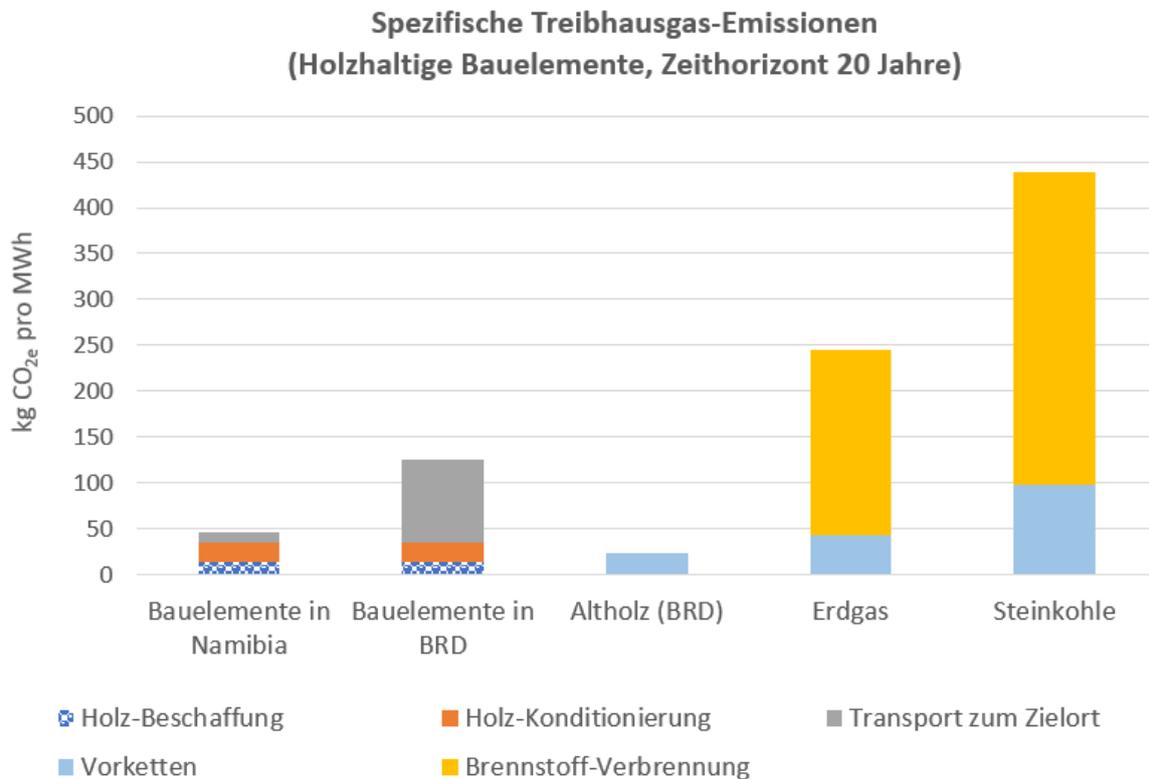
Neben begrenzten Nutzungen wie für Parkett, Dachschindeln, Zaunpfähle und Holzgriffe dürfte der Einsatz von Buschholz im Bauwesen auf zunehmendes Interesse stoßen. Allein unter Markt-Perspektiven werden in [[Trede 2015](#)] Ziegel aus Holzbeton und zementgebundene Spanplatten für zukunftsträchtig gehalten. Die Berater empfehlen dringend, einen internationalen Partner mit Erfahrung in der Produktion einzubeziehen. Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe (WPC) könnten eine interessante Option für spezielle Produkte des Innenausbaus und der

---

<sup>12</sup> Unter Kaskadennutzung wird dabei „die ressourceneffiziente Nutzung jedweder Biomasse nach dem Kreislaufprinzip“ verstanden. [SRU 2020]

Möbelherstellung sein. Nicht alle stofflichen Anwendungsmöglichkeiten werden in [Trede 2015] aufgeführt [EU-Leitfaden 2019]. Beispielsweise wurde die Nutzbarkeit von Buschholz zur Herstellung von Dämmstoffplatten in [Trede 2015] übersehen.

Im Bauwesen gibt es auf Grund der Erfordernisse des Klimaschutzes in jüngster Zeit einen zunehmenden Trend zum Einsatz von Holzprodukten als Baumaterial. Beispielsweise wurde in Hamburg im Klimaplan 2019 die Entwicklung einer Hamburger Holzbau-Strategie angekündigt [Hamburger Senat 2019]. Das Hamburger Klimaschutzgesetz enthält in § 23 eine Prüfpflicht für Holz als Baustoff für alle öffentlichen Gebäude. Auch die Koalitionsvereinbarung des rot-grünen Hamburger Senats vom Juni 2020 sieht eine stärkere Verwendung von Holz beim Bauen vor,<sup>13</sup> vor allem von Holz anstelle von Zement.



**Bild 9:** Treibhausgas-Emissionen von in Namibia unter Verwendung von Buschholz hergestellten Holzbauelementen im Vergleich zu THG-Emissionen von Energieträgern in Hamburg bei einem Zeithorizont von 20 Jahren (entsprechend UNIQUE-Szenario 1b)

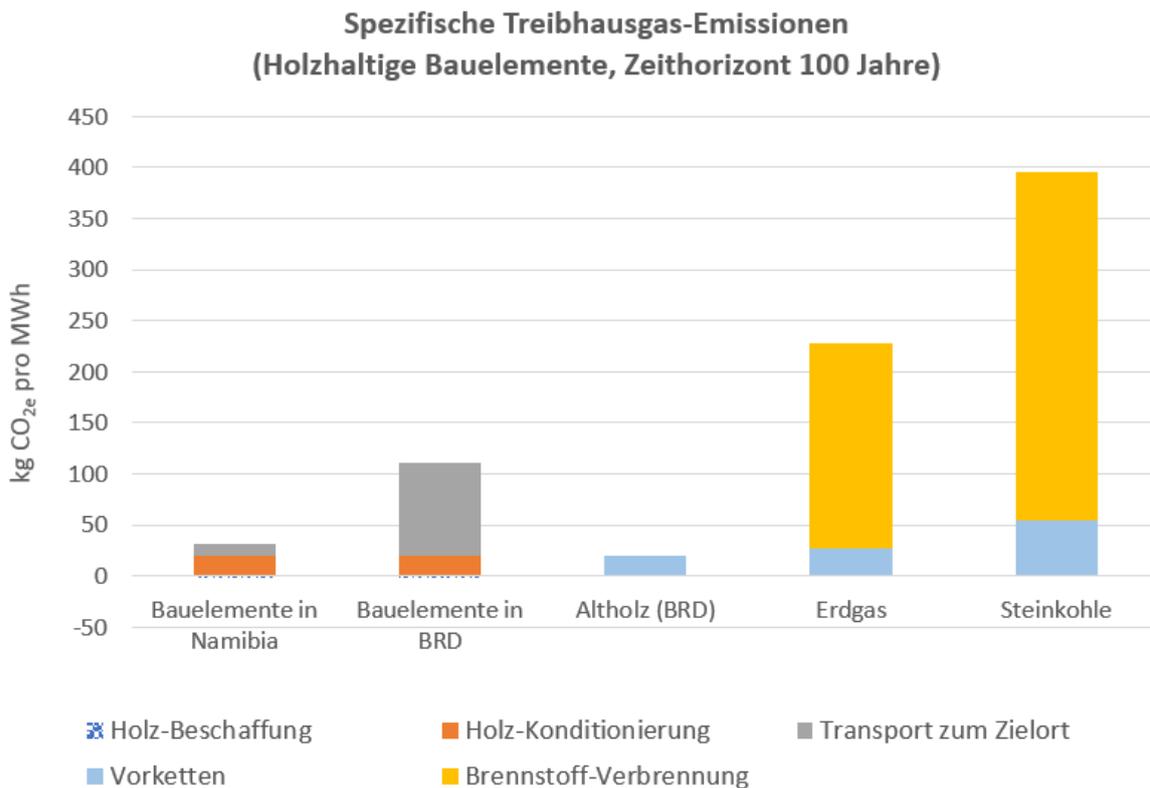
Nachhaltig hergestellte Holzprodukte aus Namibia für das Bauwesen könnten vorrangig im südlichen Afrika eingesetzt werden, was Treibhausgas-Emissionen durch lange Transportwege verringern würde. Exporte in die Industrieländer des globalen Nordens brauchen aber nicht

<sup>13</sup> „Wir werden die Holzbauförderung intensivieren und eine Holzbaustrategie entwickeln, um die Potenziale dieses Baustoffs für Klimaschutz, Ressourcenschonung, kosteneffizientes Bauen, Nachverdichtung und Stadtgestaltung auszuschöpfen.“

ausgeschlossen zu werden, zumal für einige der oben genannten Nutzungen technische und finanzielle Unterstützung aus Industrieländern erforderlich sein wird.

In den Publikationen der GIZ, aus denen hervorgeht, was in den geplanten Biomasse Industrieparks in Namibia hergestellt werden soll, wie in [Heck 2020, Seiten 12 und 13] findet sich so gut wie keine stoffliche Verwendung. Dass zur stofflichen Nutzung der Harthölzer in Namibia Weiterentwicklungen von Maschinen und Verfahren nötig ist, sollte nicht überschätzt werden. Denn für die Pläne der GIZ gilt dies ebenfalls, wie schon länger bekannt ist [NRGen 2016].

Mit den Bildern 9 und 10 soll angedeutet werden, welche Treibhausgas-Bilanzen sich für eine stoffliche Nutzung von Buschholz ergeben würden. Den Berechnungen für diese Bilder wurde Szenario 1b von UNIQUE in der nach Abschnitt 5.3 modifizierten Form zugrunde gelegt. Für die Konditionierung des Holzes (Herstellung des Baustoffs) wurden plausible Mittelwerte angesetzt, da sich diese Bilder nicht auf eine bestimmte der oben genannten stofflichen Anwendungen beziehen. Die Berechnungsergebnisse wurden wie in den bisherigen Bildern im Vergleich zu den für den Einsatz in Heizkraftwerken vorgesehenen Energieträgern in Hamburg dargestellt.



**Bild 10:** Treibhausgas-Emissionen von in Namibia unter Verwendung von Buschholz hergestellten Holzbauelementen im Vergleich zu THG-Emissionen von Energieträgern in Hamburg bei einem Zeithorizont von 100 Jahren (entsprechend UNIQUE-Szenario 1b)

Da das Holz nicht verbrannt wird, ergeben sich viel niedrigere Treibhausgas-Emissionen als beim Einsatz von Buschholz in Kraftwerken. Einschränkend ist darauf hinzuweisen, dass für

die Bilder 9 und 10 eine erfolgreiche Umsetzung des zu Grunde liegenden Szenarios 1b vorausgesetzt wurde.

Unter Beachtung dieses Vorbehalts ist zu erkennen, dass die gesamten Treibhausgas-Emissionen für Herstellung und Transport der im Bauwesen einsetzbaren holzhaltigen Bauelemente zum Zielort erheblich geringer sind als die Treibhausgas-Emissionen von Buschholz in den Bildern 5 bis 8. Es wäre daher zu wünschen, dass Namibia von der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) stärker bei Vorbereitungen für die Herstellung von holzhaltigen Bauelementen in Namibia unterstützt würde.

## Anhang 1 Kennwerte der Energieträger

### Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen und Heizwerte

	Spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen in kg CO <sub>2</sub> / MWh	Heizwert in MWh / Tonne
Steinkohle	353,9	7,4
Braunkohle	363,6	3,3
Erdgas (H)	202,0	13,3
Holz (ohne Wiederaufforstung)	403,2	4,3
Holzkohle	403,2	8,2

**Tabelle 2:** Werte der direkten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen ohne Vorketten  
(Quelle: [IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories](#))

### Werte von Vorketten zu den spezifischen Treibhausgas-Emissionen

	Vorkettenwerte in kg CO <sub>2e</sub> / MWh in den spezifischen THG-Emissionen	
Zeithorizont	20 Jahre	100 Jahre
Steinkohle	97,2	54,0
Erdgas (H)	43,2	26,6

**Tabelle 3:** Werte der Vorketten in den spezifischen Treibhausgas-Emissionen  
(Quelle: [Liebich 2019](#))

### Werte von Treibhauspotenzialen (GWP)

	Zeithorizont	20 Jahre	100 Jahre
Methan (CH <sub>4</sub> )		86	34
Distickstoffoxid (N <sub>2</sub> O)		268	298

**Tabelle 4:** Werte der Treibhauspotenziale (GWP) (Quelle: IPCC 2013, „Anthropogenic and Natural Radiative Forcing“, [WG1AR5, Chapter 8](#), Table 8.7)

## Anhang 2 Modifikationen gegenüber der UNIQUE-Studie

### A 2.1 Biomasse-Lieferung in kontinuierlicher zeitlicher Abfolge

Wir nehmen nach Anhang A 3.1 für Hamburg eine jährliche Lieferung von 300.000 t Holz-Biomasse in einem Zeitraum von beispielsweise 2030 bis 2049 an.

Im Folgenden wird als Bilanzgrenze vereinfacht ein verbuschtes Gebiet gewählt, aus dem nach und nach innerhalb von 20 Jahren insgesamt 6 Mio. t Holz-Biomasse entnommen werden können, wobei je nach UNIQUE-Szenario ein gewisser Restanteil an Buschholz an Ort und Stelle verbleiben kann.

Wenn man nun berücksichtigt, dass jedes Jahr 300.000 t Holz nach Hamburg abgerufen werden, hat man gemäß Bild 11 im letzten Lieferjahr 2049 einen Verlust von CO<sub>2e</sub> (Biomass removal) von 22,7 t CO<sub>2e</sub> pro ha, aber praktisch noch keine Rückspeicherung durch die CO<sub>2</sub>-Aufnahme der nachwachsenden Biomasse. Das zusätzliche Vieh (Livestock-Spalte) beginnt erst im Jahr 2049 im Erntegebiet zu grasen und dabei Methan auszustoßen.

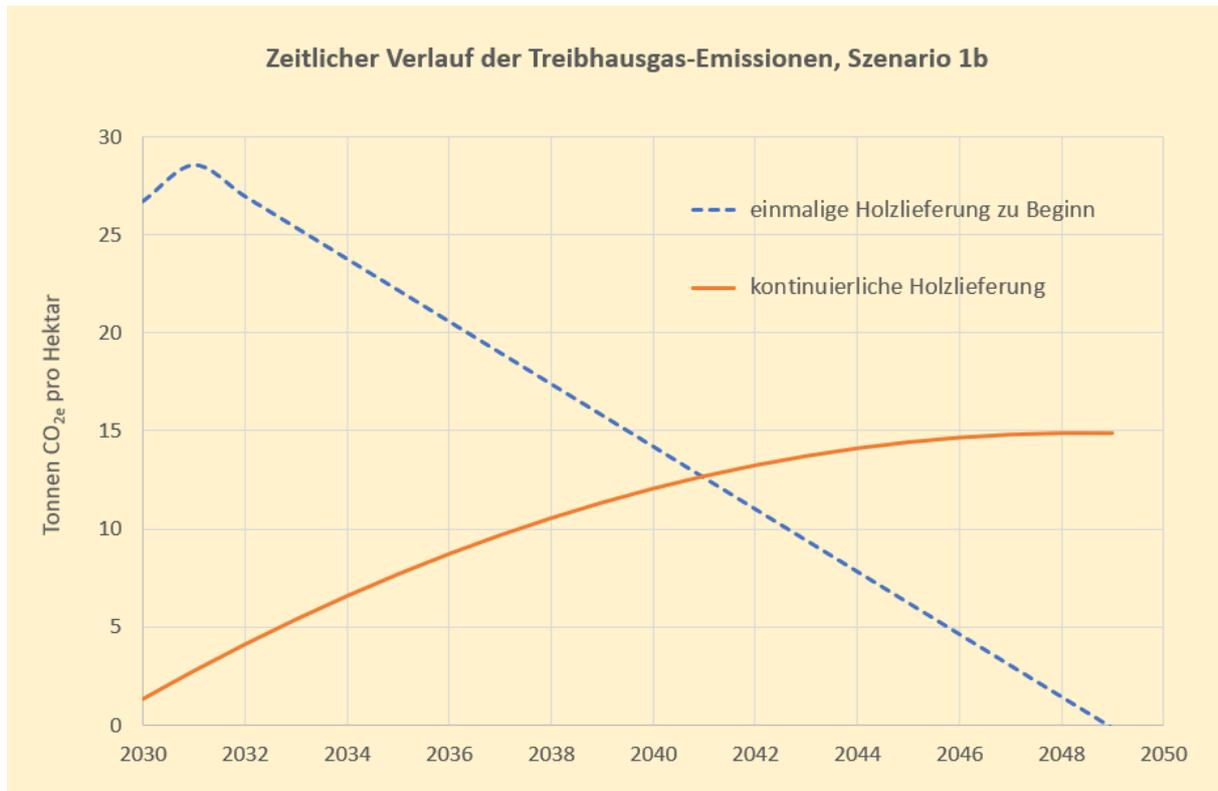
Scenario 1 Rangeland restoration with goats as aftercare													
negative number means carbon sequestration or emission reduction													
Emissions in (tCO <sub>2e</sub> /ha)													
Year	Area (ha)	Biomass removal	Regrowth Biomass	h Grass Biomass	Harvesting g/Chippington	Average soil	Goats for aftercare	Transport	Livestock	Pellet production	Substitution fossil fuels	Total Annual Emissions (tCO <sub>2e</sub> /ha)	Cumulative emissions (tCO <sub>2e</sub> /ha)
1	1	22.7	-1.12	-0.51	0.22	-0.49	3.44	0.35	0.53	1.59		26.69	26.69
2	1		-1.12	-0.51		-0.49	3.44		0.53			1.85	28.53
3	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	26.94
4	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	25.34
5	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	23.74
6	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	22.14
7	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	20.54
8	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	18.94
9	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	17.34
10	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	15.74
11	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	14.14
12	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	12.55
13	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	10.95
14	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	9.35
15	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	7.75
16	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	6.15
17	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	4.55
18	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	2.95
19	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	1.35
20	1		-1.12	-0.51		-0.49			0.53			-1.60	-0.25
<b>Total emissions 20 years</b>		22.69	-22.40	-10.27	0.22	-9.86	6.89	0.35	10.55	1.59	0	<b>-0.25</b>	
										Emission factor (tCO <sub>2e</sub> /year)		<b>-0.012</b>	

**Bild 11:** Wiedergabe einer Tabelle zu Szenario 1b in der UNIQUE-Studie

Die UNIQUE-Studie [Greenhouse Gas Assessment of Bush Control and Biomass Utilization in Namibia. Final Report](#) kommt nach der in Bild 11 gezeigten Bilanzierungstabelle (Seite 78 in der Studie) zu einer kumulierten THG-Bilanz von netto -0,25 t CO<sub>2e</sub> pro Hektar in 20 Jahren. Skaliert man die Erntefläche hoch bis zu der, die für die Belieferung der Heizkraftwerke in

Hamburg insgesamt gebraucht würde, so ergäbe sich eine Abweichung von der Realität insofern, als das gesamte geerntete Holz mit der verbrannten Biomasse in das Jahr des Nutzungsbegins (2030) gelegt wird.

Wenn man dagegen berücksichtigt, dass das Heizkraftwerk Jahr für Jahr eine gewisse Brennstoff-Masse benötigt, so ergibt sich 20 Jahre nach der ersten Lieferung ein ganz anderer Wert für die bis dahin kumulierten THG-Emissionen.

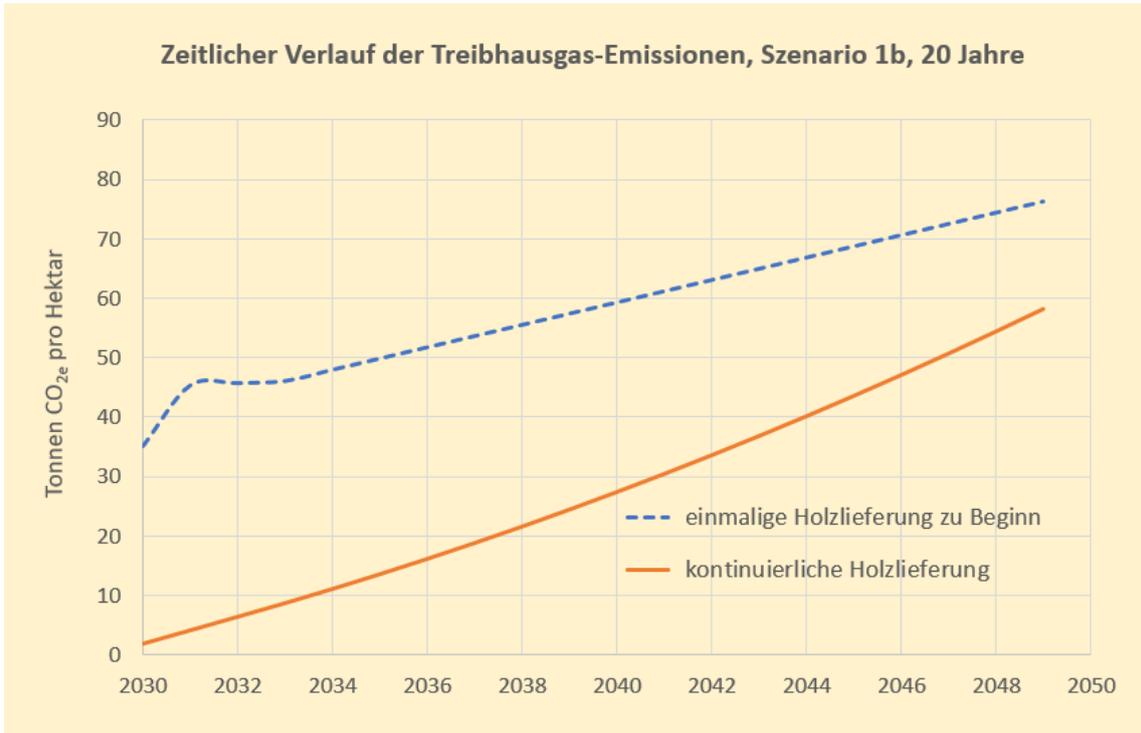


**Bild 12:** Zeitabhängige Treibhausgas-Emissionen für das Szenario 1b der UNIQUE-Studie bei einer Gesamtlieferung des Holzes am Anfang eines 20-Jahre-Intervalls (blau) und bei einer kontinuierlichen Holzlieferung (orange), bezogen auf einen Hektar

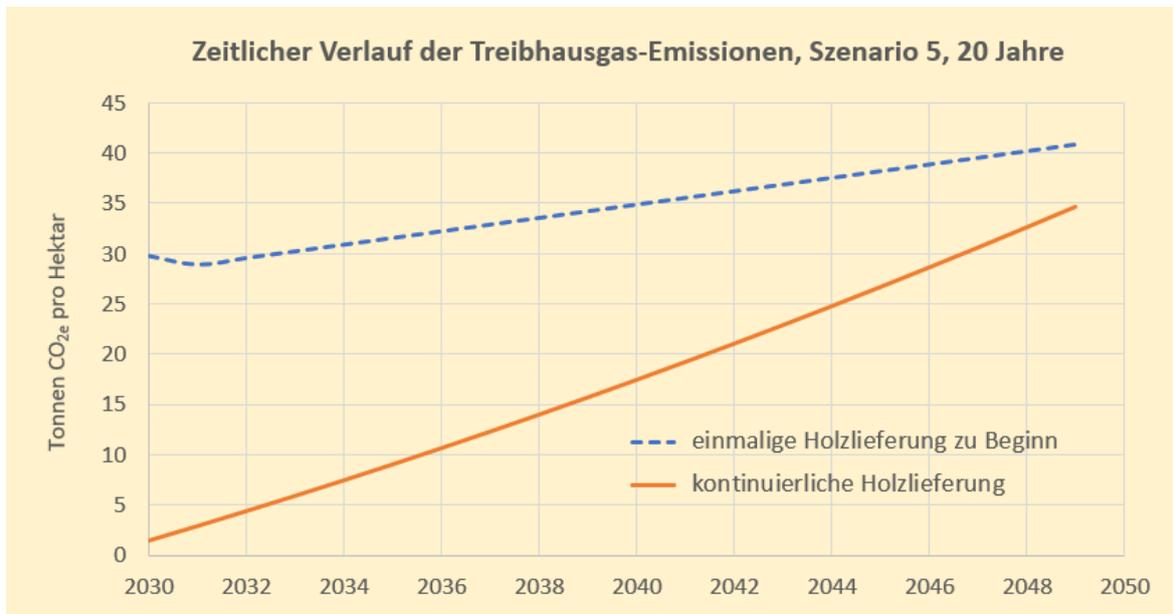
Während die Emissionen im Zeitverlauf wie in der UNIQUE-Tabelle in Bild 11 vom Beginn der Buschholz-Lieferung im Jahr 2030 bis zum Jahr 2049 auf nahezu null sinken (blaue Kurve), bleiben bei kontinuierlicher Holzlieferung (orangefarbene Kurve) am Ende der Bilanzierungszeit im Jahr 2049 noch 15 t CO<sub>2e</sub> pro Hektar und die THG-Emissionen laufen noch fast 20 Jahre weiter.

Die kumulierten THG-Emissionen in Bild 12 liegen also am Ende des 20-Jahre-Intervalls bei kontinuierlicher Holzlieferung viel höher als bei einer einmaligen Holzlieferung. Bei dem in dieser Kurzstudie nach Abschnitt 5.3 modifizierten Szenario 1b sind in Bild 13 die Verhältnisse umgekehrt. In diesem Fall zeigt Bild 7 auf Seite 30 auch, dass die THG-Emissionen in Namibia nach dem Ende der Holzverfeuerung noch weitere 20 Jahre weitergehen, bis sie auf null abgesunken sind. Das ist bemerkenswert, da in Hamburg bis 2050 Treibhausgas-Neutralität erreicht werden soll.

Bild 14 zeigt für das Szenario 5 einen grundsätzlich ähnlichen Verlauf wie Bild 13 für Szenario 1b.



**Bild 13:** Vergleich der zeitabhängigen Treibhausgas-Emissionen für Holzlieferung nur im ersten Jahr (blau) und für kontinuierliche Holzlieferungen (Szenario 1b)



**Bild 14:** Vergleich der zeitabhängigen Treibhausgas-Emissionen für Holzlieferung nur im ersten Jahr (blau) und für kontinuierliche Holzlieferungen (Szenario 5)

## A 2.2 Savannenboden als Senke oder als Quelle von Kohlenstoff?

Bei der Umwandlung von Buschland in Weideland (Savanne) ist mit Änderungen des im Boden gespeicherten organischen Kohlenstoffs zu rechnen. Erhöht sich der im Boden gespeicherte organische Kohlenstoff und wird dieser aus der Atmosphäre entnommen, so entsteht bei der Umwandlung eine CO<sub>2</sub>-Senke. Im umgekehrten Fall handelt es sich um eine CO<sub>2</sub>-Quelle.

Nach der UNIQUE-Studie geht es bei der Umwandlung um zusätzliche Speicherung von Kohlenstoff, wie das folgende Bild aus der Studie zeigt [[Seebauer 2019](#), Seite 39].

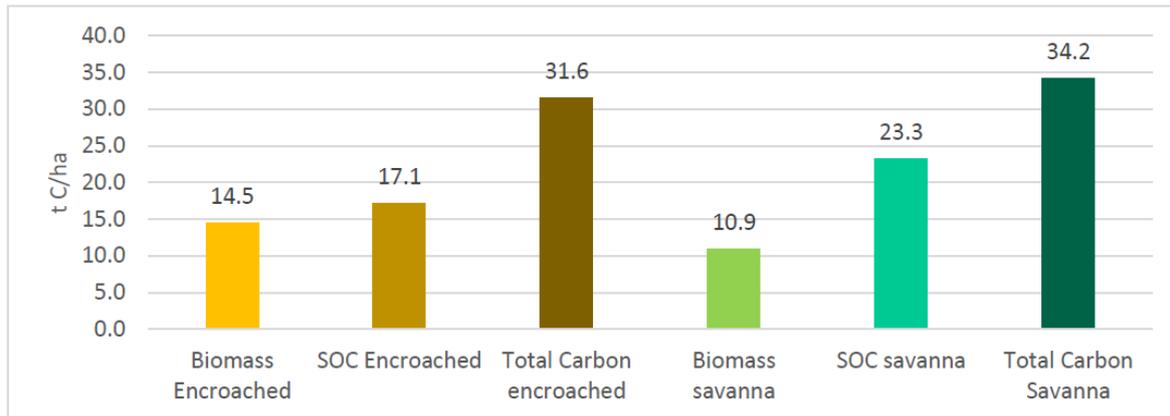


Figure 7: Overview Carbon stocks of encroached areas and reference savanna ecosystems

Source: UNIQUE database; [SOC savanna Grace et al. \(2006\)](#)

**Bild 15:** Vergleich des gespeicherten Kohlenstoffs im verbuschten Gebiet (links) und in der Referenz-Savanne (rechts) nach einer Darstellung in der UNIQUE-Studie

In der lebenden Biomasse im verbuschten Gebiet ist nach dieser Darstellung zwar mehr Kohlenstoff (C) pro Hektar gespeichert als im Savannengebiet. Das Gras der Referenz-Savanne (Biomass savanna) enthält weniger organischen Kohlenstoff als das Holz und das Restgras des verbuschten Gebiets (Biomass Encroached). Der im Boden der Savanne gespeicherte Kohlenstoff (SOC = soil organic carbon) enthält Bild 15 zufolge jedoch (23,3 – 17,1) t C pro Hektar mehr an C. Insgesamt besäße damit die Savanne (34,2 – 31,6) = 2,6 t C pro Hektar mehr als das verbuschte Gebiet. Bei der Umwandlung von Buschland in Weideland würde somit der Atmosphäre Kohlenstoff entzogen.

Table 8 auf Seite 40 der UNIQUE-Studie zeigt die Art der Berechnung der Kohlenstoff-Gehalte in den verbuschten Gebieten durch UNIQUE. Für die Savannen-Werte wurden von UNIQUE jedoch veraltete, nicht repräsentative Werte eingesetzt.

Die SOC-Werte für die Savanne wurden, wie die Bildunterschrift von Bild 15 zeigt, aus einer Arbeit [Grace et al. \(2006\)](#) entnommen. Dort findet sich in „Table 1“ eine einzige einschlägige Zeile für „Nylsvley, South Africa, broad-leaved savanna“ mit den folgenden Werten:

Leaf	Wood	Total above-ground biomass	Litter	Total below-ground biomass	Soil carbon	Authors
1.4	8.1	9.5	6.6	7	23.3	Tothill & Mott (1985)

Von hier wurde die Zahl 23,3 in Figure 7 (Bild 15) übernommen. Warum von UNIQUE nicht auch der Wert für „Biomass savanna“ aus dieser Quelle übernommen wurde, ist nicht klar.

Die Datenquelle „Tothill & Mott (1985)“ ist ohne umfangreiche Recherche nicht zu erhalten.<sup>14</sup> Daher ist hier über die Randbedingungen der Datenfeststellung nichts bekannt. Da in der Tabellen-Überschrift steht „obtained from published data by assuming that biomass is 50% carbon“ dürfte die Genauigkeit dieser Angabe aber mäßig sein.

Seit den zitierten Arbeiten aus den Jahren 1985 und 2006 sind zahlreiche Studien erschienen, die Kohlenstoffgehalte in verbuschten Gebieten und in Savannen mit moderneren Methoden, insbesondere mit Isotopenanalysen untersuchten. Einige davon sind in der folgenden Tabelle 5 aufgeführt.

Sehr häufig wurde festgestellt, dass im Boden von verbuschten Gebieten mehr organischer Kohlenstoff gespeichert ist als im Boden von vergleichbaren Savannen. Dafür wurden auch Wirkungsmechanismen angegeben [[Blaser 2014](#)].

Eine Untersuchung in Südafrika [[Mureva 2018](#)] ergab eine systematische Abhängigkeit von den jährlichen Niederschlagsmengen. Größere Gehalte von organischem Kohlenstoff in verbuschten als in Savannen-Gebieten treten bei niedrigen jährlichen Regensmengen wie in Namibia auf. Von [[Jackson 2002](#)] war bereits Ähnliches festgestellt worden.

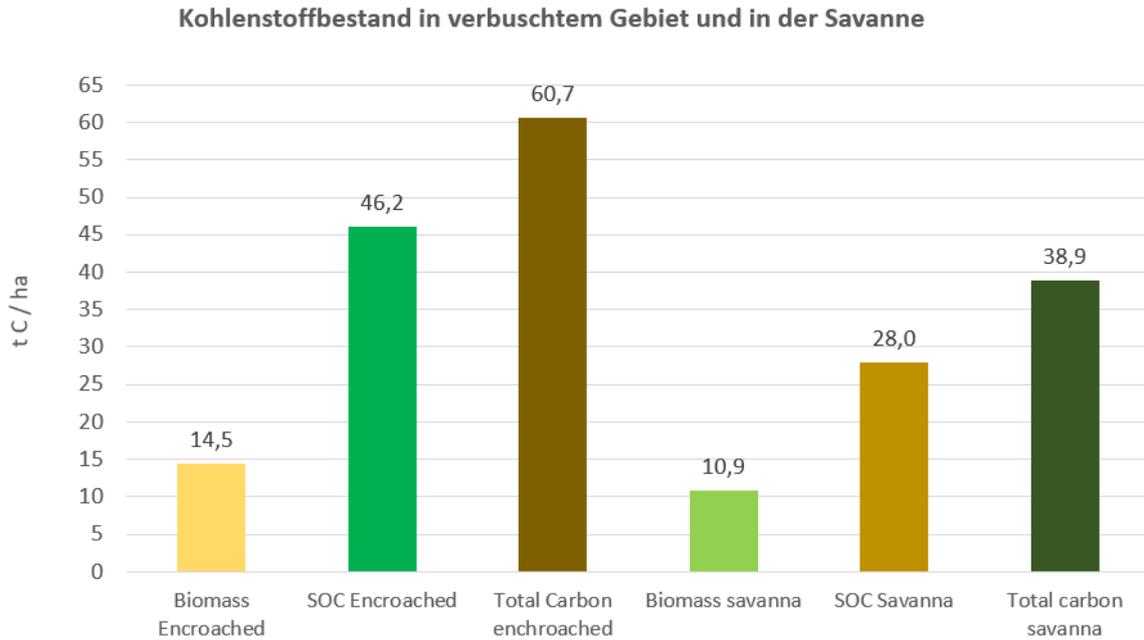
Im Gegensatz zur UNIQUE-Studie wurde in [[Brown 2018](#)], in der es um die Machbarkeit eines 20 MW-Buschholzkraftwerks in Namibia ging, auf der Basis eines Mittelwerts aus [[Blaser 2014](#)] der Boden der wiederhergestellten Savanne als CO<sub>2</sub>-Quelle behandelt.

Für das folgende Bild 16 wurden spezifische Kohlenstoffwerte für die Savanne aus [[Zhou 2019](#)] verwendet. Die Werte für die lebende Biomasse wurden aus den Daten von UNIQUE in Bild 15 übernommen. Mit diesen Kohlenstoffbestands-Werten resultiert aus der Umwandlung von Buschland in Weideland eine starke CO<sub>2</sub>-Quelle. Statt einer Speicherung von Kohlenstoff mit 2,6 t C pro Hektar wie in der UNIQUE-Studie ergibt sich nun eine Freisetzung von 21,8 t C pro Hektar.

Wie schon in Abschnitt 5.3.2 erläutert, wurde in den hier durchgeführten Berechnungen jedoch konservativ nur die Hälfte dieses Wertes angesetzt.

---

<sup>14</sup> Auch den Autoren der UNIQUE-Studie lag sie nicht vor (persönliche Mitteilung von M. Seebauer)



**Bild 16:** Vergleich des gespeicherten Kohlenstoffs im verbuschten Gebiet (links) und in der Savanne (rechts) nach Werten von [Zhou 2019]

In der folgenden Tabelle 5 sind Ergebnisse neuerer Studien zu den Unterschieden der Speicherung von organischem Kohlenstoff im Boden von verbuschten Gebieten und Savannengebieten zusammengestellt.

Veröffentlichung	Studiengebiet	Ergebnisse
[Jackson 2002]		Klare negative Beziehung zwischen Niederschlag und Veränderungen des organischen Kohlenstoff- und Stickstoffgehalts des Bodens, wenn Grasland durch bewaldete Vegetation abgelöst wurde, wobei trockenere Standorte an organischem Kohlenstoff im Boden gewannen und feuchtere Standorte ihn verloren.
[Liao 2006]	USA	In den Rio Grande Plains von Texas haben subtropische Dornenwälder, die von C3-Bäumen und -Sträuchern dominiert werden, in den letzten 150 Jahren C4-Grasland verdrängt, was zu einer erhöhten Speicherung von organischem Kohlenstoff (SOC) im Boden geführt hat.
[Springsteen 2010]	North Dakota	Anstieg des Gesamt-Boden-C-Gehaltes in der Chronosequenz von Grasland zu verholztem Land in 0 - 15 cm Bodentiefe.

[Blaser 2014]	Sambia	Verbuschung durch <i>Dichrostachys cinera</i> wurde untersucht. Wenn das Verhalten von <i>D. c.</i> repräsentativ ist für andere in Savannengebiete eindringende Büsche, dann bildet der Boden einer zunehmend von Büschen überzogenen Savanne eine Kohlenstoff-Senke für mehrere Jahrzehnte. Ein Wirkungsmechanismus für diesen Vorgang wird dargestellt. Nach [SAIEA 2015, 5.3.6] wächst <i>Dichrostachys</i> besonders hartnäckig nach.
[Buyer 2016]	Namibia	Der Boden unter Busch hatte einen höheren pH-Wert, C, N und eine höhere mikrobielle Biomasse als unter Gras und auch die Struktur der mikrobiellen Gemeinschaft war unter Busch im Vergleich zu Gras verändert.
[Li 2016]	verbreitet	Diese Metaanalyse kommt zu dem Schluss, dass die Hauptauswirkungen des Strauchbewuchses in einer Erhöhung des organischen Kohlenstoffgehalts des Oberbodens bestehen.
[Stafford 2017]	Namibia	Im Allgemeinen führt ein Wechsel von der verbuschten zur natürlichen Vegetation zu einem Nettoverlust an den terrestrischen Kohlenstoffvorräten, da die schnell wachsende holzige Biomasse verloren geht. Der Verlust an Kohlenstoffvorräten wird vom natürlichen Vegetationstyp abhängen, könnte aber 20 - 70 t C/ha betragen.
[Zhou 2017]	Rio Grande Plains, USA	Verbuschter Boden speichert bis zu einer Tiefe von 1 bis 2 m zwischen 12,87 und 18,67 t C pro Hektar mehr organischen Kohlenstoff als Grasland.
[Mureva 2018]	Südafrika	Anstieg des organischen Kohlenstoffs im Boden in halbtrockenen Regionen, während er in feuchten Regionen aufgrund des holzigen Vordringens von Pflanzen in das Grasland Südafrikas abnimmt. Erhöhter Kohlenstoffgehalt in verbuschtem Boden unterhalb von 300 bis 350 mm durchschnittlichem Jahres-Niederschlag.
[Abaker 2018]	Sudan	Der Einfluss der Akazienbäume auf die Erhöhung der SOC-Bestände zeigt deutlich das Potenzial der semi-ariden Gebiete des Sudans zur C-

		Sequestrierung und Eindämmung des Klimawandels auf globaler Ebene.
[Bloemertz 2018]	Namibia	Die Resultate ergeben eine Senkung von 17% des SOC im Oberboden nach der Umwandlung von Grasland in Ackerland und von 48 % nach der Umwandlung von Buschland in Ackerland.
[Zhou 2019]	Rio Grande Plains, USA	Der Unterschied des organischen Kohlenstoffgehalts zwischen verbuschtem Boden und Boden von Grasland beträgt im Mittel 18,2 t C pro Hektar (Table 1).
[Dlamini 2019]	Südafrika	Der Kohlenstoffgehalt des Bodens ist in von Büschen bewachsenen Böden um 117% bis 148% größer als in offenen Graslandböden, entsprechend Werten von 14.19 g C / kg und 0.91 kg C / m <sup>2</sup> im Vergleich zu 5.73 g C / kg and 0.42 kg C / m <sup>2</sup> im Boden des offenen Graslands.
[Wigley 2020]	Kenia	Der organische Kohlenstoffgehalt im Boden von Grasland erhöht sich bei Ausschluss von Pflanzfressern. Ähnliches ist in dichteren, breitblättrigen Savannen nicht zu erwarten, wo eine hohe verholzte Kronenbedeckung zur Schließung des Kronendachs und zum Ausschluss von Gräsern führen kann.

**Tabelle 5:** Ergebnisse neuerer Studien zu den Unterschieden von verbuschten Gebieten und Savannengebieten in der Speicherung von organischem Kohlenstoff im Boden.

Da nicht hinreichend bekannt ist, wie rasch sich eine Umwandlung von verbuschtem Land in eine Savanne vollzieht, da Ergebnisse nicht direkt von einem globalen Gebiet auf eine anderes übertragbar sind und da es keine belastbaren direkten Untersuchungen zum Vergleich der Kohlenstoffgehalte in den von Verbuschung betroffenen Gebieten und schon länger wiederhergestelltem Weideland gibt, wurden für das vorliegende Kurzgutachten nur 50 Prozent der in Bild 16 dargestellten Kohlenstoff-Unterschiede angenommen.

## Anhang 3 Verfahren für die Ermittlung einzelner Emissions-Beiträge

### A 3.1 Menge der in Hamburg einzusetzenden Energieträger

Nach längeren Vordiskussionen im Hamburger Energienetzbeirat und im Rahmen der Hamburger Volksinitiative „Tschüss Kohle“ ist sehr wahrscheinlich, dass beim Ersatz der Steinkohle im HKW Tiefstack auf industrielle Abwärme des Unternehmens Aurubis und auf eine erhebliche Erweiterung der aus Altholz in der „dritten Linie“ der Müllverbrennungsanlage Borsigstraße (MVB) gewonnenen Fernwärme zurückgegriffen wird. Hierbei soll das laufend anfallende Altholz durch einen Umbau der „3. Linie“ wesentlich effizienter eingesetzt werden, indem viel mehr Fernwärme und weniger Strom produziert wird.

Bei dem **Altholz**, das in diesem Kurzgutachten mit Buschholz verglichen wird, handelt es sich um zusätzliches Altholz, das in den nächsten Jahren frei werden wird, wenn stromerzeugende Kraftwerke geschlossen werden, die bisher wegen speziellen EEG-Vergütungen betriebswirtschaftlich sinnvoll betrieben werden konnten.

Bei der benötigten Buschholzmenge handelt es sich um eine Größenordnung von 300.000 Tonnen Holzschnitzel pro Jahr bzw. 260.000 Tonnen Holzpellets pro Jahr. Es ist nicht ausgeschlossen, dass je nach Rahmenbedingungen der staatlichen Förderung noch andere Fernwärmequellen sinnvoll eingesetzt werden können. Im Übrigen kann die für den Ersatz des Steinkohle-HKW bestehende Lücke mit **Erdgas** gefüllt werden mit der Perspektive eines zunehmenden Ersatzes durch Wasserstoff 10 bis 20 Jahre nach dem Kohleersatz.

### A 3.2 Methodische Vorgehensweise beim Vergleich der Energieträger

Die Gesamtemissionen werden als spezifische CO<sub>2</sub>-Äquivalente angegeben und zwar als Menge an CO<sub>2e</sub> pro Energiegehalt des gelieferten Energieträgers. Damit erfolgt eine Anpassung der häufig für namibisches Holz gewählten Einheiten an die in Europa bei fossilen Energieträgern üblichen. Aus praktischen Gründen werden die Emissionen häufig auf die des **direkten Einsatzes** im Kraftwerk und die zu den entsprechenden **Vorketten** gehörenden aufgeteilt.

Für die Energieträger **Erdgas** und **Steinkohle** liegen Angaben zu den Vorketten in einer kürzlich von [Axel Liebich vom Beratungsinstitut ifeu](#) eigens für den Hamburger Energienetzbeirat zusammengestellten aggregierten Form vor. Die Treibhauspotenziale (GWP) sind in dieser Präsentation getrennt nach den beiden Zeithorizonten 20 Jahre und 100 Jahre dargestellt (Tabelle 3 auf Seite 41). Steinkohle wird für einen Vergleich mit dem bisherigen Einsatz in den Hamburger Heizkraftwerken berücksichtigt.

Beim Energieträger **Altholz** besitzt das Unternehmen Wärme Hamburg langjährige Erfahrungen zu den einzelnen Treibhausgasbeiträgen, auf die zurückgegriffen werden kann. Da Altholz am Ende einer für den Holzeinsatz wünschenswerten Kaskadennutzung steht, sind bei den Vorketten nur der Altholztransport, die Zerkleinerung und die Reststoffentsorgung zu berücksichtigen, jedoch keine Emissionen aus der Verbrennung. Die Vorkettenwerte für Altholz in Deutschland wurden [[Lauf 2019](#), Tabelle 33] entnommen.

Im Fall des Buschholzes aus Namibia sind Landnutzungsänderungen zu beachten entsprechend dem Vorgehen in der UNIQUE-Studie.

Da das Projekt Buschholzeinsatz in Hamburg innovativ wäre und auch in Namibia noch kaum Erfahrungen mit einem industriellen Einsatz vorliegen, müssen zum einen verschiedene Varianten (wie Holzschnitzel oder Holzpellets) untersucht werden, zum anderen sind Annahmen möglichst plausibel und realistisch unter Beachtung der vorliegenden Studien Namibias und der GIZ zu treffen. Nach dem Vorsorgeprinzip sollten dabei überoptimistische und überpessimistische Einschätzungen vermieden werden.

### A 3.3 Gewinnung der Energieträger

Für Werte der Treibhausgas-Emissionen, die bei der Ernte des Buschholzes in Namibia und beim Transport zum Biomasse Industriepark entstehen, wurde verglichen mit Angaben, die in der Vorstudie zum 20 MW-Biomasse-Kraftwerk in Namibia [Hulett 2012] enthalten sind. Der Korrekturfaktor 1,5 bis 2,0 für schwere Erntemaschinen, der in der Bewertungsstudie für das Biomassekraftwerk vorgeschlagen wurde [Brown 2018 (Seite 47)], wurde hier nicht berücksichtigt.<sup>15</sup>

In [Brown 2018, Seite 4] werden für die Lieferkette bis zum geplanten Biomassekraftwerk für 25 Jahre Gesamtemissionen von 130.000 t CO<sub>2e</sub> angegeben. Mit einem Brennstoffeinsatz von 11.183 GWh in 25 Jahren ergeben sich daraus 11,6 kg CO<sub>2e</sub> / MWh. Das liegt in der Größenordnung der in der UNIQUE-Studie verwendeten Werte, die daher beibehalten wurden.

Bei Erdgas und Steinkohle sind die entsprechenden Treibhausgas-Emissionen im Gesamtwert für die Vorketten nach [Liebich 2019] enthalten.

### A 3.4 Verarbeitung der Energieträger

Buschholz soll für die Nutzung in Hamburg entweder in die Form von Holzschnitzeln oder von Holzpellets gebracht werden. Da noch nicht feststeht, welche Form gewählt wird, wurden Berechnungen für beide Optionen getrennt durchgeführt. Bei den Treibhausgas-Emissionen, die bei dieser Verarbeitung des Buschholzes in Namibia entstehen, wurden Angaben beachtet, die in der Vorstudie zum 20 MW-Biomasse-Kraftwerk in Namibia [Hulett 2012] enthalten sind.

Für die Pelletierung der namibischen Biomasse wurde berücksichtigt, dass im Biomasse-Industriepark dort erzeugter regenerativer Strom eingesetzt werden soll. Unter Berücksichtigung der Werte von [Fehrenbach 2016] und [Seebauer 2019] wurde daher nur ein Wert von 10 kg CO<sub>2e</sub> / MWh angesetzt.

---

<sup>15</sup> Tabelle 13 ff. in [Brown 2018] enthält einen irritierenden Einheitenfehler (kg CO<sub>2e</sub> per kWh statt g CO<sub>2e</sub> per kWh)

### A 3.5 Transport der Energieträger nach Hamburg

Im Dossier der GIZ wurden detaillierte Daten zu den durch den Transport vom Biomasse-Industriepark in Namibia nach Hamburg entstehenden Treibhausgas-Emissionen angegeben, die sich auf Werte des Bundes-Verkehrsministeriums stützen.<sup>16</sup> Diese Werte wurden auch für die vorliegenden Berechnungen eingesetzt unter Berücksichtigung eines genaueren Entfernungswerts zwischen Walfis Bay und Hamburger Hafen von 10.700 km.

Ein Vergleich mit entsprechenden Werten auf der Basis von [Fehrenbach 2016] zeigt, dass die Dossier-Werte tendenziell etwas zu niedrig sein dürften. Sowohl die Züge zum Transport der Biomasse als auch die Schiffe dürften bei der Rückfahrt keine volle Beladung haben, was die Treibhausgase ebenfalls tendenziell erhöht. Der Treibstoffverbrauch auf den Transportwegen in Namibia dürfte deutlich höher sein als der vergleichbare in Deutschland.

In [Heck 2020, Seite 20] besteht allerdings eine riesige Spannweite zwischen dem „Worst Case Scenario“ und dem „Best Case Scenario“.

### A 3.6 Landnutzungsänderungen

Für den bei den Landnutzungsänderungen auftretenden Methanausstoß von zusätzlichem Vieh rechnet die UNIQUE-Studie offenbar mit dem in [Brown 2018, Table 14] angegebenen Wert von 11,93 kg CO<sub>2e</sub> pro kg Lebendgewicht und Jahr. Für diesen Faktor wird in [Birch 2016, Seite 31] [EBLEX 2013] als Quelle angegeben, die allerdings für Großbritannien gilt.

Die in [IPCC 2006] für Afrika angegebenen Werte sind nur etwa halb so groß. Genaue Untersuchungen von [du Toit 2013, Table 11] haben jedoch gezeigt, dass diese Werte um mehr als das Zweifache vergrößert werden müssen, damit sie den Verhältnissen in Südafrika entsprechen. Ein Wert von 12 kg CO<sub>2e</sub> pro kg Lebendgewicht und Jahr für Rinder, die für die Fleischproduktion bestimmt sind, ist daher plausibel und wurde verwendet.

Bei Berechnungen für einen Zeithorizont von 20 Jahren wurde angenommen, dass in der UNIQUE-Studie für das Treibhauspotenzial mit einem Zeithorizont von 100 Jahren wie in [Brown 2018] der Wert 30 verwendet wurde.

---

<sup>16</sup> CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vorketten (100 km LKW, 600 km Schiene, 10.000 km Schiff) von 371 kg CO<sub>2</sub> / t Holzhackschnitzel-Transportmasse angegeben. Bei einem Heizwert von 4,32 MWh / t Hackschnitzel ergeben sich 0,086 t CO<sub>2</sub> / MWh.

## Anhang 4 Ergänzungen zu den Berechnungsergebnissen

### A 4.1 Zahlenwerte für Ergebnisse in den Bildern 5, 6 und 9

	Hackschnitzel Namibia	Holzpellets Namibia	Altholz (BRD)	Erdgas	Steinkohle
Holz-Beschaffung	593	593			
Holz-Konditionierung	0	10			
Transport zum Zielort	91	80			
Vorketten			23	43	97
Brennstoff-Verbrennung				202	342

**Tabelle 6:** Zahlenwerte zu Bild 5 (Modifiziertes Szenario 1b, Zeithorizont 20 Jahre). Werte in kg CO<sub>2e</sub> pro MWh Energiegehalt

	Hackschnitzel Namibia	Holzpellets Namibia	Altholz (BRD)	Erdgas	Steinkohle
Holz-Beschaffung	272	272			
Holz-Konditionierung	0	10			
Transport zum Zielort	91	80			
Vorketten			23	43	97
Brennstoff-Verbrennung				202	342

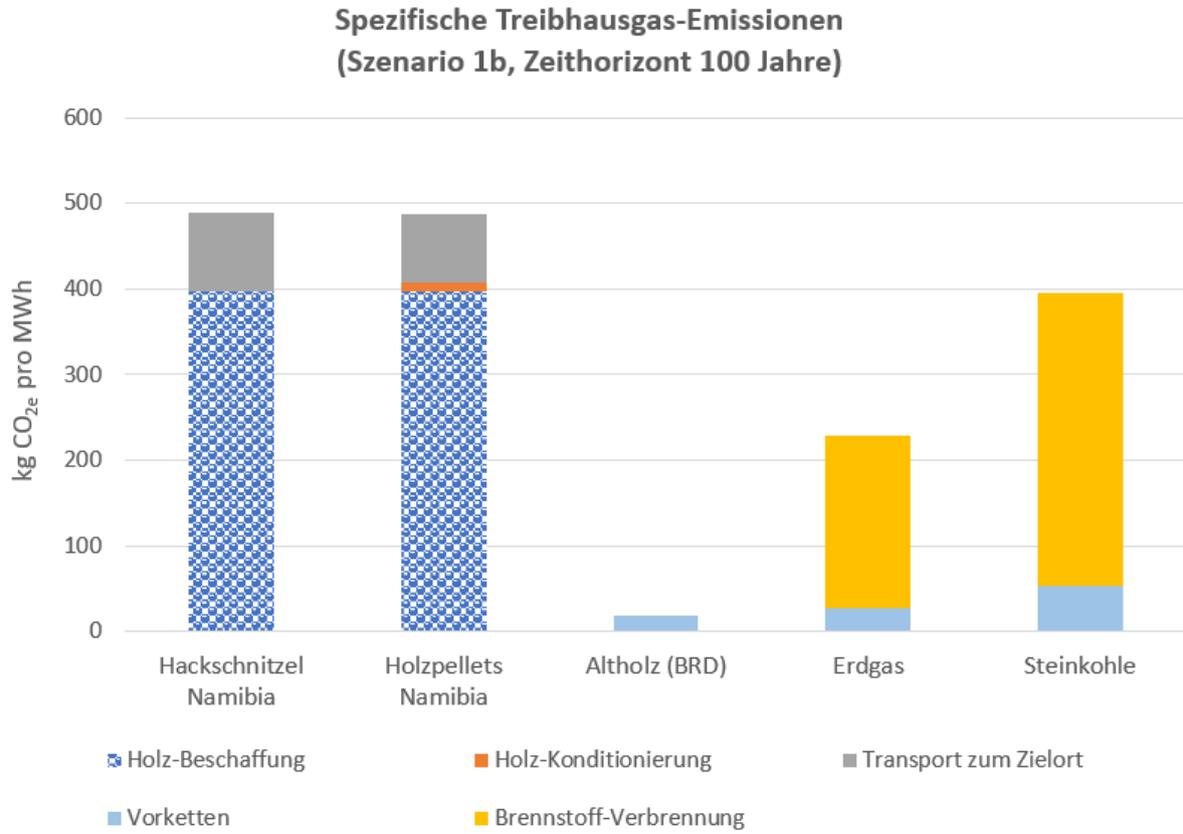
**Tabelle 7:** Zahlenwerte zu Bild 6 (Modifiziertes Szenario 5, Zeithorizont 20 Jahre). Werte in kg CO<sub>2e</sub> pro MWh Energiegehalt

## Klimawirkung der Verwertung von Buschholz aus Namibia in Hamburg

	Bauelemente Namibia	Bauelemente in Hamburg	Altholz (BRD)	Erdgas	Steinkohle
Holz-Beschaffung	14	14			
Holz-Konditionierung	20	20			
Transport zum Zielort	12	91			
Vorketten			23	43	97
Brennstoff-Verbrennung				202	342

**Tabelle 8:** Zahlenwerte zu Bild 9 (Kaskadennutzung, Bauelemente, Zeithorizont 20 Jahre).  
Werte in kg CO<sub>2e</sub> pro MWh Energiegehalt

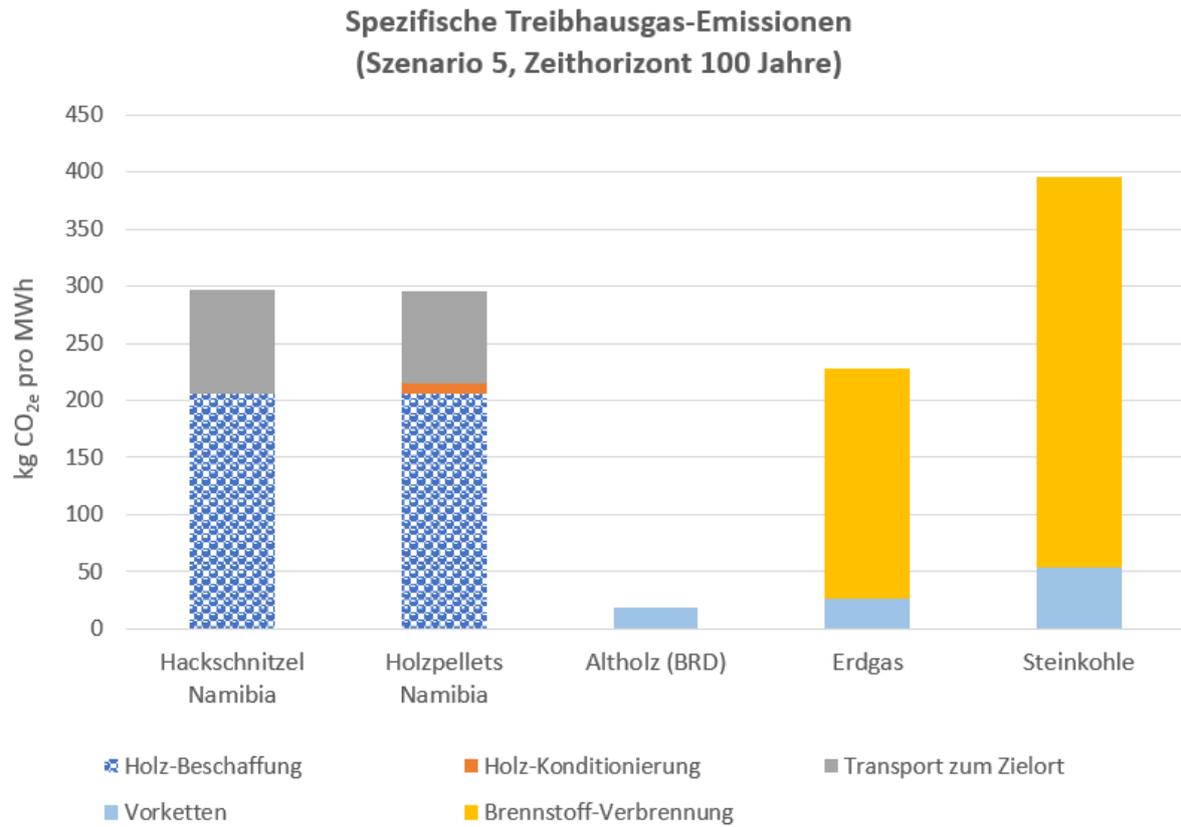
A 4.2 Weitere Berechnungsergebnisse mit einem Zeithorizont von 100 Jahren



**Bild 17:** Spezifische Treibhausgas-Emissionen von Energieträgern im Vergleich für das UNIQUE-Szenario 1b mit einem Zeithorizont von 100 Jahren. Dargestellt sind die Treibhausgas-Emissionen pro Energiegehalt des Brennstoffs in kg CO<sub>2e</sub> / MWh.

Bild 17 zeigt Berechnungsergebnisse für das UNIQUE-Szenario 1b, modifiziert nach Abschnitt 5.3, mit einem Zeithorizont von 100 Jahren als Vergleich zu Bild 5.

Bild 18 zeigt entsprechende Berechnungsergebnisse für das UNIQUE-Szenario 5, modifiziert nach Abschnitt 5.3, mit einem Zeithorizont von 100 Jahren als Vergleich zu Bild 6.



**Bild 18:** Spezifische Treibhausgas-Emissionen von Energieträgern im Vergleich für das UNI-QUE-Szenario 5 mit einem Zeithorizont von 100 Jahren. Dargestellt sind die Treibhausgas-Emissionen pro Energiegehalt des Brennstoffs in kg CO<sub>2e</sub> / MWh.

## Literatur

Abaker, W.: Linkages between carbon sequestration, soil fertility and hydrology in dryland Acacia senegal plantations of varying age in Sudan. Helsinki: Helsingin yliopisto. 2018

<https://researchportal.helsinki.fi/en/publications/linkages-between-carbon-sequestration-soil-fertility-and-hydrolog>

Bailis, R., Pennise, D., Ezzati, M., Kammen, D. M., Kituyi, E.: IMPACTS OF GREENHOUSE GAS AND PARTICULATE EMISSIONS FROM WOODFUEL PRODUCTION AND END-USE IN SUB-SAHARAN AFRICA, 2004

[http://rael.berkeley.edu/old\\_drupal/sites/default/files/very-old-site/OA5.1.pdf](http://rael.berkeley.edu/old_drupal/sites/default/files/very-old-site/OA5.1.pdf)

Birch, C., Middleton, A., Harper-Simmonds, L. and Lindeque, P. - NNF: An assessment of the economics of land degradation related to bush encroachment in Namibia, Namibia Nature Foundation, Report Prepared for the GIZ Support to De-bushing Project. Windhoek. 2016

[https://www.eld-initiative.org/fileadmin/pdf/ELD-CS\\_namibia\\_04\\_web\\_300dpi.pdf](https://www.eld-initiative.org/fileadmin/pdf/ELD-CS_namibia_04_web_300dpi.pdf)

Blaser, W., Shanungu, G., Edwards, P. & Venterink, H.: Woody encroachment reduces nutrient limitation and promotes soil carbon sequestration. ETH Zürich 2014

[https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/93529/2/Blaser\\_et\\_al-2014-Ecology\\_and\\_Evolution.pdf](https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/93529/2/Blaser_et_al-2014-Ecology_and_Evolution.pdf)

Bloemertz, L., Naanda, M., Wingate, V., Angombe, S., Kuhn, N.: Ecosystem Services and small-holder farming practices – between payments, development support und right – an integrated approach. August 2018

<http://ir.nust.na/bitstream/10628/622/1/WP10-BLOEMERTZ-ET-AL-Ecosystem-services-and-small-holder-farming-practices-WEB-20190123-Update.pdf>

Brown, R., van Wyk, D., Gaskell, Ch., McGregor, R.: An assessment of the micro-and macro-economic benefits of an Encroacher Bush Biomass Power Plant near Tsumeb in Namibia. Prepared by Cirrus Capital. April 2018

<https://www.dasnamibia.org/download/studies/April-2018-NamPower-GIZ-N-BiG-20MW-Biomass-Power-Plant-Study.pdf>

Buyer, J. S., Schmidt-Küntzel, A., Nghikembua, M., Maul, J., E. and Marker, L.: Soil microbial communities following bush removal in a Namibian savanna. 9. März 2016

<https://cheetah.org/wp-content/uploads/2016/03/soil-microbial-communities-following-bush-removal-in-a-namibian-savanna.pdf>

DECOSA, Adding Value to Namibian Encroacher Bush, 2015

[https://www.dasnamibia.org/download/brochures/Brochure\\_Debushing\\_Value-Chains-2015.pdf](https://www.dasnamibia.org/download/brochures/Brochure_Debushing_Value-Chains-2015.pdf)

Dlamini, P., Gxasheka, M., Tyasi, L., Lerato Sekhohola-Dlamini, L.: Chemical stabilisation of carbon stocks by polyvalent cations in plinthic soil of a shrub-encroached savanna grassland, South Africa. CATENA, Vol. 181. Oktober 2019

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S034181621930222X>

du Toit, C. J. L., H.H. Meissner, H. H., W.A. van Niekerk, W. A.: Direct methane and nitrous oxide emissions of South African dairy and beef cattle. South African Journal of Animal Science 2013, 43 (No. 3)

<https://www.ajol.info/index.php/sajas/article/view/99343>

EBLEX: Beef, sheep and climate change: the facts. 2013

<http://beefandlamb.ahdb.org.uk/wp/wp-content/uploads/2013/06/Beef-sheep-and-climate-change-the-facts.pdf>

Europäische Kommission: Leitfaden für die Kaskadennutzung von Biomasse mit ausgewählten Beispielen bewährter Verfahren für Biomasse mit holzartigem Ursprung. Brüssel. 6.12.2019

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9b823034-ebad-11e8-b690-01aa75ed71a1/language-de/format-PDF>

Fehrenbach, H. et al.: Aktualisierung der Eingangsdaten und Emissionsbilanzen wesentlicher biogener Energienutzungspfade (BioEm), IFEU, Februar 2016

[https://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/texte\\_09\\_2016\\_aktualisierung\\_der\\_eingangsdaten\\_und\\_emissionsbilanzen\\_wesentlicher\\_biogener\\_energienutzungspfade.pdf](https://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/texte_09_2016_aktualisierung_der_eingangsdaten_und_emissionsbilanzen_wesentlicher_biogener_energienutzungspfade.pdf)

GIZ, Unique, Policy Brief Februar 2020: Greenhouse Gas Assessment of Bush Control and Biomass Utilisation (BCBU) in Namibia. Bush Control and Biomass Utilisation Project. Februar 2020. Noch nicht veröffentlicht.

Grace, J., José, J. S., Meir, P., Miranda, H. S., & Montes, R. A.: Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. Journal of Biogeography, 33(3), 387-400. 2006

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.475.1824&rep=rep1&type=pdf>

Groscurth, H.-M., Bode, S., Kühn, I.: Basisgutachten zum Masterplan Klimaschutz für Hamburg. Möglichkeiten zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Rahmen einer Verursacherbilanz. arrhenius Institut für Energie- und Klimapolitik. November 2010

<https://www.hamburg.de/content-blob/4312988/d35ac390ff234478e818023286d2a2b4/data/basisgutachten-masterplan-klimaschutz.pdf;jsessionid=52741F5899606D0E633A0F665201CC1C.liveWorker2>

Gschwender, F., Heck, P.: Transkontinentale Biomassepartnerschaft. Namibia – Hamburg. Entwicklung eines Biomasse Industrieparks (BIP) in Namibia. 18. April 2019

[https://www.hamburger-energetisch.de/WP-Server/wp-content/uploads/2020/04/Dossier\\_BIP\\_Namibia\\_FINAL.pdf](https://www.hamburger-energetisch.de/WP-Server/wp-content/uploads/2020/04/Dossier_BIP_Namibia_FINAL.pdf)

Gschwender, F., Laufs, J.: Buschernte ersetzt Importkohle. Bioenergie in Namibia. Sonderdruck von energie aus Pflanzen. 2019

<https://www.hamburger-energetisch.de/WP-Server/wp-content/uploads/2020/04/Sonderdruck-Energie-aus-Pflanzen-30.3.20.pdf>

Hamburger Senat, Bürgerschaftsdrucksache 21/19200: Erste Fortschreibung des Hamburger Klimaplanes und Gesetz zur Änderung der Verfassung, zum Neuerlass des Hamburgischen Klimaschutzgesetzes sowie zur Anpassung weiterer Vorschriften. 3.12.2019

[https://www.buergerschaft-hh.de/parldok/dokument/68887/erste\\_fortschreibung\\_des\\_hamburger\\_klimaplanes\\_und\\_gesetz\\_zur\\_aenderung\\_der\\_verfassung\\_zum\\_neuerlass\\_des\\_hamburgischen\\_klimaschutzgesetzes\\_sowie\\_zur\\_an.pdf](https://www.buergerschaft-hh.de/parldok/dokument/68887/erste_fortschreibung_des_hamburger_klimaplanes_und_gesetz_zur_aenderung_der_verfassung_zum_neuerlass_des_hamburgischen_klimaschutzgesetzes_sowie_zur_an.pdf)

Heck, P., Flesch, F.: Biomass Partnership with Namibia. Development of Biomass Industrial Parks (BIP). Identifying Potentials – Optimizing Processes – Creating Value. Hamburg, 14. Januar 2020

<http://www.hamburger-energetisch.de/WP-Server/wp-content/uploads/2020/05/Tiefstack-Peter-Heck-presentation-about-Namibia-BIP.pdf>

Hulett, H.: Prefeasibility Study for Biomass Power plant, Namibia: Preliminary Carbon Funding Analysis. Report Prepared for NamPower. WSP, 11.9.2012

[http://the-eis.com/elibrary/sites/default/files/downloads/literature/Final\\_Preliminary%20Carbon%20Assessment%20Report\\_Nampower%20EBtP%20Study.pdf](http://the-eis.com/elibrary/sites/default/files/downloads/literature/Final_Preliminary%20Carbon%20Assessment%20Report_Nampower%20EBtP%20Study.pdf)

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management. 2006

[https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_10\\_Ch10\\_Livestock.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf)

Jackson, R. B., Banner, J. L., Jobbágy, E., Pockman, W. T. & Wall, D. H.: Ecosystem carbon loss with woody plant invasion of grasslands. Nature volume 418, 8.8.2002

<https://www.nature.com/articles/nature00910>

Joubert, D. J., Zimmermann, I.: The potential impacts of wood harvesting of bush thickening species on biodiversity and ecological processes. 2012

<http://ir.nust.na/xmlui/bitstream/handle/10628/255/2%20dave.pdf?sequence=1>

Joubert, D. F., Rust, A., Smit, G. N., Hoffman, M. T.: Growth rates and mortality patterns of *Acacia mellifera* subsp. *detinens* in the semi-arid Highland Savanna, Namibia: Encroachment is not as rapid as previously believed. Namibian Journal of Environment 1 A: 1-5. 2017

<http://www.nje.org.na/index.php/nje/article/view/volume1-joubert>

Lauf, T., Memmler, M., Schneider, S.: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2018, Umweltbundesamt (UBA) CLIMATE CHANGE 37/2019. November 2019

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-11-07\\_cc-37-2019\\_emissionsbilanz-erneuerbarer-energien\\_2018.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-11-07_cc-37-2019_emissionsbilanz-erneuerbarer-energien_2018.pdf)

Li, H., Shen, H., Chen, L., Liu, T., Hu, H., Zhao, X., Zhou, L., Zhang, P., Fang, J.: Effects of shrub encroachment on soil organic carbon in global grasslands, Nature, 8.7.2016

<https://www.nature.com/articles/srep28974>

Liao, J. D., Boutton, T. W., Jastrow, J. D.: Storage and dynamics of carbon and nitrogen in soil physical fractions following woody plant invasion of grassland. Soil Biology and Biochemistry, Volume 38, Issue 11, November 2006

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071706001787>

Liebich, A.: Höhe der Treibhausgasemissionen (entlang der gesamten Prozesskette) von importiertem flüssigen Erdgas im Vergleich mit anderen Energieträgern. IFEU, Präsentation, 24.10.2019

<https://www.hamburg.de/content-blob/13161802/e1d455497485400a2dd8812fd2350b0f/data/d-anlage-3-thg-emissionen-Ing-und-andere-alternative-et-v10.pdf>

Muller, G., Mukena, J.: Otjikoto Biomass Power Plant. Biomass Project Fact Sheet. NamPower, 4.9.2019

[https://www.nampower.com.na/public/docs/projects/otjikoto/Biomass%20Project%20Fact%20Sheet\\_10Jun20\\_v2.2%20-%20published.pdf](https://www.nampower.com.na/public/docs/projects/otjikoto/Biomass%20Project%20Fact%20Sheet_10Jun20_v2.2%20-%20published.pdf)

Mureva, A., David Ward, D., Tiffany Pillay, T., Chivenge, P. & Michael Cramer, M.: Soil Organic Carbon Increases in Semi-Arid Regions while it Decreases in Humid Regions Due to Woody-Plant Encroachment of Grasslands in South Africa. Nature, October 2018

<https://www.nature.com/articles/s41598-018-33701-7>

NRGen Advisors, : giz. Study to Minimise the Effects of Sand and Mineral Content. Final Report. 24. Juni 2016

<http://www.n-big.org/portfolio/single-item/summary/3-research-papers/15-giz-study-to-minimise-the-effects-of-sand-and-mineral-content-final-report.html>

NRMP - Namibia Rangeland Management Policy: Reviving Namibia's Livestock Industry. Regenerative Livestock Production. Trends, Key Profit Drivers, Case Studies and Recommendations. A 2019 Edition

<http://www.agrinamibia.com.na/wp-content/uploads/2019/10/NRMPS-Revised-Strategy-2019-Rangeland-Best-Practices-final.pdf>

Rothauge, A.: Baseline Assessment for the De-Bushing Programme in Namibia. Oktober 2014

<https://www.dasnamibia.org/download/studies/STUDY-BaselineReport-Final.pdf>

Rohde, R. F., Hoffman, M. T.: The historical ecology of Namibian rangelands: Vegetation change since 1876 in response to local and global drivers. *Science of the Total Environment* 416: 276–288. 2012

[http://rephotosa.adu.org.za/docs/Rohde\\_and\\_Hoffman\\_2012.pdf](http://rephotosa.adu.org.za/docs/Rohde_and_Hoffman_2012.pdf)

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU): Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Umweltgutachten 2020.

[https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01\\_Umweltgutachten/2016\\_2020/2020\\_Umweltgutachten\\_Entschlossene\\_Umweltpolitik.pdf;jsessionid=F62491462D4AC31F55CA670223A6100E.2\\_cid284?\\_blob=publicationFile&v=27](https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Entschlossene_Umweltpolitik.pdf;jsessionid=F62491462D4AC31F55CA670223A6100E.2_cid284?_blob=publicationFile&v=27)

SAIEA. Southern African Institute for Environmental Assessment: Strategic Environmental Assessment of large-scale bush thinning and value addition activities in Namibia, Final Report, Southern African Institute for Environmental Assessment. Februar 2015

<https://www.dasnamibia.org/download/studies/STUDY-BushThinning-Final.pdf>

Seebauer, M., Pinkwart, A., Schwarz, B., Hartz, C.: Greenhouse Gas Assessment of Bush Control and Biomass Utilization in Namibia, Final Report. UNIQUE. 2.12.2019

<https://www.dasnamibia.org/download/studies/Namibia-BCBU-Sector-GHG-Emissions-Study.pdf>

Seebauer, M., Pinkwart, A., Schwarz, B., Hartz, C.: POLICY BRIEF. Greenhouse Gas Assessment of Bush Control and Biomass Utilization in Namibia, UNIQUE. Ohne Zeitangabe

<http://the-eis.com/elibrary/sites/default/files/downloads/literature/Policy%20Brief%20Greenhouse%20gas%20assessment%20of%20bush%20control%20and%20biomass%20utilization%20in%20Namibia.pdf>

Springsteen, A., Loya, W., Liebig, M., Hendrickson, J.: Soil carbon and nitrogen across a chronosequence of woodyplant expansion in North Dakota. *Plant Soil* (2010) 328:369–379

<https://pubag.nal.usda.gov/download/44409/PDF>

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU): Für eine entschlossenen Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Umweltgutachten 2020. Januar 2020

[https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01\\_Umweltgutachten/2016\\_2020/2020\\_Umweltgutachten\\_Kurzfassung.pdf?\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Kurzfassung.pdf?_blob=publicationFile&v=4)

Stafford, W., Birch, C., Etter, H., Blanchard, R., Shepherd Mudavanhu, S., Angelstam, P., Blignaut, J., Louwrens Ferreira, L., Christo Marais, C.: The economics of landscape restoration: Benefits of controlling bush encroachment and invasive plant species in South Africa and Namibia. *Ecosystem Services* 27 (2017) 193–202

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221204161630496X>

Trede, R., Patt, R., DECOSA: Value Added End-Use Opportunities for Namibian Encroacher Bush. Mai 2015

<https://www.dasnamibia.org/download/studies/STUDY-ValueAddition-Final.pdf>

Wigley, B.J., Augustine, D.J., Coetsee, C., Jayashree Ratnam, J., Sankaran, M.: Grasses continue to trump trees at soil carbon sequestration following herbivore exclusion in a semiarid African savanna. *Ecology* 101.5. 6. 2. 2020

[http://eprints.whiterose.ac.uk/157740/1/Wigley\\_etal\\_2020\\_Ecology.pdf](http://eprints.whiterose.ac.uk/157740/1/Wigley_etal_2020_Ecology.pdf)

Zhou, Y., Boutton, T.W., Wu, X.B.: Soil carbon response to woody plant encroachment: importance of spatial heterogeneity and deep soil storage. *Journal of Ecology*. 8. März 2017

<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2745.12770>

Zhou, Y.; Boutton, T.W.; Wu, X.B.: A Three-Dimensional Assessment of Soil  $\delta^{13}C$  in a Subtropical Savanna: Implications for Vegetation Change and Soil Carbon Dynamics. *Soil Systems*. 13. November 2019.

<https://doi.org/10.3390/soilsystems3040073>

Zimmermann, I., Nghikembua, M., Shipingana, D, Aron, T., Groves, D. and Marker, L.: The influence of two levels of debushing in Namibia's Thornbush Savanna on overall soil fertility, measured through bioassays. *Namibian Journal of Environment* 2017 Vol 1. Section A: 52-59. 6.12. 2017

<http://www.nje.org.na/index.php/nje/article/view/volume1-zimmermann1>