

**Buschholz aus Namibia:
Ersatz für die Steinkohle
in Deutschland?**

Gutachten

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

Buschholz aus Namibia: Ersatz für die Steinkohle in Deutschland?

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

Autor: Prof. Dr. Dietrich Rabenstein,
Angehöriger der HafenCity Universität Hamburg

Version 1.0: 29. März 2021

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 Hamburger Umweltbehörde prüft einen Vorschlag der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) zur energetischen Nutzung von Buschholz, das in Namibia geerntet werden soll. In Namibia sollen Büsche in großem Umfang abgeholzt werden, um Flächen für die Viehzucht und den Tourismus zu gewinnen. In Hamburg und in anderen europäischen Städten soll das Holz als Ersatz für die bisher genutzte Kohle verbrannt werden.

Im Auftrag der GIZ hat das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement an der Hochschule Trier (IfaS) eine Treibhausgas-Bilanz vorgelegt, nach der eine Buschholz-Verbrennung in Hamburg nicht nur klimaneutral wäre, sondern der Atmosphäre sogar CO₂ entziehen würde. Das IfaS stützt sich bei seinen Berechnungen auf eine Studie der Forst-Beratung UNIQUE, Freiburg.

Bei der Überprüfung der Berechnungen des IfaS wurden im vorliegenden Gutachten mehr als ein Dutzend methodische Fehler, Rechenfehler und Unstimmigkeiten gefunden (Abschnitt 5). Weiter wurde festgestellt, dass UNIQUE in der Studie, die den Berechnungen des IfaS zu Grunde liegt, das auf einen Export von Buschholz orientierte Szenario einseitig bevorzugte (Abschnitt 8).

Eine Korrektur der Fehler des IfaS und von UNIQUE ergab, dass bei einem Einsatz von namibischem Buschholz in Hamburg die Treibhausgas-Emissionen auf dem gesamten Lebensweg höher wären als die der Steinkohle, die bisher in Hamburger Heizkraftwerken verbrannt wird (Abschnitte 6 und 7).

Die starke Klimaschädigung von Buschholz aus Namibia, das in Hamburg eingesetzt werden könnte, beruht neben den hohen CO₂-Emissionen der Holzverbrennung selbst vor allem auf den Methan-Emissionen der zusätzlich gehaltenen Wiederkäuer und auf den Verlusten an organischem Kohlenstoff, von dem im Boden unter Buschland mehr vorhanden ist als im Boden unter Grasland. Dazu kommt CO₂, das bei einem Verzicht auf die Abholzung beim Weiterwachsen der Büsche der Atmosphäre entzogen werden würde.

Da Hamburg bis 2050 eine CO₂-Emissionsminderung von mindestens 95 Prozent gegenüber dem Basisjahr 1990 anstrebt, um Klimaneutralität zu erreichen, ist von einer energetischen Nutzung von namibischem Buschholz dringend abzuraten. Denn die Anlagen, die für den Ersatz der Hamburger Steinkohle-Heizkraftwerke im laufenden Jahrzehnt errichtet oder hierfür umgebaut werden sollen, werden voraussichtlich über das Jahr 2050 hinaus im Einsatz sein.

Dass die Verbuschung in Namibia nur gestoppt werden kann, wenn in großen Umfang industriell geerntetes Buschholz exportiert wird, erwies sich als falsch (Abschnitt 9). Buschholz kann nicht nur zur Stromerzeugung in Namibia selbst eingesetzt werden, wie es der namibische Stromversorger NamPower plant. Es gibt verschiedene Möglichkeiten der stofflichen Nutzung von namibischem Buschholz im Sinne einer Kaskadennutzung von Biomasse, die mit Wertschöpfung in Namibia verbunden sind (Abschnitt 10). Die Industrieländer des Globalen Nordens sollten die Entwicklung dieser Nutzungsarten technologisch und finanziell unterstützen, da sie wesentlich geringere Treibhausgas-Emissionen aufweisen als die Verbrennung von Buschholz in europäischen Kraftwerken.

Abstract

The Hamburg environmental ministry is examining a proposal by the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) to use bush wood harvested in Namibia for energetic purposes. In Namibia, bushes would be cleared on a huge scale in order to gain land for cattle breeding and tourism. In Hamburg and other German cities, the wood would be burned as a substitute for coal, which has been used up to now.

On request of the GIZ, the Institute for Applied Material Flow Management at Trier University of Applied Sciences (IfaS) has presented a greenhouse gas balance according to which burning bush wood in Hamburg would not only be climate-neutral, but would even remove CO₂ from the atmosphere. IfaS has based its calculations on a study carried out by the forestry consultancy UNIQUE, Freiburg.

On review of the IfaS calculations for the present report more than a dozen errors and inconsistencies were found (section 5). In the study on which the IfaS calculations are based, UNIQUE had unilaterally favoured the bush wood export-oriented scenario (section 8).

After correction of the errors made by IfaS and UNIQUE, it became clear that if Namibian bush wood were used in Hamburg, the total greenhouse gas emissions based on a life cycle analysis would be higher than those from hard coal, which is currently used in Hamburg's cogeneration plants (sections 6 and 7).

The severe climate damage caused by bush wood from Namibia if used in Hamburg, arises not only from the high CO₂ emissions of wood combustion, but mainly from the methane emissions of the additionally kept ruminants and from the losses of organic carbon, of which there is more in the soil under bushland than in the soil under grassland. In addition, there is CO₂, which in the absence of bush “thinning” would be removed from the atmosphere as the bushes continued to grow.

Since Hamburg is aiming for climate neutrality by 2050 at the latest, it is strongly advisable not to use Namibian bush wood for Hamburg's energetic needs. This is because the plants that are to be built or converted in the current decade to replace Hamburg's hard-coal-fired power plants will probably be in use beyond 2050.

That bush encroachment in Namibia can only be stopped by exporting large quantities of industrially harvested bush wood is false (section 9). In addition to using bushwood for generating electricity in Namibia itself, as is planned by Namibian power utility NamPower, there are various possibilities for the material use of Namibian bush wood in the sense of a cascading use of biomass which are, moreover, associated with value addition in Namibia itself (section 10). The industrialised countries of the Global North should support the development of these types of use technologically and financially, as they have significantly lower greenhouse gas emissions than the burning of bush wood in European power plants.

Inhalt

Kurzbeschreibung.....	3
Abstract	4
Abkürzungen	7
Abbildungen	8
Tabellen.....	10
1. Einführung.....	12
2. Ausgangslage für dieses Gutachten.....	14
2.1 Pläne für die energetische Verwertung von Buschholz aus Namibia in Europa.....	14
2.2 Treibhausgas-Bilanz von Buschholz aus Namibia, berechnet vom IfaS	15
2.3 Qualität der vom IfaS erstellten Treibhausgas-Bilanz von namibischem Buschholz	17
2.4 Überprüfung eines unfertigen „Szenarios Hamburg“ des IfaS	18
3. Untersuchungsgegenstände dieses Gutachtens	21
4. Das Szenario Hamburg des IfaS.....	22
4.1 Quellen für das Szenario Hamburg des IfaS	22
4.2 Vergleich des Szenarios Hamburg und des UNIQUE-Szenarios 1.....	23
4.3 Unterschiede zwischen dem Szenario Hamburg und dem UNIQUE-Szenario 1	26
5. Fehler und Mängel der Berechnungen des IfaS und von UNIQUE.....	30
5.1 Keine Berücksichtigung eines Basis-Szenarios	30
5.2 Fehler bei der Kohlenstoffspeicherung in den Böden unter Büschen und unter Gras	31
5.3 Methodischer Fehler des IfaS bei der Kohlenstoffspeicherung im Boden unter Gras	35
5.4 Mängel bei der CO ₂ -Sequestrierung durch nachwachsendes Gras	36
5.5 Unterschiedliche Bezugsgrößen bei der Berechnung der Treibhausgas-Emissionen	38
5.6 Methodischer Fehler beim Vergleich eines Biomasse-Kraftwerks mit einer Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungsanlage	39
5.7 Zu optimistische Annahmen und Beschreibungen.....	40
6. Klimawirkung der energetischen Verwertung von Buschholz aus Namibia in Hamburg entsprechend dem korrigierten Szenario Hamburg	43

Klimawirkung einer energetischen Verwertung von Buschholz aus Namibia in Europa

6.1 Treibhausgas-Emissionen des korrigierten Szenarios Hamburg.....	43
6.2 Vergleich von namibischem Buschholz in Hamburg mit anderen Energieträgern	46
6.3 Berechnung der einzelnen Beiträge zu den Treibhausgas-Emissionen.....	48
7. Variantenanalyse und Bewertung der Klimawirkung von Buschholz	54
7.1 Ergebnisse für Varianten des „korrigierten Szenarios Hamburg“	54
7.2 Treibhausgas-Emissionen des korrigierten Szenarios Hamburg im zeitlichen Verlauf	56
7.3 Diskussion und Bewertung der Berechnungsergebnisse für das „Szenario Hamburg“	57
7.4 Abhängigkeit der Ergebnisse von der Art der Beschaffung von Buschholz.....	59
7.5 Zurückstellung des Klimaschutzes gegenüber anderen Nachhaltigkeitsaspekten	59
8. Vergleich der Szenarien 1 (Weideland) und 5 (Kraftwerk) von UNIQUE.....	61
8.1 Vorbehalte vom IfaS und von UNIQUE gegen Buschholz-Kraftwerke in Namibia .	61
8.2 Die Szenarien 1 und 5 in der UNIQUE-Studie [Seebauer 2019].....	61
8.3 Gleichbehandlung der Szenarien 1 und 5 von [Seebauer 2019]	62
8.4 Korrigierte Bewertung des Kraftwerks-Szenarios 5 der Studie von UNIQUE.....	65
9. Ist ein Export von Buschholz aus Namibia notwendig?	66
9.1 Verfügbare Busch-Biomasse in Namibia	66
9.2 Einsatz von Busch-Biomasse auf dem heimischen Markt in Namibia	69
10. Alternativen zu einem Buschholz-Export aus Namibia	72
Anhang 1 Fehler, Unstimmigkeiten und Mehrdeutigkeiten beim IfaS und bei UNIQUE.	76
Anhang 2 Kennwerte von Energieträgern	80
Anhang 3 Organischer Kohlenstoff in Böden von verbuschtem Land und von Grasland.	81
Anhang 4 Zahlenwerte zum Vergleich mit konventionellen Energieträgern.....	85
Literatur.....	86

Abkürzungen

AFOLU	Agriculture, Forestry, and Other Land Use
BCBU	Bush Control and Biomass Utilisation
BIP	Biomasse Industriepark
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit
BRD	Deutschland
BUKEA	Hamburger Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft
C	Kohlenstoff
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO _{2e}	CO ₂ -Äquivalente
Dm	dry matter, Trockenmasse
EU	Europäische Union
FHH	Freie und Hansestadt Hamburg
GIZ	Deutsche Gesellschaft für International Zusammenarbeit GmbH
GWh	Gigawattstunde
HKW	Heizkraftwerk
HmbKliSchG	Hamburgisches Klimaschutzgesetz
IfaS	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement der Hochschule Trier
INDC	Intended Nationally Determined Contribution (Beabsichtigter nation. festgelegter Beitrag)
kg	Kilogramm
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LCA	Lebenszyklusanalyse
MoU	Memorandum of Understanding
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
Sequestrierung	Abscheidung (von CO ₂)
SOC	Soil Organic Carbon (organischer Kohlenstoff im Boden)
Szenario Hamburg	Definition in Abschnitt 4.1
THG	Treibhausgase
UN	Vereinte Nationen
UNIQUE	Forst-Beratung in Freiburg
WH	Wärme Hamburg GmbH, städtische Fernwärmegesellschaft

Abbildungen

Bild 1: Grafische Darstellung der einzelnen Beiträge zu den Treibhausgas-Emissionen des „Szenarios Hamburg“ nach dem IfaS (Quelle: [IfaS 2020a])	16
Bild 2: Szenario 1 von [Seebauer 2019]: Wiederherstellung von Weideland; Nutzung von Buschholz für Viehfutter und Produktion von Holzbriketts und Holzpellets (Bildquelle: [Seebauer 2019])	25
Bild 3: „Szenario Hamburg“, aus Bild 1 auf Seite 16, übertragen in die Darstellungsart von Szenario 1 in Bild 2 entsprechend den Daten von [IfaS 2020a].	25
Bild 4: Vergleich des gespeicherten Kohlenstoffs pro Hektar im verbuschten Gebiet (links) und in der Referenz-Savanne (rechts) nach Seite 39 der UNIQUE-Studie [Seebauer 2019] (SOC = soil organic carbon; organischer Kohlenstoff im Boden)	31
Bild 5: Daten zu dem im Boden enthaltenen organischen Kohlenstoff (SOC) und zur Art der Landnutzung in der Umgebung von Otjiwarongo (Namibia) (OCS = soil organic carbon stock). Erläuterungen zur Interpretation im Text.	33
Bild 6: Vergleich des gespeicherten Kohlenstoff pro Hektar im verbuschten Gebiet (links) und in der Savanne (rechts) nach Werten entsprechend Bild 4 und Bild 5 sowie Zeile 2 in Tabelle 5	34
Bild 7: Treibhausgas-Emissionen pro Hektar in 20 Jahren für das „Szenario Hamburg“ des IfaS (hellbraun) und für das „korrigierte Szenario Hamburg“ (blau). Siehe Tabelle 8. Der Gesamtwert für das „korrigierte Szenario Hamburg“ ist rot.	44
Bild 8: Einzelbeiträge zu den spezifischen Treibhausgas-Emissionen des „korrigierten Szenarios Hamburg“. Gesamte spezifische Treibhausgas-Emission im roten Balken. Erläuterung der Berechnungen in Abschnitt 6.3.	45
Bild 9: Spezifische Treibhausgas-Emissionen in kg CO _{2e} pro MWh Energiegehalt von Holzpellets aus Namibia im „korrigierten Szenario Hamburg“ (links). Rechts entsprechende spezifische Treibhausgas-Emissionen in kg CO _{2e} pro MWh Energiegehalt für Altholz aus der BRD, Erdgas und Steinkohle. Zeithorizont bei der Bewertung von Methan-Emissionen: 20 Jahre.	46
Bild 10: Oberirdische Bestandsfunktionen für Biomasse (Holz und Gras) pro Hektar nach Funktion (3). Erläuterungen im Text.....	48
Bild 11: Vergleich der Gesamt-Emissionen in kg CO _{2e} pro MWh Energiegehalt für die analysierten Varianten und (rot) Gegenüberstellung mit den Emissionen von Steinkohle und Erdgas sowie mit der erklärten Obergrenze der Berechnungen des IfaS für das Szenario Hamburg.....	55
Bild 12: Zeitlicher Verlauf der Treibhausgas-Emissionen für das „korrigierte Szenario Hamburg“. Bei einer einmaligen Holzlieferung zu Beginn eines Zeitintervalls von 20 Jahren	

wie in den Berechnungen der UNIQUE-Studie gilt die blaue, gepunktete Linie, bei einer kontinuierlichen gleichbleibenden Holzlieferung die hellbraune Linie. In der Darstellung wurde auf einen Hektar in Namibia, von dem Buschholz entnommen wird, normiert..... 56

Bild 13: Korrekturen an den Ergebnissen der Treibhausgas-Berechnungen des IfaS für das „Szenario Hamburg“. Mit „No Biomass Removal“ wird das Basis-Szenario „Buschwachstum ohne Biomasse-Entnahme“ berücksichtigt. Die roten Einzelwerte stammen aus Tabelle 8 auf Seite 43..... 57

Bild 14: Treibhausgas-Emissionen nach [Seebauer 2019] in Tonnen CO_{2e} pro Hektar in 20 Jahren für die Szenarien 1 und 5 und für das Szenario 5 mit Planungsdaten nach NamPower (rechts). Negative Werte signalisieren Treibhausgas-Senken. Die Berechnungen folgten dem Rechenverfahren von [Seebauer 2019] und berücksichtigen nicht die in Abschnitt 5 behandelten Fehler und Mängel von [Seebauer 2019]. Der grau gefärbte Abschnitt rechts kennzeichnet einen Bereich zwischen dem kleinsten und dem größten Betrag der Substitution von Strom im namibischen Stromnetz. Erläuterungen im Text. 63

Bild 15: Treibhausgas-Bilanz für das Kraftwerks-Szenario 5 von [Seebauer 2019] nach Berücksichtigung von Parametern von NamPower und nach Durchführung von Korrekturen entsprechend Abschnitt 5. 65

Bild 16: Verbuschte Fläche in Namibia abhängig von der Zeit. Rechte Skala in Hektar. Quelle: [Honsbein 2016, Seite 187] 66

Bild 17: Normierter Differenzierter Vegetationsindex (NDVI) für Namibia um das Jahr 2000 und mit einer Vorhersage für 2100. Quelle: [Tarr o.J.]..... 67

Bild 18: Treibhausgas-Emissionen von in Namibia unter Verwendung von Buschholz hergestellten Holzbauelementen im Vergleich zu Treibhausgas-Emissionen von Energieträgern in Hamburg bei einem Zeithorizont von 20 Jahren (Bezug zum „verbesserten Szenario Hamburg“). 73

Bild 19: Treibhausgas-Emissionen von in Namibia unter Verwendung von Buschholz hergestellten Holzbauelementen im Vergleich zu Treibhausgas -Emissionen von Energieträgern in Hamburg bei einem Zeithorizont von 100 Jahren (Bezug zum „verbesserten Szenario Hamburg“). 74

Bild 20: Ausschnitt aus [IfaS 2020d, Seite 4], oben mit einer eigenartigen Zeile „Result“ zur Nutzungsart bei der Buschholzernte. Erläuterungen im Text. 77

Bild 21: Anteile der Nutzung verbuschter Flächen..... 77

Tabellen

Tabelle 1: Charakteristische Werte des Szenario Hamburg nach dem IfaS (siehe Bild 3) und des UNIQUE-Szenario 1 nach [Seebauer 2019] (siehe Bild 2)	26
Tabelle 2: Daten zur Entnahme von Biomasse pro Hektar beim Szenario Hamburg und beim UNIQUE-Szenario 1	27
Tabelle 3: Nutzungsarten der als Grasland vorgesehenen Flächen	27
Tabelle 4: Nutzung der abgeernteten Flächen als Grasland	28
Tabelle 5: Gespeicherter Kohlenstoff in einem Hektar Savanne und einem Hektar Buschland. Werte in t Kohlenstoff pro Hektar. Bezug zu Funktion 1.	32
Tabelle 6: Vergleich von Treibhausgas-Emissionswerten (in Tonnen CO _{2e} pro Hektar in 20 Jahren) für mehrere Szenarien aus [Seebauer 2019] und aus [GIZ, UNIQUE 2020]. (Die Szenarien-Nummern in [GIZ, UNIQUE 2020] sind um 1 höher als in [Seebauer 2019].).....	37
Tabelle 7: Vergleich von Treibhausgas-Emissionswerten für ausgewählte Szenarien aus [Seebauer 2019].....	38
Tabelle 8: Flächenbezogene Werte der Treibhausgas-Emissionen des „Szenarios Hamburg“ nach dem IfaS (siehe Bild 1) und entsprechende Werte des „korrigierten Szenarios Hamburg“ (siehe Bild 7 auf der folgenden Seite und Bild 13 auf Seite 57). Negative Werte bedeuten CO ₂ -Speicherung. Biomasse in den Zeilen 1 bis 3 als Trockenmasse (dm) pro Hektar.....	43
Tabelle 9: Einzelwerte der energie-spezifischen Treibhausgas-Emissionen für das „korrigierte Szenario Hamburg“ links in Tonnen pro Hektar und rechts in kg pro MWh Energiegehalt von Holzpellets. Positive Werte bedeuten Treibhausgas-Emissionen, negative stehen für CO ₂ -Speicherung.....	44
Tabelle 10: Spezifische Gesamt-Emissionen in kg CO _{2e} pro MWh Energiegehalt für Varianten des „korrigierten Szenarios Hamburg“. In Zeile 1 wird die Art der Variation angegeben, in Zeile 2 die Auswirkung auf die Gesamt-Emissionen und so fort. Grafische Darstellung in Bild 11.	54
Tabelle 11: Vergleich der Szenarien 1 und 5 von [Seebauer 2019] und Versuch einer Gleichbehandlung von Szenario 5 in der rechten Spalte und in Abschnitt 8.3. Rot hervorgehobene Beiträge werden im Text näher erläutert.	62
Tabelle 12: Effektiver jährlicher Zuwachs an verbuschten Flächen in Namibia	68
Tabelle 13: Erforderliche jährliche Buschholz-Ernte, um die Verbuschung in Namibia zu stoppen	69
Tabelle 14: Vorausssehbarer Bedarf von Buschholz für den heimischen Markt in Namibia ...	69

Tabelle 15: Vergleich der eigenen Abschätzung und der entsprechende Werten des IfaS für den namibischen Eigenbedarf (links) und für einen Verbuschungsstopp (rechts).....	70
Tabelle 16: Verbuschte Fläche, Buschbiomasse und jährlicher Zuwachs der Verbuschung in Namibia in Quellen des IfaS.	78
Tabelle 17: Gegenwärtig in Namibia genutzte Buschbiomasse in Mio. Tonnen pro Jahr in Quellen des IfaS	78
Tabelle 18: Innerhalb von Namibia selbst nutzbare Buschbiomasse in Mio. Tonnen pro Jahr in Quellen des IfaS	79
Tabelle 19: Werte der direkten spezifischen CO ₂ -Emissionen ohne Vorketten (Quelle: IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories)	80
Tabelle 20: Werte der Vorketten in den spezifischen Treibhausgas-Emissionen (Quelle: [Liebich 2019]).....	80
Tabelle 21: Werte der Treibhauspotenziale (GWP) (Quelle: IPCC 2013, „Anthropogenic and Natural Radiative Forcing“, WG1AR5, Chapter 8, Table 8.7).....	80
Tabelle 22: Ergebnisse neuerer Studien zu den Unterschieden in der Speicherung von organischem Kohlenstoff im Boden von verbuschten Gebieten und von Savannengebieten..	84
Tabelle 23: Zahlenwerte zu Bild 9 (Zeithorizont 20 Jahre für Methan-Emissionen). Werte in kg CO _{2e} pro MWh Energiegehalt	85
Tabelle 24: Zahlenwerte zu Bild 9 (Zeithorizont 100 Jahre für Methan-Emissionen). Werte in kg CO _{2e} pro MWh Energiegehalt	85

1. Einführung

Im Lauf des Jahres 2019 wurden der Stadt Hamburg von der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) große Mengen an holzartiger Biomasse aus Namibia zum Zweck einer energetischen Nutzung angeboten. Daraufhin prüft die Hamburger Umweltbehörde (BUKEA) das [Projekt](#) Biomasse-Partnerschaft Hamburg-Namibia bis Mitte 2021.

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 bezeichnet. Im Fall von Biomasse aus Namibia ist eine wesentliche Voraussetzung, dass der über eine große Distanz importierte Energieträger nicht nur nachhaltig erzeugt wird, sondern auch zur Zielsetzung einer möglichst CO₂-freien Fernwärmeerzeugung in Hamburg beiträgt.

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 hergestellt werden. Nach Beschlüssen des Hamburger Senats und der Hamburger Bürgerschaft kann es noch bis zu zehn Jahren 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 gegenwärtig in der Hamburger Fernwärme eingesetzte Steinkohle so zu ersetzen, dass die Fernwärme-Bereitstellung zum Ziel einer zu mindestens 95 Prozent CO₂-freien Stadt passt, das nach öffentlichen Erklärungen wie [[Hamburg 2019](#)] möglichst noch vor 2050 erreicht werden soll. Da das Unternehmen Wärme Hamburg GmbH beabsichtigt, die Anzahl seiner Kunden erheblich auszuweiten, und da der Ersatz der Kohle-Heizkraftwerke mit hohen Investitionen in Erzeugungsanlagen verbunden ist, die lange Amortisationszeiten aufweisen, reicht es nicht, nur von Steinkohle auf Erdgas umzusteigen, auch wenn Erdgas auf Grund von besonderen geopolitischen Konstellationen gegenwärtig besonders preisgünstig ist.

Für die Dekarbonisierung der Hamburger Fernwärme müssen daher vorrangig möglichst CO₂-freie Wärmequellen genutzt werden. In Frage kommen vor allem industrielle Abwärme, sofern sie als klimafreundlich bewertet werden kann, Biomasse, die scharfe Kriterien an Nachhaltigkeit und CO₂-Freiheit erfüllt, und eventuell auch tiefe Geothermie. Außerdem in beschränktem Umfang nicht anders nutzbarer Strom aus erneuerbaren Quellen und „grüner“ Wasserstoff, sobald hiervon so viel verfügbar sein wird, dass Anwendungsbereiche, die hohe Temperaturen benötigen oder die nur mit Hilfe von Wasserstoff dekarbonisiert werden können, ausreichend damit versorgt sind.

Nachhaltige und klimafreundlich einsetzbare Biomasse steht nur in begrenztem Umfang zur Verfügung. Bei ihrer Verwendung sind Grundsätze einer Kaskadennutzung zu beachten. Dem Einsatz im stofflichen Bereich muss in der Regel Vorrang gegenüber dem Einsatz im energetischen Bereich eingeräumt werden. Bei einer energetischen Verwendung muss daran gedacht werden, dass Biomasse im Gegensatz zu volatilen Energien ein Energiespeicher ist und daher einen besonders hohen Wert besitzt.

Wahrscheinlich wird es nicht möglich sein, die Hamburger Fernwärme so umzubauen, dass sie innerhalb der nächsten 30 Jahre vollständig dekarbonisiert sein wird. Sie stammt gegenwärtig 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 dieses Abfalls bald Grundlegendes ändern wird. Daher wird mittelfristig sogar an Methoden der Rückholung von CO₂ aus der Atmosphäre zu denken sein.

Umso wichtiger ist es, dass die nicht auf der Müllverbrennung beruhende Fernwärme höchste Ansprüche an Dekarbonisierung und Klimafreundlichkeit erfüllt. In dem Prüfprozess der Hamburger Umweltbehörde zur Bewertung von holzartiger Biomasse aus Namibia ist dies zu beachten.

2. Ausgangslage für dieses Gutachten

2.1 Pläne für die energetische Verwertung von Buschholz aus Namibia in Europa

Im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) führt das Trierer [Institut für angewandtes Stoffstrommanagement](#) (IfaS) zusammen mit der Hamburger Umweltbehörde BUKEA seit Mai 2020 einen Prüfprozess durch, bei dem die energetische Verwertung von Buschholz aus Namibia in Hamburg untersucht wird. Laut einer [Pressemeldung](#) vom 12. Mai 2020 unterzeichnete die Umweltbehörde zu diesem Zweck eine Absichtserklärung, ein [Memorandum of Understanding](#) (MoU). Mitte Juni 2021 sollen die Ergebnisse dieses Prüfprozesses öffentlich vorgestellt werden.

Die Umweltbehörde erklärte, 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. Aus diesem Grund würden die Umweltbehörde und das kommunale Fernwärmeunternehmen Wärme Hamburg GmbH gemeinsam mit der Wissenschaft die effiziente Nutzung und Verwertung dieser Biomasse in Hamburg prüfen. 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.

Der Geschäftsführende Direktor des IfaS, Prof. Dr. Peter Heck, 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 Wärme Hamburg sei ein optimaler Partner Namibias für eine nachhaltige Biomassepartnerschaft.

Das [GIZ-Projekt](#) „Nutzung von Busch-Biomasse“ ([Bush Control and Biomass Utilisation](#), BCBU) und IfaS hatten Hamburg in einem 12-seitigen Dossier „Transkontinentale Biomassepartnerschaft Namibia – Hamburg“ vom 18. April 2019 [[Gschwender 2019](#)] die energetische Verwertung von Buschholz aus Namibia vorgeschlagen. Das Papier, das als Kern einer Biomassepartnerschaft die Errichtung von Biomasse Industrieparks (BIP) in Namibia vorsah und das ganz auf Quellenangaben verzichtete, wurde durch eine Präsentation [[Heck 2020](#)] vom 14. Januar 2020 ergänzt.

Einen visuellen Überblick über die Planungen des GIZ-Projekts bietet ein Video „[Biomass Industrial Parks – Namibia](#)“. Umfangreiche weitere Informationen finden sich auch auf

Internetseiten der vom GIZ-Projekt BCBU gegründeten Organisationen [De-bushing Advisory Service Namibia](#) und [Namibia Biomass Industry Group N-BIG](#).

Nähere Einzelheiten zur Vorgeschichte und zur Organisation des Hamburger Prüfprozesses wurden in [\[Rabenstein 2020\]](#) erläutert. In den Abschnitten 4.1 und 4.2 dieses Kurzgutachtens wurden die Zielsetzungen Hamburgs zur Verminderung von Treibhausgasen und für die Dekarbonisierung der Hamburger Fernwärme beschrieben.

Für das GIZ-Projekt BCBU bildet der Prüfprozess in Hamburg ein Pilot-Vorhaben für eine wesentlich umfangreichere „Transkontinentale Partnerschaft“ zur Nutzung von Buschholz aus dem globalen Süden vornehmlich in Deutschland. Das in Namibia stehende Buschholz würde ausreichen, um die gesamte derzeit in Deutschland eingesetzte Steinkohle zu ersetzen. Im Prüfprozess wird darüber hinaus auch der Einsatz dieses Verwertungsmodells in Botswana, Südafrika, Angola, Kuba usw. betrachtet.

In einer **Machbarkeitsstudie** des IfaS [\[IfaS 2020b\]](#) vom November 2020 wurden als mögliche Einsatzorte des namibischen Buschholzes neben Hamburg die Städte Berlin, Flensburg und Rostock genannt, die als Ersatz für fossile Kohle dringend eine neue Energiequelle benötigen würden (Seite 47). Verwiesen wurde darauf, dass die internationale Nachfrage nach Holzpellets und Holzhackschnitzeln durch europäische Kraftwerksbetreiber wie Stadtwerke oder Unternehmen wie Vattenfall, Uniper, Drax und große Händler wie die Brüning-Gruppe etc. in den nächsten Jahren drastisch steigen würde, da viele europäische Staaten den Ausstieg aus der Kohle und aus anderen fossilen Brennstoffen innerhalb des nächsten Jahrzehnts beschlossen hätten. Auch die Herstellung von Biokraftstoffen wird als mögliche Anwendung genannt (Seite 24).

Auf Seite 139 dieser Machbarkeitsstudie geht es um eine Absichtserklärung (MoU) zwischen der Brüning-Megawatt GmbH und dem IfaS, als deren Ziele die Entwicklung einer Biomasse-Partnerschaft für namibisches Buschholz und die Entwicklung von Biomasse Industrieparks (BIP) in Namibia vereinbart wurden. Die Brüning Gruppe handelt europaweit mit energieliefernden Massenrohstoffen. Namibische Biomasse soll über eigene Vertriebskanäle, Netzwerke und Plattformen gefördert und beworben werden, wann immer das angemessen und möglich ist. Tendenziell soll innerhalb der nächsten 18 Monate eine erste Probelieferung mit namibischer Biomasse in Form von Holzschnitzeln (oder Holzpellets) durchgeführt werden, so die Studie.

2.2 Treibhausgas-Bilanz von Buschholz aus Namibia, berechnet vom IfaS

Seit Mitte Dezember 2020 sind sieben Quellen zur Klimabilanzierung für Buschholz aus Namibia in Hamburg öffentlich zugänglich, die vom Institut für angewandtes Stoffstrommanagement IfaS durchgeführt wurde (Abschnitt 4.1). Eine vollständige und geschlossene Darstellung des „**Szenarios Hamburg**“ des IfaS mit nachvollziehbaren Berechnungen der Treibhausgas-Emissionen wurde bisher jedoch nicht veröffentlicht. Die Bezeichnung „**Szenario Hamburg**“ findet sich auf Seite 36 der Machbarkeitsstudie [\[IfaS 2020b\]](#).

Die Aussagen des IfaS über die Treibhausgas-Emissionen einer energetischen Nutzung von Buschholz in Hamburg in diesen Quellen sind widersprüchlich.

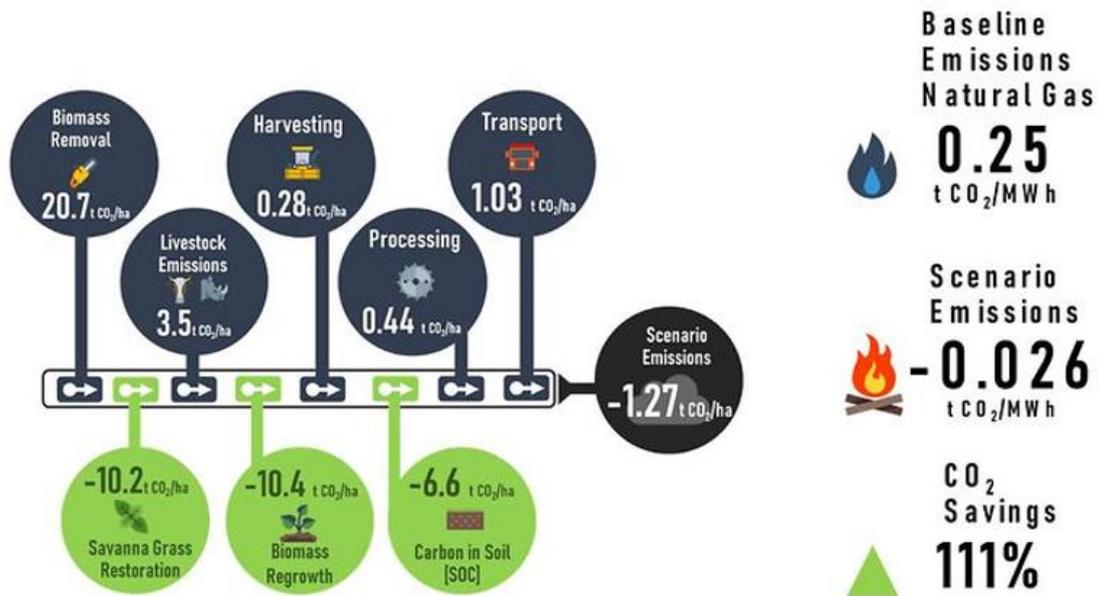


Bild 1: Grafische Darstellung der einzelnen Beiträge zu den Treibhausgas-Emissionen des „Szenarios Hamburg“ nach dem IfaS (Quelle: [IfaS 2020a])

Nach Bild 1 liegen die vom IfaS errechneten gesamten Treibhausgas-Emissionswerte der aus Namibia nach Hamburg gelieferten und hier verbrannten Holzpellets bei minus 26 kg CO_{2e} pro MWh Energiegehalt der Pellets. Im direkten Vergleich mit 245 kg CO_{2e} pro MWh für Erdgas nach den Tabellen 19 und 20 im **Anhang 2** würde der Einsatz von Buschholz die Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zu Erdgas um 111 % reduzieren.

Bild 1 wurde vom Hamburger Senat schon am 27. Oktober 2020 in Beantwortung einer Schriftlichen Kleinen Anfrage [Drs. 22/1831] gezeigt mit der Erklärung, dass Buschholz aus Namibia, das in Form von Holzpellets nach Hamburg geliefert werden würde, hier nicht nur klimaneutral energetisch verwertet werden könnte, sondern dass dabei der Atmosphäre sogar noch CO₂ entzogen werden würde. Die Hamburger Umweltbehörde hält seither diese Einschätzung aufrecht, wie eine Stellungnahme ihres Pressesprechers vom 18. Februar 2021 [HA 2021] zeigt.

Diese Behauptung des IfaS bedeutet, dass

- die Ernte eines Teils der Biomasse auf einem verbuschten Hektar in Namibia mit Nachwachsen von Gras und von Buschbiomasse,
- die Verarbeitung der Buschbiomasse zu Holzpellets,
- der Transport dieser Holzpellets nach Hamburg und
- deren Verbrennung in einem Heizkraftwerk in Hamburg

eine Treibhausgas-Senke bilden. Der Atmosphäre würden dabei 1,27 Tonnen CO_{2e} pro genutztem namibischem Hektar entzogen.

In [IfaS 2020e] betonte Flesch, dass diese vom IfaS berechnete CO_{2e}-Speicherung genau dem Treibhausgas-Entzug entspreche, zu dem sich Namibia im Jahr 2015 in seinen national festgelegten Beiträgen zum Pariser Klimaschutzabkommen (INDC) verpflichtet habe. Nach [INDC 2015, Seite 10] hat Namibia zugesagt, bis 2030 mit der Wiedergewinnung von 15 Mio. Hektar Grasland der Atmosphäre einen Treibhausgas-Betrag von 1,359 Mio. t CO_{2e} zu entziehen. In [Nam 2018, Seite 98] wurde präzisiert, dass es sich bei dieser Angabe um einen CO₂-Reduktionsbetrag pro Jahr handele.

2.3 Qualität der vom IfaS erstellten Treibhausgas-Bilanz von namibischem Buschholz

Obwohl die Grafik des IfaS in Bild 1 im Rahmen der Werbung für die Errichtung von Biomasse-Industrieparks in Namibia bereits weit verbreitet wurde, räumt das IfaS ein, dass die spezifischen Emissionen auch deutlich größer sein könnten. Auf Seite 32 der Machbarkeitsstudie [IfaS 2020b] wird festgestellt, dass die im Bild 1 dargestellte Grafik zu einem möglichen, **optimistischen** Treibhausgas-Szenario für eine Landnutzungsoption auf Basis einer Lebenszyklusanalyse gehöre. Ins Deutsche übertragen, wörtlich:

„Betrachtet man die Treibhausgase einer solchen multifunktionalen Landnutzung, so ergeben sich Werte, die zwischen Senke und leichter Freisetzung schwanken. In keinem Fall sind die erreichten THG-Emissionen höher als die von Erdgas oder Kohle.“

Genauer heißt es auf Seite 33 von [IfaS 2020b]:

„Die Zahlen beruhen auf den Ergebnissen vorhandener Studien und konkreter Berechnungen, wobei der laufende wissenschaftliche Diskurs über die Werte ein zunächst positives Bild zeichnet. Diskussionswürdig ist u. a. der Anteil des im Boden gebundenen Kohlenstoffs. Aber selbst wenn dieser geringer ist als der angenommene Wert in der Abbildung, sind die heizwertbezogenen THG-Emissionen immer noch 56 % geringer als die von Erdgas.“

Mit einem Emissionsfaktor für Erdgas von 245 kg CO_{2e} / MWh einschließlich Vorketten ergäbe sich aus dem zweiten Zitat eine vom IfaS gezogene Höchstgrenze von 108 kg CO_{2e} pro MWh Energiegehalt für das namibische Buschholz.

Bei einem Vortrag [IfaS 2020e] erklärte Flesch, die Treibhausgas-Emissionen von namibischem Buschholz in Hamburg sollten mindestens 80 % niedriger sein als die von Kohle. Für Steinkohle als „Kohle“ ergäbe sich so ein Begrenzungswert von 88 kg CO_{2e} pro MWh.

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass das IfaS für seine Bewertung des „Szenarios Hamburg“ eine **Obergrenze von rund 100 kg CO_{2e} pro MWh** Energiegehalt der aus Namibia gelieferten Holzpellets gezogen hat.

Auf Seite 38 der Machbarkeitsstudie [IfaS 2020b] wird sogar erklärt, die Nutzung von Buschholz in Hamburg biete eine signifikante Verbesserung beispielsweise gegenüber der verbesserten Produktion von Holzkohle in Namibia. Die Herstellung von Holzkohle in Namibia für das Freizeitvergnügen Grillen in Europa hat auch nach möglichen Verbesserungen eine üble Klimabilanz (siehe [Seebauer 2019] und [HET 2020a]).

In [IfaS 2020f, Seite 10] wird direkt im Zusammenhang mit der Behauptung einer CO₂-Senke von minus 1,25 t CO₂ pro Hektar vom IfaS relativiert: „Positive GHG Balance through multiple land use management - needs more research and more monitoring“.

Quantitative Begründungen zu den hier zitierten Begrenzungswerten wurden vom IfaS nicht geboten. Zu den Daten, die in den Berechnungen verwendet wurden, wurde in [IfaS 2020b, Seite 33] festgestellt:

„Die Daten basieren auf spezifischen Emissionswerten eines Szenarios für einen Biomasse-Industriepark mit einem Durchsatz von 250.000 t Buschbiomasse pro Jahr (IfaS 2020) sowie auf spezifischen Emissions- und Sequestrierungswerten der Expertengruppe aus Namibia und den Autoren der THG-Bewertung von Unique (Seebauer et al, Unique 2019).“

Die für die GIZ ausgearbeitete **Studie der Forst-Beratung UNIQUE**, Freiburg, von der es eine Langfassung [Seebauer 2019] und eine Kurzfassung [Seebauer 2020] gibt, enthält eine umfangreiche systematische Bewertung der Treibhausgas-Emissionen, die durch die Verwertung von namibischem Buschholz entstehen.

Wie vom IfaS mehrfach angegeben wurde, beispielsweise in [IfaS 2020d, Seite 5], stützen sich die IfaS-Berechnungen also auf die UNIQUE-Studie [Seebauer 2019]. Kritik an diesen UNIQUE-Berechnungen in [Rabenstein 2020], die selbst vom Hauptautor Matthias Seebauer als zutreffend eingeräumt wurde, wurde vom IfaS jedoch nicht berücksichtigt und mit keinem Wort erwähnt.

Es bleibt weitgehend unklar, um welche „Expertengruppe aus Namibia“ es sich im IfaS- Zitat handelt und inwieweit von dieser objektive Daten zu Emissions- und Sequestrierungswerten zu erwarten sind. Wo Namen genannt wurden wie in [IfaS 2020e], handelt es sich offenbar um interessegeleitete Organisationen oder Personen.

2.4 Überprüfung eines unfertigen „Szenarios Hamburg“ des IfaS

Auf Seite 35 der Machbarkeitsstudie [IfaS 2020b] wird in Zusammenhang mit den Treibhausgas-Emissionen des Holzpellets-Transports nach Hamburg angekündigt: „Die realen Werte des erwarteten Szenarios sollen in den folgenden Monaten im Projekt diskutiert und überprüft werden.“

Das dürfte bedeuten, dass die Treibhausgas-Bewertung für das „Szenario Hamburg“ in dem zum MoU gehörenden Prüfprozess in Hamburg weiterentwickelt werden könnte und auch bis Mitte 2021 noch Veränderungen im „Szenario Hamburg“ des IfaS vorgenommen werden könnten. Es könnte sich um ein „work in progress“ handeln.

In [Drs. 22/3385] erklärte der Hamburger Senat zur Machbarkeitsstudie [IfaS 2020b]:

„Die Machbarkeitsstudie wurde keinem Peer Review unterzogen. Sie hat den Zweck, aufzuzeigen, wie gegen Verbuschung vorgegangen und gleichzeitig Wertschöpfung

realisiert werden kann. Die Studie verfolgt nicht den Anspruch einer wissenschaftlichen Publikation. Ein Peer Review ist nicht geplant.“

Diese Feststellung dürfte sich auch auf die Treibhausgas-Bewertung des IfaS für das „Szenario Hamburg“ beziehen, da [[IfaS 2020b](#)] die Hauptquelle für dieses Szenario sein dürfte.

Obwohl somit das „Szenario Hamburg“ also noch Veränderungen unterzogen werden könnte, obwohl die Datenlage zu diesem Szenario bisher lückenhaft und widersprüchlich ist, wie in den folgenden Abschnitten gezeigt werden wird, obwohl sich nur ein Teil der Berechnungen des IfaS nachvollziehen lässt und obwohl die Hamburger Umweltbehörde am Anspruch einer wissenschaftlichen Publikation zweifelt, erscheint es sinnvoll, nicht bis zum Abschluss des Prüfprozesses Mitte 2021 zu warten, sondern schon jetzt die Resultate des IfaS einer externen Kontrolle zu unterziehen. Dafür sprechen folgende Gründe:

- In Namibia gibt es so viel Buschholz, dass bei einer vollständigen Nutzung die gesamte in der BRD energetisch eingesetzte Steinkohle ersetzt werden könnte. Zudem könnten Staaten wie Botswana, Südafrika und Angola in eine Buschholz-Belieferung anderer europäischer Staaten einbezogen werden.
- Wie die Machbarkeitsstudie des IfaS und Aufrufe zur Beteiligung wie [[GIZ 2021](#)] zeigen, sind Versuche, weitere Abnehmer von namibischem Buschholz zu gewinnen und weitere Unternehmen für die Lieferkette zu interessieren, schon in vollem Gang. Diese dürften bisher von der sehr positiven Klimabilanz ausgehen, die das IfaS mit Bild 1 verbreitet, und sich darauf verlassen, dass eine von Mitgliedern der Grünen Partei geführte deutsche Umweltbehörde für eine verlässliche Überprüfung der Klimawirkung sorgen wird.
- Der Prüfprozess in Hamburg besitzt für die GIZ und das IfaS einen beträchtlichen Stellenwert.¹ Laut [[IfaS 2020b](#), Seite 166] geht es für sie um den Start einer Interkontinentalen Biomasse-Industrie zwischen Europa und Namibia. Die Stadt Hamburg soll die Rolle einer Türöffnerin spielen.
- Von zahlreichen Umweltverbänden und wissenschaftlichen Einrichtungen wurden bereits seit geraumer Zeit erhebliche Skepsis und Zweifel gegenüber den einschlägigen Veröffentlichungen des GIZ-Projekts BCBU, der Forst-Beratung UNIQUE und des IfaS geäußert ([[Robin Wood 2020](#)], [[HET 2020b](#)], [[Robin Wood 2021](#)]). In den Bürgerschaftsdrucksachen [[Drs. 22/2792](#)], [[Drs. 22/3385](#)] und [[Drs. 22/3555](#)] wurde die Befürchtung geäußert, dass bei UNIQUE und beim IfaS Interessenkonflikte vorliegen, die eine objektive Treibhausgas-Bilanzierung nicht erwarten lassen. Das IfaS ist Gründungsmitglied des vom GIZ-Projekt BCBU im Mai 2016 gegründeten namibischen Interessenverbands N-BIG, der seine Aufgabe darin sieht, das Wachstum der namibischen

¹ Furthermore, decisive strategic partners with concrete interest in becoming biomass partnership representative have been successfully addressed and committed, such as the city of Hamburg or the Brüning group. [[IfaS 2020b](#), Seite 166]

Klimawirkung einer energetischen Verwertung von Buschholz aus Namibia in Europa

Biomasseindustrie zu fördern. Wie sich der Prüfprozess der Hamburger Umweltbehörde zu diesem Problem verhält, ist [\[Drs. 22/2792\]](#) und [\[Drs. 22/3385\]](#) zu entnehmen.

3. Untersuchungsgegenstände dieses Gutachtens

Im vorliegenden Gutachten soll untersucht werden, wie groß die Freisetzung von Treibhausgasen ist, wenn Buschholz aus Namibia entsprechend dem „Szenario Hamburg“ des IfaS in Hamburg energetisch verwertet wird. Zu bewerten sind dabei die Gesamtemissionen im Sinne einer Lebenszyklusanalyse.

Die Treibhausgas-Emissionen von Buschholz aus Namibia sollen darüber hinaus 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 in Namibia selbst sollte zum Vergleich herangezogen werden.

In der Studie der Forst-Beratung UNIQUE [[Seebauer 2019](#)] wurden in einem Szenario 5 die spezifischen Treibhausgas-Emissionen des Buschholz-Einsatzes in einem Biomasse-Kraftwerk in Namibia berechnet. Im Szenario 1 ging es um die „Wiederherstellung von Weideland“. Es gibt Hinweise darauf, dass in dieser Studie das Szenario 5 im Vergleich zum bevorzugten Szenario 1 systematisch ungünstig behandelt wurde. Daher soll hier ein unabhängiger Vergleich der Treibhausgas-Emissionen dieser beiden Szenarien durchgeführt werden. Ob die UNIQUE-Studie einem Peer Review unterzogen wurde (von unabhängigen Fachleuten überprüft und begutachtet wurde), wird bezweifelt ([\[Drs. 22/3385\]](#), [\[Drs 22/3888\]](#)). Es ist daher naheliegend, sie in dieser Hinsicht auf Objektivität, Korrektheit und Verlässlichkeit zu überprüfen.

In vielen Veröffentlichungen des GIZ-Projekts BCBU und des IfaS wird behauptet, dass ein immer weiteres Vordringen der Verbuschung in Namibia nur mit Hilfe eines groß angelegten Buschholzexports zu bewältigen sei. Auch die Hamburger Umweltbehörde hat in dem von ihr unterzeichneten Memorandum of Understanding erklärt, nur internationale Nachfrage und Verwertung könne zur Lösung des namibischen Umweltproblems – Gestrüpp zerstört Lebensräume für Tiere und Landwirtschaftsflächen und entzieht dem Boden Wasser – beitragen. Diese Behauptung soll im vorliegenden Gutachten überprüft werden.

Die Beschränkung der Untersuchungsgegenstände dieses Gutachtens bringt es mit sich, dass ökologische Aspekte, die über die Emissionen von Treibhausgasen hinausgehen, sowie wirtschaftliche und soziale Fragestellungen, die vor allem Namibia betreffen, allenfalls am Rande erwähnt werden.

4. Das Szenario Hamburg des IfaS

4.1 Quellen für das Szenario Hamburg des IfaS

Einer Bezeichnung in [[IfaS 2020b](#), Seite 36] folgend wird die Abfolge der gesamten Verwertungskette von der Busch-Ernte bis zur Verbrennung von Holzpellets aus Namibia in Hamburg mit „**Szenario Hamburg**“ bezeichnet. Zum Zeitpunkt des Abschlusses des vorliegenden Gutachtens lagen die folgenden sieben Quellen mit bruchstückhaften Informationen über die Ausgestaltung des „Szenarios Hamburg“ des IfaS und dessen Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen vor:

- Eine kurze Beschreibung [[IfaS 2020a](#)] in der Datei „[Berechnung der CO₂-Bilanz des Projekts Biomasse-Partnerschaft](#)“ von Anfang November 2020, die wie die meisten folgenden Quellen die Treibhausgas-Bilanz in Bild 1 (Seite 16) enthält,
- eine 171 Seiten umfassende Machbarkeitsstudie „[Road Map to a Biomass Industrial Park](#)“ des IfaS mit Erläuterungen zu den Treibhausgas-Emissionen des „Szenarios Hamburg“ [[IfaS 2020b](#)], (Bezüge in dieser Arbeit gelten der Version vom 19.11.2020. Am 11.3.2021 wurde diese ersetzt, wobei ein Satz auf Seite 28 gestrichen wurde, der in der Öffentlichkeit große Empörung ausgelöst hatte. Es wurde nicht geprüft, ob die neue Version weitere Änderungen enthält.)
- eine Broschüre „Namibia Biomass Industrial Park“ [[IfaS 2020c](#)],
- eine in einem Video-Seminar am 1. Dezember 2020 gezeigte, 14 Seiten umfassende Präsentation „Greenhouse Gas Assessment Biomass Industry Park. Transcontinental Biomass Partnership with Namibia“ [[IfaS 2020d](#)],
- ein Videomitschnitt [[IfaS 2020e](#)] von diesem Seminar am 1. Dezember 2020,
- eine in einem Video-Seminar am 26. November 2020 gezeigte, 17 Seiten umfassende Präsentation „Ecosystem Restoration Partnership: Bush to Value in Namibia“ [[IfaS 2020f](#)], die kaum zusätzliche Informationen enthält, und
- ein kurzer Text des IfaS: „Hintergrund, Verbuschung in Namibia – ein ökologisches Problem“ vom November 2020 [[IfaS 2020g](#)].

Keine dieser Quellen bietet eine vollständige, auf Nachvollziehbarkeit ausgerichtete Darstellung des „Szenarios Hamburg“ des IfaS.

Anfang November 2020 veröffentlichte die Hamburger Umweltbehörde BUKEA eine [spezielle Internetseite](#) zum Projekt „Biomasse-Partnerschaft Hamburg-Namibia“. Diese Seite enthält in [[IfaS 2020a](#)] bruchstückhafte Angaben zu einer „Berechnung der CO₂-Bilanz des Projekts Biomasse-Partnerschaft“, bestehend aus einem sehr kurzen Text und zwei Abbildungen. Enthalten sind einige Informationen zum „Szenario Hamburg“ des IfaS von der Buschabholzung mit Produktion von Holzpellets bis zur Verbrennung in Hamburg. Den einzelnen Verwertungsschritten wie Busch-Ernte, Produktion von Holzpellets und Transport nach Hamburg wurden

Werte von Treibhausgas-Emissionen zugeordnet, die sich auf einen Zeitraum von 20 Jahren und einen mit Buschholz bewachsenen Hektar in Namibia beziehen (Bild 1 auf Seite 16).

Die Machbarkeitsstudie [IfaS 2020b] enthält zum einen auf den Seiten 31 bis 38 in einem Unterabschnitt „The Biomass Industrial Park Idea“ unter der Überschrift „GHG Calculation with the assumption“ ergänzende Angaben zu den Treibhausgas-Emissionen des „Szenarios Hamburg“. Andererseits wurden auf den Seiten 134 bis 138 in einem Kapitel „7.4 CO₂ Balance Transport“ Angaben zu den Treibhausgas-Emissionen des Holzpellets-Transports von Namibia nach Hamburg gemacht, die in Widerspruch zu den entsprechenden Angaben auf Seite 35 stehen. Es scheint sich dabei um Werte aus einer Präsentation [Heck 2020] zu handeln. Offenbar sind Teile dieser Machbarkeitsstudie [IfaS 2020b] ohne einen Abgleich zusammengefügt worden.

Für das Verständnis dieser Machbarkeitsstudie ist von Bedeutung, dass sich Ausführungen wie auf den Seiten 31 bis 38 auf den im „Szenario Hamburg“ angenommenen Export von Holzpellets nach Hamburg beziehen, während es spätestens ab Abschnitt 4 („BIP Site Selection“) nur um einen ersten Biomasse-Industriepark geht, der als Pilotprojekt am Ort Otjiwarongo geplant ist und in dem dreimal mehr Holzschnitzel als Holzpellets produziert werden sollen ([IfaS 2020b, Seite 117, Table 11]).

Mit Hilfe der Quellen [IfaS 2020c], [IfaS 2020d], [IfaS 2020e] und [IfaS 2020f] lassen sich die in der Machbarkeitsstudie enthaltenen Informationen ergänzen. Manche Angaben in der Machbarkeitsstudie wären ohne diese zusätzlichen Quellen unverständlich. Insgesamt ist aber dennoch festzuhalten:

Die bisherige Beschreibung des „Szenarios Hamburg“ und der Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen durch das IfaS ist unvollständig, an manchen Stellen nicht ausgereift und teilweise widersprüchlich. Es fehlen wesentliche Angaben, die für ein vollständiges Nachvollziehen der Ergebnisse des IfaS notwendig wären. Es fehlen viele Begründungen für die bei den Berechnungen gewählten Parameter. Es gibt viel zu wenige Quellen-Angaben. Oft wird auf „Experten“-Meinungen verwiesen, ohne dass erkennbar wäre, um welche Experten es sich handelt, was diese vertreten und ob von diesen objektive Angaben erwartet werden können.

Da die sieben oben aufgeführten Quellen zum Teil nicht gut auf einander abgestimmt sind und auch innerhalb einer Quelle wie der Machbarkeitsstudie irritierende Unterschiede auftreten – insbesondere bei den Werten der Berechnungs-Parameter – wird in **Anhang 1** dargestellt, welche Fehler (außer den bereits in Abschnitt 5 aufgeführten), Unstimmigkeiten und Abweichungen festgestellt wurden und wie im vorliegenden Gutachten damit umgegangen wird.

4.2 Vergleich des Szenarios Hamburg und des UNIQUE-Szenarios 1

Bild 1 aus [IfaS 2020a] (Seite 16) enthält eine Aufschlüsselung der einzelnen Treibhausgas-Quellen und -Senken des „Szenarios Hamburg“, berechnet vom IfaS. Die Treibhausgas-Senken, die der Atmosphäre CO₂ entziehen, sind grün gefärbt. Die bei den Treibhausgas-Senken angegebenen Werte sind wesentlich unsicherer als die Werte der meisten dunkelblau gefärbten Treibhausgas-Quellen. Beispielsweise lassen sich die CO₂-Emissionen der Holzverbrennung

(Biomass Removal) aus der Masse des für die Verbrennung eingesetzten Holzes ziemlich genau berechnen, während die Ergebnisse für das Nachwachsen von Buschholz (Biomass Regrowth) und das Wachsen von zusätzlichem Gras (Savanna Grass Restoration) mit ziemlich großen Unsicherheiten behaftet sind. Die Treibhausgas-Senken müssen daher mit besonderer Sorgfalt betrachtet werden. In Untersuchungen zur Variantenanalyse in Abschnitt 7 werden daher vor allem die Treibhausgas-Senken variiert.

Das „Szenario Hamburg“, das in [IfaS 2020b] mit „Multifunctional Land Use with Pellet Export to Hamburg“ genannt wurde, hat eine große Ähnlichkeit mit dem in Bild 2 beschriebenen Szenario 1 von UNIQUE, das in [Seebauer 2019] mit „Rangeland restoration & bushblok, bush-to-feed or pellet production“ bezeichnet wurde. Dieses Szenario 1 weist von allen sechs in [Seebauer 2019] bewerteten Szenarien die tiefsten aufsummierten Treibhausgas-Emissionen auf.

Vom IfaS wurden die meisten Werte der Treibhausgas-Emissionen für die Senken direkt oder indirekt aus den UNIQUE-Szenarien 1 und 5 in das „Szenario Hamburg“ übernommen. Die Ähnlichkeit mit dem UNIQUE-Szenario 1 erleichtert es, Definitionslücken im „Szenario Hamburg“ des IfaS zu schließen.

Nach einer Übertragung der Werte des IfaS aus Bild 1 in die Darstellungsart von [Seebauer 2019] ergibt sich für das „Hamburg Szenario“ Bild 3, das mit Bild 2 verglichen werden kann.

Bei einem Vergleich des UNIQUE-Szenarios 1 in Bild 2 mit dem „Szenario Hamburg“ in Bild 3 von links nach rechts lässt sich feststellen:

- a) Pro Hektar wird ähnlich viel Biomasse geerntet und abtransportiert (Biomass Removal).
- b) Beim Nachwachsen von Buschholz sieht das „Szenario Hamburg“ nur etwa den halben Wert des UNIQUE-Szenarios 1 von Seebauer vor.
- c) Für das Nachwachsen von Gras finden sich sehr ähnliche Werte in beiden Szenarien.
- d) Die Emissionen der Ernte und der Holzverarbeitung (Harvesting & Chipping) scheinen ähnlich zu sein (0,22 bzw. 0,28). Allerdings werden die Werte für den Holztransport zur Sammelstelle im UNIQUE-Szenario 1 gesondert ausgewiesen (Transport: 0,35). Damit ergibt sich hier ein deutlicher Unterschied. Mit zusammen 0,57 t CO_{2e} / ha gibt Seebauer einen doppelt so hohen Wert an wie das IfaS mit 0,28 t CO_{2e} / ha.
- e) Seebauer gibt für die Veränderungen bei der Landnutzung (Grasland statt Buschland) eine um etwa 50 Prozent stärkere Senke für CO₂ an als IfaS (average soil emissions; carbon in soil).
- f) Arborizide (Baumgifte) werden beim „Szenario Hamburg“ nicht eingesetzt.
- g) Die Methan-Emissionen aus der Erweiterung der Viehzucht (Livestock) sind beim IfaS um einen Faktor drei niedriger als bei Seebauer.
- h) Ähnlich verhält es sich mit den Emissionen für die Pellet-Produktion. Der Ansatz für die CO₂-Emissionen des IfaS ist um einen Faktor 3,6 niedriger als der von Seebauer.

- i) Die Treibhausgas-Emissionen für den Transport der Holzpellets vom Biomasse Industriepark (BIP) nach Hamburg („Transport to Hamburg“), die vom IfaS berücksichtigt werden, gehören nicht zum Betrachtungsbereich des UNIQUE-Szenarios 1.

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

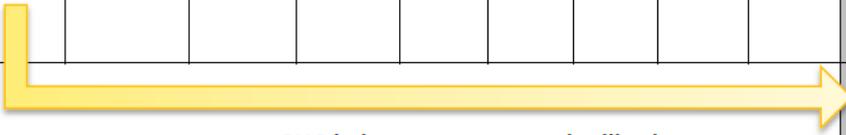
	Removal of wood	Growth woody plants	Growth grass	Harvesting & Chipping	Average soil emis-	Arbicide	Transport	Livestock	Pellet production	Total GHG balance
Emissions over 20 years (tCO ₂ e/ha)	22.69	-22.40	-10.27	0.22	-9.86	0.03	0.35	10.55	1.59	-7.10 tCO ₂ e/ ha
	 GHG balance per ton wood utilized			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

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

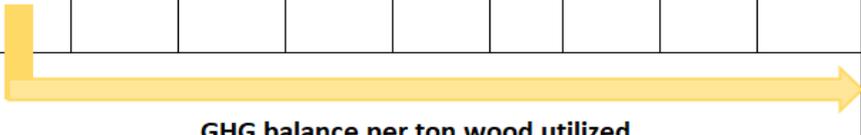
	Biomass Removal	Biomass Regrowth	Savaan Grass Restoration	Harvesting Chipping	Carbon in soil	Arbicide	Transport to Hamburg	Livestock emissions	Pellet Production	Total GHG balance
Emissions over 20 yeras (t CO ₂ e/ha)	20,7	-10,4	-10,2	0,28	-6,6	0	1,03	3,5	0,44	-1,27
	 GHG balance per ton wood utilized									-0,13 tCO ₂ e/ ton wood

Bild 3: „Szenario Hamburg“, aus Bild 1 auf Seite 16, übertragen in die Darstellungsart von Szenario 1 in Bild 2 entsprechend den Daten von [IfaS 2020a].

In Summe (Total GHG balance) repräsentiert das UNIQUE-Szenario 1 eine stärkere Treibhausgas-Senke als das Szenario Hamburg. Aus dem Summenwert -1,27 t CO₂e / ha des Szenarios

Hamburg ergibt sich durch Division mit 9,6 t Holzpellets pro Hektar (vgl. Tabelle 2) der Wert -0,13 t CO_{2e} pro t Holzpellets. Hieraus folgt nach Division mit einem Heizwert von Holzpellets von 5,0 MWh / t Holz der Wert -0,026 t CO_{2e} pro MWh Energiegehalt in Bild 1 auf Seite 16.

4.3 Unterschiede zwischen dem Szenario Hamburg und dem UNIQUE-Szenario 1

Die Unterschiede der beiden Szenarien in Bild 2 und Bild 3 lassen sich zum Teil erklären, wenn das Szenario Hamburg mit Hilfe von Angaben in [IfaS 2020b], [IfaS 2020c], [IfaS 2020d] und [IfaS 2020e] interpretiert wird.

		Szenario Hamburg		UNIQUE-Szenario 1	
1	Biomasse-Bestand	40	t / ha	30,81	t / ha
2	Biomasse-Ernte	12	t / ha	12,4	t / ha
3	Kohlenstoff-Gehalt der Biomasse	47 %			
4	Rinderanteil	33 %			
5	Biomasse-Ernte	20,68	t CO _{2e} / ha	22,69	t CO _{2e} / ha
6	Biomasse-Ernte mit Transport zum BIP	0,28	t CO _{2e} / ha	0,57	t CO _{2e} / ha
7	Emissionen aus den Böden	-0,33	t CO _{2e} / (ha a)	-0,49	t CO _{2e} / (ha a)
8	Nachwachsen der Biomasse	-0,52	t CO _{2e} / (ha a)	-1,12	t CO _{2e} / (ha a)
9	Nachwachsen des Grases	-0,51	t CO _{2e} / (ha a)	-0,51	t CO _{2e} / (ha a)
10	Aftercare	0	t CO _{2e} / (ha a)	0	t CO _{2e} / (ha a)
11	Tier-Emissionen	0,17	t CO _{2e} / (ha a)	0,53	t CO _{2e} / (ha a)
12	Pellet-Produktion	0,44	t CO _{2e} / ha	1,59	t CO _{2e} / ha
13	Transport nach Hamburg	0,086	t CO _{2e} / t Pellets		
14	Transport nach Hamburg	1,03	t CO _{2e} / ha		
15	Summe pro ha in 20 Jahren	-1,27	t CO_{2e} / ha	-7,10	t CO_{2e} / ha

Tabelle 1: Charakteristische Werte des Szenario Hamburg nach dem IfaS (siehe Bild 3) und des UNIQUE-Szenario 1 nach [Seebauer 2019] (siehe Bild 2)

In Tabelle 1 wurden häufig Emissionswerte pro Jahr statt für 20 Jahre wie in Bild 2 und Bild 3 angegeben.

In Tabelle 2 sind die Daten zur Entnahme von Biomasse pro Hektar einander gegenübergestellt, die die Zeilen 1, 2 und 5 von Tabelle 1 betreffen.

Angesichts der Ähnlichkeit der abtransportierten Holzmengen pro Hektar ist nicht nachvollziehbar, warum das IfaS nach Zeile 6 von Tabelle 1 für Ernte, Chipping und Transport zum Industriepark nur 0,28 t CO_{2e} pro Hektar ansetzt gegenüber 0,57 t CO_{2e} pro Hektar beim UNIQUE-Szenario 1.

Szenario Hamburg	UNIQUE-Szenario 1
40 Tonnen Trockenmasse pro Hektar; mehr als in anderen Studien und daher nicht repräsentativ für alle verbuschten Gegenden, auf die aber hochgerechnet wird. 30 % des Holzes wird abgefahren (12,0 t / ha) für 9,6 t Pellets pro ha. Es ist anzunehmen, dass kein abgeschnittenes Holz liegenbleibt.	30,81 Tonnen Trockenmasse pro Hektar; weniger als in anderen Studien, um nicht nur stark verbuschte Gebiete, sondern auch weniger stark verbuschte berücksichtigen zu können ([Seebauer 2019 , Seite 14]). 78 % hiervon geerntet, aber nur 12,4 t / ha für die Weiterverarbeitung entnommen. Es bleibt also abgeschnittenes Holz an Ort und Stelle als organische Zufuhr für den Boden.

Tabelle 2: Daten zur Entnahme von Biomasse pro Hektar beim Szenario Hamburg und beim UNIQUE-Szenario 1

Das IfaS gibt laut den Tabellen 3 und 4 für das Szenario Hamburg an, der abgeerntete Flächenanteil von 30 % werde in den ersten 5 bis 6 Jahren für die Beweidung durch Rinder und Wildtiere und für die Ernte von Gras zur Papierherstellung genutzt und zwar jeweils zu einem Drittel für Viehzucht, einem Drittel für Tourismus und einem Drittel für stoffliche Nutzung wie abgemähtes Gras. Im Rest des 20-jährigen Betrachtungszeitraums wird wieder „kontrolliertes“ Wachstum von Büschen zugelassen.

Für die Zeitspanne der Verhinderung eines Nachwachsens von Büschen werden in den verschiedenen Quellen des IfaS sehr unterschiedliche Werte zwischen 4 und 8 Jahren angegeben (vgl. **Anhang 1**). Im vorliegenden Gutachten wird der Wert 6 Jahre verwendet.

Szenario Hamburg	UNIQUE-Szenario 1
Zu jeweils einem Drittel für „Game/Cattle/Gras“ (Viehzucht, Wildtierfarmen (Tourismus) und Grasernte)	Vollständig für die Viehzucht

Tabelle 3: Nutzungsarten der als Grasland vorgesehenen Flächen

Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, wurde im „Szenario Hamburg“ der Flächenanteil, der nach der Buschholzentnahme für die Viehzucht vorgesehen ist (Cattle), im Vergleich zum Szenario 1 von UNIQUE verringert.

Die vom IfaS vorgeschlagene Nutzung von Busch-Biomasse mit einer Abholzung in Streifen lässt sich auf Vorschläge in [[Zimmermann 2017](#)], [[Joubert 2017b](#)] und in [[NRMP 2019](#), CASE STUDY 6] zurückführen (Bilder 20 und 21 in Anhang 1). Mit durchgehenden Hecken und liegenbleibenden Holzresten soll Wasser- und Winderosion verhindert werden. Eine besonders starke Auslaugung der kargen Böden Namibias durch fortgesetzten Abtransport von holzartiger Biomasse soll verringert werden, bei der die entstehenden Verluste an Mineralien nicht ersetzt

werden. Damit verbunden wird die Erwartung, dass die Wahrscheinlichkeit eines Nachwachsens von Gras verbessert wird. Außerdem besteht die Hoffnung, dass das in Studien wie [Christian 2010] auf die Verbuschung zurückgeführte Problem des Absinkens des Grundwasserpegels vermindert wird. Befürchtet wird dabei, dass durch Büsche mit tiefreichenden Wurzeln versickerndes Wasser stärker abgesaugt wird und über das Blattwerk verdunstet als in einem grasbewachsenen Savannengebiet oder dass es den Boden gar nicht erreicht ([SAIEA 2015, 5.1.2], [GIZ 2018]).

[Sandhage-Hofmann 2020] machte darauf aufmerksam, dass der Grad der Verbuschung von der Art der Nutzung durch Weidetiere abhängt. Bei durchgehender Beweidung trat stärkere Verbuschung auf als bei einer rotierenden saisonalen Nutzung der Weideflächen. Ähnliches findet sich bei CASE STUDY 1 in [NRMP 2019].

Szenario Hamburg	UNIQUE-Szenario 1
Die abgeernteten Flächenteile werden für 5 bis 6 Jahre als Grasland genutzt, dann wird eine erneute Verbuschung zugelassen. Um weiter Grasland zur Verfügung zu haben, wird an anderer Stelle Buschholz geerntet und so fort. ²	Offenbar wird die gesamte abgeerntete Fläche dauerhaft in Grasland umgewandelt.

Tabelle 4: Nutzung der abgeernteten Flächen als Grasland

Die Nutzung von 30 % eines Hektars als Grasland in nur 6 von 20 Jahren nach Tabelle 4 reduziert den Anteil der für Rinderzucht, Wildtierfarming und stoffliche Nutzung vorgesehenen Fläche auf 9 % eines Hektars in 20 Jahren (**Anhang 1**). Bei einer Drittelung dieser Nutzungsarten nach Tabelle 3 entfallen auf diese jeweils nur 3 % eines Hektars in 20 Jahren. Ein sehr bemerkenswerter Unterschied zwischen dem Szenario 1 von UNIQUE und dem Szenario Hamburg des IfaS betrifft also die Unterstützung und Erweiterung der Rinderzucht. Bei UNIQUE geht es um 40 % eines Hektars für 20 Jahre, beim IfaS dagegen nur um 9 % eines Hektars für 6 von 20 Jahren. Der für die Rinderzucht vorgesehene Flächenanteil ist also beim „Szenario Hamburg“ um einen Faktor 15 (!) geringer als beim Szenario 1 von [Seebauer 2019].

Mit diesen unterschiedlichen Nutzungsarten lässt sich ein Teil der Unterschiede zwischen dem „Szenario Hamburg“ und dem UNIQUE-Szenario 1 in den Zeilen 7, 8, 11 und 12 von Tabelle 1 erklären. Der identische Wert bei beiden Szenarien für das Nachwachsen von Gras in Zeile 9 von Tabelle 1 lässt sich damit jedoch nicht verstehen.

² „Im nachhaltigen System einer multifunktionalen Landnutzung wird jedoch darauf geachtet, dass eine renaturierte Fläche nur dann wieder primär mit Buschbiomasse bewächst, wenn eine andere Fläche freigestellt wurde.“ ([IfaS 2020a])

Bei Problemen mit der Definition des „Szenarios Hamburg“ kann auf Table 3 „IfaS GHG balance for 1 h over 20 years period“ von [[IfaS 2020b](#), Seite 36] zurückgegriffen werden. In dieser umfangreichen EXCEL-Tabelle mit Jahres-Differenzierung wurde vom IfaS dargestellt, wie bei seiner Bilanzierung mit einer Holzernte zu Beginn des ersten Jahres und mit jeweils gleichbleibenden Emissions-Werten in den folgenden 20 Jahren für das Nachwachsen vom Buschholz und Savannengras gerechnet wurde.

Für die weitere Analyse bleibt festzuhalten, dass bisher allein schon der Vergleich zwischen dem „Szenario Hamburg“ des IfaS und dem UNIQUE-Szenario 1 bei den Beiträgen „Biomasse-Ernte mit Transport zum BIP“ (Zeile 6 in Tabelle 1) und „Nachwachsen des Grases“ (Zeile 9 in Tabelle 1) eine genauere Überprüfung nahelegen.

5. Fehler und Mängel der Berechnungen des IfaS und von UNIQUE

Das IfaS stützt sich bei seinen Berechnungen häufig auf das Szenario 1 gelegentlich auch auf das Szenario 5 von UNIQUE aus [Seebauer 2109]. Obwohl sich Flesch wie in [IfaS 2020d, Seite 4] auf „decisive literature“ für das „Biomass partnership model – GHG Assessment“ bezieht, sind Literaturangaben in den sieben Quellen des IfaS in Abschnitt 4.1 spärlich.

5.1 Keine Berücksichtigung eines Basis-Szenarios

Bei den Berechnungen des IfaS zu den Treibhausgas-Emissionen einer energetischen Verwertung von Buschholz wurde nicht beachtet, dass zu einer vollständigen Lebenszyklusanalyse ein Basis-Szenario (oder Referenz-Szenario) gehört, mit dem das untersuchte Szenario zu vergleichen ist. Das ist auch der Fall bei den Szenarien-Berechnungen in [Seebauer 2019] und in der Kurzstudie [Rabenstein 2020].

Das „Szenario Hamburg“ des IfaS sieht eine Nutzung von Buschholz in Namibia für den Export nach Hamburg zum Zwecke einer energetischen Verwertung vor, zusätzlich zu den Nutzungen von Buschholz im Land Namibia selbst. Wenn von Deutschland oder von anderen Staaten kein Buschholz importiert wird, so kann die entsprechende Biomasse auf den für die Abholzung in Frage kommenden Flächen stehen bleiben und weiter wachsen. Dabei wird zusätzliches CO₂ gespeichert. Die weiter wachsenden Büsche bilden eine Kohlenstoff-Senke. Werden die Büsche zum Zweck einer energetischen Verwertung abgeholzt, so geht diese Kohlenstoff-Senke verloren. In einer Lebenszyklusanalyse ist das unterbundene Weiterwachsen als eine Kohlenstoff-Quelle in Rechnung zu stellen.

Von der GIZ und vom IfaS wird immer wieder betont, dass es beim Export von Buschholz nicht um eine Alternative zur gegenwärtigen oder zukünftigen Buschholzverwendung im heimischen Markt von Namibia gehe, sondern um eine zusätzliche Verwertung auf dem Weltmarkt. Daher kommt die gegenwärtige heimische Buschholzverwendung nicht wie im GIZ Policy Brief vom April 2020 [GIZ, UNIQUE 2020] als Basis-Szenario in Betracht. Ebenso wenig können die Holzkohleproduktion in Szenario 3 (Medium-scale charcoal production) von [Seebauer 2019, Seite 45] oder eine großflächige chemische Rodung wie in [Seebauer 2019, Figure 13] als Basis-Szenarien akzeptiert werden. Noch viel weniger eignet sich ein Basis-Szenario wie in der Umweltverträglichkeitsprüfung [Petrick 2020] für ein 40 MW-Biomasse-Kraftwerk in Namibia, wo als Alternative zur Buschholzernte zwecks energetischer Verwertung die Beseitigung von Buschholz durch Buschfeuer betrachtet wird ([Airshed 2019, Seite 98]).

5.2 Fehler bei der Kohlenstoffspeicherung in den Böden unter Büschen und unter Gras

Bei der Umwandlung von Buschland in Grasland (Savanne) kommt es über eine längere Zeitspanne zu Änderungen des im Boden gespeicherten organischen Kohlenstoffs. Es kann sich eine CO₂-Quelle oder eine CO₂-Senke bilden.

In [IfaS 2020d](#), Seite 13] erklärte Flesch, die negativen Emissionen, die sich aus den IfaS-Berechnungen für das „Szenario Hamburg“ ergeben, würden hauptsächlich auf einer erhöhten Kohlenstoff-Speicherung im Boden von Grasland und auf Savannengras beruhen. Flesch berief sich dabei in [IfaS 2020d](#), Seite 5] auf die UNIQUE-Studie [\[Seebauer 2019\]](#), die für das IfaS-Modell konservativ abgeändert worden sei.

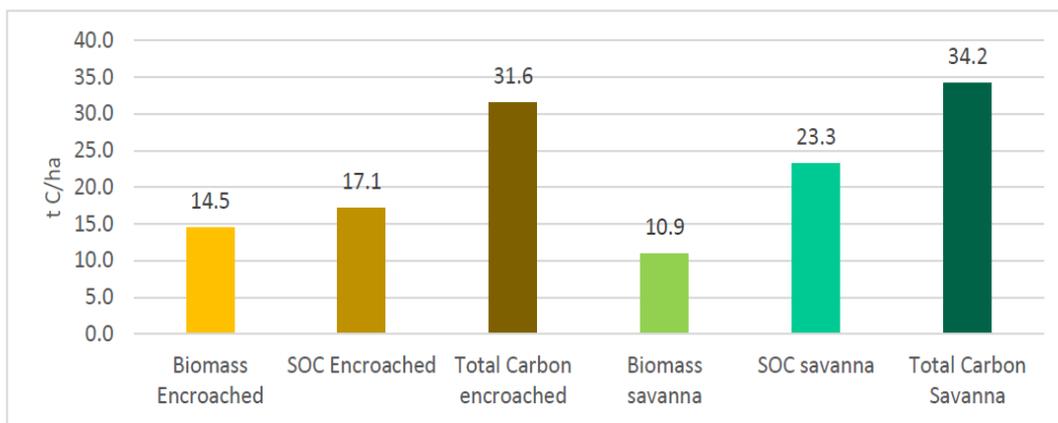


Figure 7: Overview Carbon stocks of encroached areas and reference savanna ecosystems

Source: UNIQUE database; SOC savanna Grace et al. (2006)

Bild 4: Vergleich des gespeicherten Kohlenstoffs pro Hektar im verbuschten Gebiet (links) und in der Referenz-Savanne (rechts) nach Seite 39 der UNIQUE-Studie [\[Seebauer 2019\]](#) (SOC = soil organic carbon; organischer Kohlenstoff im Boden)

Nach der in [\[Seebauer 2019\]](#) eingesetzten Methodik ergibt sich bei der Umwandlung von Buschland in Grasland (Savanne) eine CO₂-Senke, wenn Δm in Funktion (1) einen negativen Wert besitzt, wenn also perspektivisch in einem Hektar Grasland mehr Kohlenstoff gespeichert ist als in einem Hektar Buschland. m steht hierbei für eine flächenbezogene Masse von Kohlenstoff (C) im Buschland bzw. im Grasland.

$$\Delta m = m_{Busch} - m_{Sav} = (m_{Bio, Busch} + m_{SOC, Busch}) - (m_{Bio, Sav} + m_{SOC, Sav}) \quad (1)$$

Dabei gilt die Einschränkung, dass die flächenbezogenen Massen m in Funktion (1) zu einem Gleichgewichtszustand gehören und dass sich Veränderungen des im Boden gespeicherten organischen Kohlenstoffs (SOC) innerhalb von langen Zeiträumen bis zu Jahrzehnten vollziehen können ([\[Seebauer 2019\]](#), Seite 39)].

Zu betonen ist, dass eine CO₂-Senke nur bei einer erfolgreichen Wiederherstellung des Graslandes erwartet werden kann, worauf auch die UNIQUE-Studie auf Seite 56 aufmerksam macht.

Die UNIQUE-Studie [Seebauer 2019] gibt für m_{Busch} den Wert 31,6 t C pro Hektar und für m_{Sav} den Wert 34,2 t C pro Hektar an (Bild 4 und nach Summierung Zeile 1 in Tabelle 5). Demnach rechnet sie bei der Umwandlung von Buschland in Grasland (Savanne) mit einer CO₂-Senke.

1	2	3	4	5	6	7
		$m_{\text{Bio,Busch}}$	$m_{\text{SOC,Busch}}$	$m_{\text{Bio,Sav}}$	$m_{\text{SOC,Sav}}$	$m_{\text{Busch}} - m_{\text{Sav}}$
1	[Seebauer 2019]	14,5	17,1	10,9	23,3	-2,6
2	[Aynekulu 2017]	14,5	30	10,9	20	13,6
3	[Zhou 2019]	14,5	46,2	10,9	28,0	21,8

Tabelle 5: Gespeicherter Kohlenstoff in einem Hektar Savanne und einem Hektar Buschland. Werte in t Kohlenstoff pro Hektar. Bezug zu Funktion 1.

In der lebenden Biomasse ist nach [Seebauer 2019] im verbuschten Gebiet im quasistationären Zustand zwar mehr Kohlenstoff (C) pro Hektar gespeichert als im Savannengebiet (Spalte 3 gegen Spalte 5 in Zeile 1 von Tabelle 5). Denn das Gras der Referenz-Savanne (Biomass savanna) enthält nach diesen Daten weniger Kohlenstoff als die Biomasse des verbuschten Gebiets (Biomass Encroached).

Der im Boden der Savanne gespeicherte organische Kohlenstoff (SOC) ist jedoch nach diesen Daten mit 23,3 t C pro Hektar größer als der im Boden des verbuschten Gebiets (Spalte 6 gegen Spalte 4 in Zeile 1 der Tabelle 5). Insgesamt besäße damit ein Hektar Savanne mit der Differenz der C-Gehalte $(31,6 - 34,2) = -2,6$ t C pro Hektar mehr Kohlenstoff als ein Hektar verbuschtes Gebiet (Spalte 7 in Tabelle 5). Bei der Umwandlung von Buschland in Grasland würde somit der Atmosphäre Kohlenstoff entzogen.

Die Werte in den Spalten 3 und 4 von Zeile 1 der Tabelle 5 wurden in [Seebauer 2019, Seite 41] als Ergebnisse einer Modellrechnung unter Nutzung einer Datenbank angegeben. Die Herkunft des „Ungefähr“-wertes 10,9 in Spalte 5 ist nicht bekannt. Der Wert 23,3 t C pro Hektar in Spalte 6 entspricht einem älteren einzelnen Literaturwert nach [Grace 2006]. Dass dieser Wert nur wenig belastbar ist, wurde in [Rabenstein 2020, Seite 45] diskutiert.

Eine Übersicht über die Ergebnisse zahlreicher neuerer Untersuchungen zu den Unterschieden der Speicherung von organischem Kohlenstoff im Boden von verbuschten Gebieten und von Savannengebieten bietet die umfangreiche Tabelle 22 in **Anhang 3**. Die in dieser Tabelle zitierten Arbeiten, die Kohlenstoffgehalte in verbuschten Gebieten und in Savannen mit modernen Methoden, insbesondere mit der Analyse des Verhältnisses der stabilen Isotope C¹² und C¹³, untersuchten, kamen weit überwiegend zum Ergebnis, dass im Boden von verbuschten Gebieten, die denen im semi-ariden Namibia ähneln, mehr organischer Kohlenstoff (SOC) gespeichert ist als im Boden von vergleichbaren Grasland-Gebieten.

Dafür wurden wie in [Blaser 2014] auch Wirkungsmechanismen angegeben. 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 Regenmengen wie in Namibia auf. Von [Jackson 2002] war bereits Ähnliches festgestellt worden.

Bild 5 erlaubt einen Vergleich von SOC-Werten in Böden vor Ort und zwar im Gebiet um Otjiwarongo (nördlich von Windhoek), wo nach den Planungen des IfaS ein erster Biomasse-Industriepark als Pilotprojekt errichtet werden soll ([IfaS 2020b], Seite 56). Das Bild zeigt links ein Gebiet um den Ort Otjiwarongo aus [Aynekulu 2017, Figure 2.5]. Der Umfang des in den obersten 30 cm des Bodens enthaltenen organischen Kohlenstoffs ist farbig dargestellt. Blau bedeutet wenig SOC, die Farben Gelb und Orange kennzeichnen höhere SOC-Werte.

Daneben befindet sich eine Darstellung des gleichen Gebietes aus [Nijbroek 2018, Figure 1. Dominating land use classes)], der zu entnehmen ist, wo Grasland, Buschland (Shrub) und Waldgebiete liegen. Die Karte wurde auf der Grundlage von Landsat 8-Daten und 279 Bodenbeobachtungen erstellt, die während der Feldarbeit gesammelt wurden. Ergänzt werden diese Darstellungen durch eine SOC-Karte in [Aynekulu 2017, Figure 3.2].

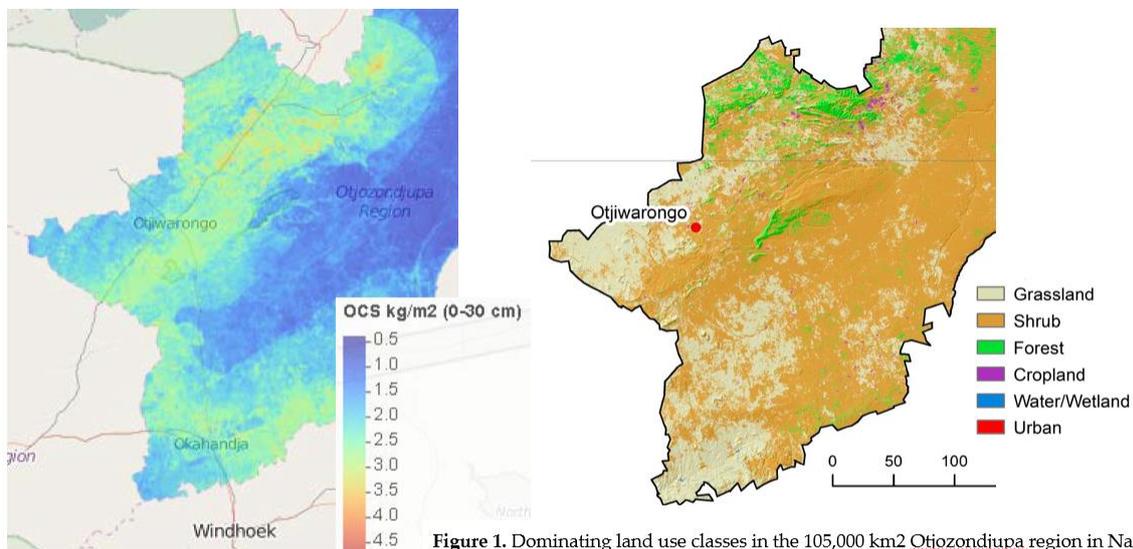


Figure 2.5. Predictions of soil organic carbon stock (0 to 30 cm, in kg/m²) for Namibia Otjozondjupa region, based on ISRIC SoilGrids.

Bild 5: Daten zu dem im Boden enthaltenen organischen Kohlenstoff (SOC) und zur Art der Landnutzung in der Umgebung von Otjiwarongo (Namibia) (OCS = soil organic carbon stock). Erläuterungen zur Interpretation im Text.

Bei einem Vergleich der beiden Karten lässt sich deutlich erkennen, dass Gebiete mit Grasland westlich von Otjiwarongo geringere Gehalte an SOC besitzen als die Gebiete mit Buschland südöstlich von Otjiwarongo. Bei der Interpretation ist zu beachten, dass der SOC-Gehalt der Böden in Richtung Osten generell abnimmt. Ähnliches wie Bild 5 ergibt eine Bild-Kombination aus Figure 5 und Figure 8 in [Hengari 2018].

Aus dem Vergleich der SOC-Werte von Grasland und Buschland in Bild 5 lassen sich für SOC im Buschland und im Grasland Schätzwerte von 20 bzw. 30 t CO₂ pro Hektar in den obersten 30 cm entnehmen. Mit Hilfe dieser Werte ergibt sich Bild 6. In diese Darstellung wurden die

Werte für die lebende Biomasse aus den Daten von [Seebauer 2019] in Bild 4 übernommen. Mit diesen Kohlenstoffbestands-Werten bildet die Umwandlung von Buschland in Grasland eine starke CO₂-Quelle. Nach der Zeile 2 in Tabelle 5 ergibt sich hier eine Freisetzung von 13,6 t C pro Hektar bei einer vollständigen Umwandlung von Buschland in Grasland, also eine etwa fünfmal stärkere CO₂-Quelle als die von UNIQUE vermutete CO₂-Senke.

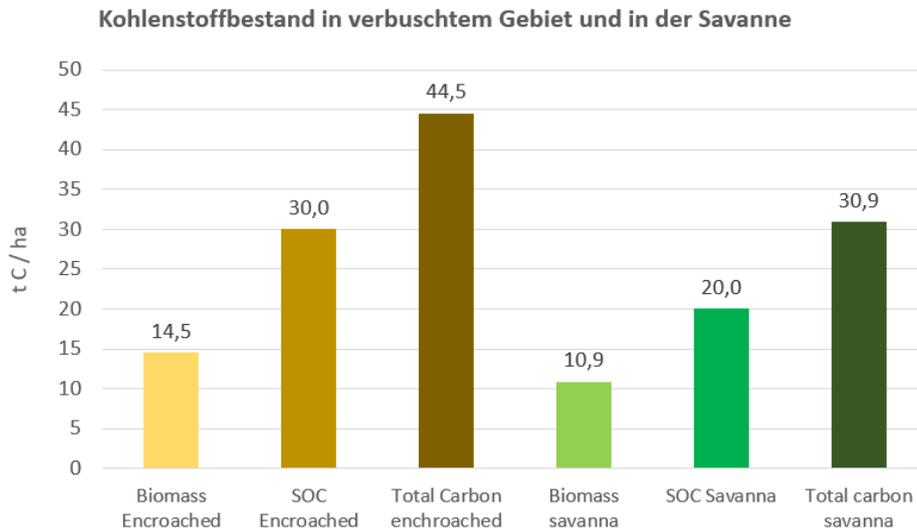


Bild 6: Vergleich des gespeicherten Kohlenstoff pro Hektar im verbuschten Gebiet (links) und in der Savanne (rechts) nach Werten entsprechend Bild 4 und Bild 5 sowie Zeile 2 in Tabelle 5

Mit Daten von [Zhou 2019, Table 1] führt eine Umwandlung von typischem Buschland in typisches Grasland sogar zu einer Freisetzung von 21,8 t C pro Hektar (Zeile 3 in Tabelle 5), eine mehr als 8-mal stärkere CO₂-Quelle als die CO₂-Senke von [Seebauer 2019].

Ein Vergleich der Werte in Spalte 6 von Tabelle 5 zeigt, dass der unsichere auf [Grace 2006] zurückgehende Wert in Spalte 6 von Zeile 1 nahe an den entsprechenden Werten in den Zeilen 2 und 3 liegt. Stärker in Frage zu stellen ist also insbesondere der Wert $m_{SOC, Busch}$ in Spalte 4 von Zeile 1, der von [Seebauer 2019] stammt.

Festzuhalten ist: Der Umfang der Freisetzung von CO₂ bei der Umwandlung von Buschland in Grasland ist zwar mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, insbesondere da er von Ort zu Ort variiert und von der vorausgehenden Nutzung abhängt. Es kann jedoch als gesichert gelten, dass bei dieser Umwandlung in Trockengebieten in der Regel eine bedeutende CO₂-Quelle geschaffen wird. Entscheidend sind dabei nicht die Absolutwerte von SOC in den Böden, sondern die Differenzen der SOC-Werte in vergleichbaren verbuschten Gebieten und in Grasland.

Der Umfang der Freisetzung von CO₂ aus den Böden bei Umwandlung von Buschland in Grasland kann auf folgende Art charakterisiert werden: Wird die gesamte auf einem Hektar stehende Biomasse von 40 Tonnen verbrannt, so werden 69 Tonnen CO₂ emittiert. Die dauerhafte Umwandlung von Buschland in Grasland setzt für diesen Hektar 50 Tonnen CO₂ frei, wenn als Berechnungsgrundlage Zeile 2 in Tabelle 5 nach [Aynekulu 2017] gewählt wird. Das sind 72 Prozent der Verbrennung.

Die flächenbezogene Biomasse des Graslandes ist in einem quasistationären Gleichgewichtszustand so gut wie immer kleiner als die des verbuschten Gebiets ([Eldridge 2011], [Gobelle 2018]). Das bedeutet, dass die Bedingung für eine CO₂-Quelle bei der Umwandlung von Buschland in Grasland ($\Delta m > 0$) entsprechend der Formulierung in (2) auch bei Gleichheit der SOC-Werte in der Regel erfüllt ist.

$$\Delta m = m_{\text{Busch}} - m_{\text{Sav}} > 0 \quad \text{wenn} \quad m_{\text{SOC, Busch}} = m_{\text{SOC, Sav}} \quad (2)$$

Eines der Ziele des National Land Degradation Neutrality Reports 2015 [Nam 2015] ist, dass die aktuellen Werte für organischen Kohlenstoff im Boden über das Jahr 2040 hinaus beibehalten werden sollen. Nach den bisherigen Erkenntnissen steht eine großmaßstäbliche Umwandlung von Buschland in Grasland in den verbuschten trockenen Gebieten Namibias in Widerspruch zu diesem Ziel.

Im Gegensatz zur Studie von [Seebauer 2019] wurde in der Studie [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 CO₂-Quelle behandelt. Diese Studie ist UNIQUE bekannt, da sie im Literaturverzeichnis von [Seebauer 2019] sogar zweifach zu finden ist. In der Untersuchung zur ökonomischen Bewertung der Land Degradation Initiative [Birch 2016], die ebenfalls im Literaturverzeichnis von Seebauer et al. enthalten ist, wird unter Berufung auf [Blaser 2014] von einem Verlust von SOC bei der Umwandlung von Buschland in Grasland ausgegangen.

[Seebauer 2019] gibt an, Busch-Dichtewerte und SOC-Gehalte von der Land Degradation Neutrality Studie (Nijbroek et al., 2017) übernommen zu haben. Die UNIQUE-Studie enthält zahlreiche Verweise auf „Nijbroek et al.“ und auch auf „Nijbroek et al.“ mit unterschiedlichen Jahresangaben zwischen 2015 und 2017, aber nur eine Angaben hierzu im Literaturverzeichnis, sodass die meisten Zitierungen nicht nachverfolgbar sind. Alles in allem ist schwer vorstellbar, dass den Autoren die oben beschriebenen Sachverhalte, zu denen sie nicht Stellung bezogen haben, entgangen sein sollten.

5.3 Methodischer Fehler des IfaS bei der Kohlenstoffspeicherung im Boden unter Gras

Äußerst fragwürdig sind Berechnungen des IfaS zur Kohlenstoffspeicherung im Boden mit Hilfe einer Ermittlung des flächenbezogenen Kohlenstoffs in einem Grasland. Das IfaS stützte sich dabei teilweise auf die SOC-Analyse von [Seebauer 2019], ohne sich bisher mit der ausführlichen Kritik in [Rabenstein 2020] auseinanderzusetzen.

Unbeachtet blieb, dass [Seebauer 2019] von einem Gleichgewichtszustand für Busch- und Grasland ausging, während Flesch versuchte, Erkenntnisse aus einem hochdynamischen System zu gewinnen. Zudem wurde dabei übersehen, dass SOC im Boden nicht von null aus angereichert wird, sondern unter den abgeernteten Büschen schon vorhanden ist.

Am Ende übernahm das IfaS SOC-Werte vom Szenario 5 von [Seebauer 2019] und beachtete dabei nicht, dass in diesem Szenario 5 ein erheblich größerer Anteil eines Hektars entbuscht

werden sollte als im „Szenario Hamburg“ und dass dort nicht vorgesehen war, dass nach rund 6 Jahren das Nachwachsen von Büschen „kontrolliert“ wieder zugelassen werden soll.

Im Einzelnen: In einer Kalkulationstabelle in [IfaS 2020d, Seite 11] berechnete das IfaS das Wachstum von Gras und von organischem Kohlenstoff im Boden (SOC). Ausgehend von der Annahme eines für Namibia sehr hohen Zuwachses von 10 t Trockenmasse pro Hektar und Jahr, wovon 3 t dem oberirdischen Gras und 7 t dem Boden zugerechnet wurden, wurde bei einer Buschernte von 33,3 % (nicht 30 % wie sonst!) eine Netto-Primärproduktivität (NPP = net primary production) von 1,0 bzw. 2,3 t pro Hektar und Jahr berechnet. Mit einem Kohlenstoffgehalt von 48 % ergab sich daraus ein Kohlenstoff-Zuwachs von 0,5 bzw. 1,1 t an Gras bzw. „SOC“ pro Hektar und Jahr. Ein Verweis auf [Ohlde 2019] als Quelle passt nicht in den Kontext. Die zweite Quellenangabe „Chen et al (2003)“ erwies sich als nicht auffindbar.

Umgerechnet in eine äquivalente Speicherung von CO₂ erhielt Flesch Zuwächse von 1,76 bzw. 4,1 t CO₂ pro Hektar und Jahr. Da im IfaS-Modell Wachsen von Gras nur für die ersten 6 Jahre vorgesehen ist, wurde durch Multiplikation mit dem Faktor 6 / 20 eine über 20 Jahre gemittelte CO₂-Speicherung von 0,53 bzw. 1,23 t CO₂ pro Hektar und Jahr berechnet.

Dieser Wert 1,23 t CO₂/ha/a wurde nun mit einem Wert von [Seebauer 2019] verglichen, der als „1,1 t CO₂/ha/a“ zitiert wird. Durch Multiplikation mit 20 Jahren ergaben sich Werte, die nahe an den Seebauer-Werten in Tabelle 5, Zeile 1, Spalten 5 und 6 liegen. Allerdings handelt es sich bei [Seebauer 2019] um C (Kohlenstoff) und nicht um CO₂ (Kohlenstoffdioxid) und es geht um einen ganzen Hektar und nicht um 33,3 Prozent eines Hektars.

Eine persönliche Mitteilung von F. Flesch auf Grund von Nachfragen des Autors ergab: Statt der von ihm errechneten Werte in [IfaS 2020d Seite 11] wurden zu „carbon in soil“ (SOC) für Bild 1 auf Seite 16 bzw. Bild 3 auf Seite 25 aus [IfaS 2020b] und [IfaS 2020d] die SOC-Werte von Szenario 5 von [Seebauer 2019], nämlich -6,6 t CO₂ pro Hektar in 20 Jahren bzw. -0,33 t CO₂ pro Hektar und Jahr, übernommen. Warum vom IfaS die SOC-Werte von Szenario 5 und nicht die von Szenario 1 gewählt wurden, bleibt unklar. Der Unterschied zwischen Grasland für 6 Jahre von 20 Jahren und Grasland auf Dauer wurde vom IfaS dabei nicht beachtet.

5.4 Mängel bei der CO₂-Sequestrierung durch nachwachsendes Gras

Da sich die Berechnungen des IfaS zum „Szenario Hamburg“ auf Emissionswerte von [Seebauer 2019] stützen, sind auch diese kritisch zu betrachten.

Die in [Seebauer 2019] berechneten CO₂-Emissionen aus der zur Holzverbrennung führenden energetischen Verwertung der angesetzten Entnahmen von Busch-Biomasse lassen sich nachvollziehen (Tabelle 6, Zeile 3). Entsprechendes gilt für das „Szenario Hamburg“.

Die Angaben zum Nachwachsen von Busch-Biomasse und von Gras in [Seebauer 2019] in den Zeilen 4 und 5 von Tabelle 6 sind jedoch vielfach undurchsichtig, widersprüchlich und oft nicht nachvollziehbar. Teilweise erscheinen sie willkürlich und innerhalb der verschiedenen von [Seebauer 2019] behandelten Szenarien nicht konsistent.

Ein Beispiel: Bei den Szenarien 1, 3 und 5 von [Seebauer 2019] (rechte Hälfte in Tabelle 6) wurde eine Erhöhung des Viehbestandes (Livestock) um etwa 200 Prozent angenommen, bei Szenario 0 um etwa 100 Prozent (Zeile 1 in Tabelle 6). Eine Wiederherstellung des Grasbewuchses („grass restoration success“) wurde in den Beschreibungen von [Seebauer 2019] nicht nur bei den Szenarien 0 und 1, sondern auch bei den Szenarien 3 und 5 angenommen. Die Annahme eines Nachwachsens des Grases mit entsprechender CO₂-Sequestrierung findet sich aber nur bei den Szenarien 0 und 1 (Zeile 5 in Tabelle 6).

Ein unterschiedliches Maß an CO₂-Sequestrierung durch nachwachsendes Gras wäre bei allen vier Szenarien von Tabelle 6 begründbar. Dass für die Szenarien 3 und 5 einerseits die gleiche Erweiterung des Viehbestandes wie bei Szenario 1 angenommen wurde (Zeile 1), andererseits aber gar keine CO₂-Sequestrierung durch nachwachsendes Gras ist unverständlich (Zeile 5). Ähnlich fragwürdig sind die angenommenen Werte für nachwachsendes Buschholz (Zeile 4).

Szenario			0	1	3	5
			Bush chemically controlled	Rangeland restoration	Medium-scale charcoal production	Large-scale bush harvest for electricity production
1	Erhöhung der Viehhaltung um	[Seebauer 2019]	100%	200%	200%	200%
2	Treibhausgase		6,24	-7,10	20,28	18,49
3	Holz-Entnahme		23,90	22,69	22,52	29,43
4	Holz-Wachstum		-10,51	-22,40	-22,52	-10,56
5	Gras-Wachstum		-10,27	-10,27	0	0
6	Erhöhung der Viehhaltung um	[GIZ, UNIQUE 2020]	100%	200%	100%	100%
7	Treibhausgase	[GIZ, UNIQUE 2020]	6,24	-7,1	14,4	12,6

Tabelle 6: Vergleich von Treibhausgas-Emissionswerten (in Tonnen CO_{2e} pro Hektar in 20 Jahren) für mehrere Szenarien aus [Seebauer 2019] und aus [GIZ, UNIQUE 2020]. (Die Szenarien-Nummern in [GIZ, UNIQUE 2020] sind um 1 höher als in [Seebauer 2019].)

Diese Mängel dürften dazu geführt haben, dass im „Policy Brief“ [GIZ, UNIQUE 2020] im Gegensatz zu [Seebauer 2019] die Erhöhung der Viehhaltung bei den Szenarien 3 und 5 auf die Hälfte reduziert wurde (Zeile 6) mit entsprechenden Auswirkungen auf die spezifischen Treibhausgase in Zeile 7 von Tabelle 6 im Vergleich zu Zeile 2. Eine CO₂-Sequestrierung durch nachwachsendes Gras zur Korrektur von Zeile 5 wurde aber auch hier nicht angenommen.

Auf die mangelnde Gleichbehandlung der Szenarien 1 und 5 in [Seebauer 2019] geht Abschnitt 8 näher ein.

5.5 Unterschiedliche Bezugsgrößen bei der Berechnung der Treibhausgas-Emissionen

Das „Szenario Hamburg“ des IfaS stützt sich auf die Szenarien 1 und 5 von [Seebauer 2019]. Daher ist es bedeutsam, dass sich bei Vergleichen der in [Seebauer 2019] behandelten sechs Szenarien zeigt, dass das Szenario 1 (Wiedergewinnung von Weideland) von UNIQUE durch nicht näher begründete Annahmen „aufgewertet“ wurde. Szenario 1 orientiert auf einen Buschholz-Export.

Tabelle 7 enthält in den Zeilen 1 und 2 Treibhausgaswerte für vier Szenarien, die in den Ergebnis-Tabellen von [Seebauer 2019] rechts grau hinterlegt sind (vgl. Bild 2 für Szenario 1 auf Seite 25). Die emittierten Treibhausgase pro Holzmenge wurden aus den Treibhausgasen pro Hektar in 20 Jahren mittels Division durch die Holzmenge in Tonnen Holz in 20 Jahren errechnet (Zeile 2). Die Holzmenge in 20 Jahren wurde beispielsweise für Szenario 5 ermittelt zu 29,19 Tonnen Trockenmasse pro Hektar aus dem von [Seebauer 2019, Seite 37] angenommenen Wert der durchschnittlichen stehenden Biomasse von 30,81 t / ha, wobei berücksichtigt wird, dass 90 % der Biomasse geerntet wird [Seebauer 2019, Seite 50] und für die Verarbeitung in Holzschnitzel ein Konversionsfaktor von 95 % angesetzt wird (Seite 32). So ergibt sich der Wert 29 in Zeile 3 von Tabelle 7.

Szenario		0	1	3	5
		Bush chemically controlled	Rangeland restoration	Medium-scale charcoal production	Large-scale bush harvest for electricity production
1	Treibhausgase in t CO _{2e} / ha in 20 a	6,24	-7,10	20,28	18,49
2	Treibhausgase in t CO _{2e} / t Holz	0,23	-0,54	0,9	0,63
3	Quotient (t Holz / ha)	27	13	23	29

Tabelle 7: Vergleich von Treibhausgas-Emissionswerten für ausgewählte Szenarien aus [Seebauer 2019].

Für Szenario 1 ist der entsprechende Wert in Zeile 3 jedoch viel kleiner als für die anderen Szenarien. Die Ursache ist, dass für Szenario 1 nur ein Bezug auf die abtransportierte anstelle der geernteten Holzmenge vorgenommen wurde (12,4 t auf Seite 42 von [Seebauer 2019]), welche sich wie bei den anderen Szenarien aus der abtransportierten und der liegenbleibenden

Holzmenge ergibt.³ Wird hier der gleiche Konversionsfaktor von 95 % wie bei Szenario 5 eingesetzt, so ergibt sich der niedrige Wert 13 t Holz / ha in der Zeile 3 von Tabelle 7.⁴

Man kann darüber diskutieren, ob die Treibhausgase pro Tonne Holz auf die Menge des geernteten Holzes oder auf die Menge des energetisch genutzten Holzes oder auf eine weitere dazwischen liegende Menge bezogen werden sollten, zu der in [Seebauer 2019], verbunden mit dem Wort „resembles“, ebenfalls Angaben gemacht werden. Es wäre aber angebracht, bei allen Szenarien gleichartig zu verfahren.

Die Folge der unterschiedlichen Berechnungsarten in [Seebauer 2019] ist, dass Szenario 1 im Vergleich zu den anderen Szenarien „aufgewertet“ wurde.

In der Zusammenfassung von [Seebauer 2019, Seite 65] wird das Szenario 1 („Rangeland restoration & bushblok, bush-to-feed or pellet production“) als einzige reale Minderungs-Maßnahme bezeichnet, die mit verschiedenen Vorteilen einen klimafreundlichen Weg zur Wiederherstellung von ehemaligem Savannenweideland bieten könnte.

Auch einige andere der in diesem Abschnitt 5 beschriebenen Fehler und Mängel der Studie [Seebauer 2019] wirken sich so aus, dass gerade dieses Szenario 1 im Vergleich zu anderen Szenarien beispielsweise zu Szenario 5 aufgewertet wurde.

Da für die Prüfung der Berechnungen des IfaS das Szenario 1 von [Seebauer 2019] besonders interessiert, wird in Abschnitt 8 ein ausführlicher Gesamt-Vergleich von Szenario 1 und Szenario 5 („Large-scale bush harvesting for electricity generation“) durchgeführt.

5.6 Methodischer Fehler beim Vergleich eines Biomasse-Kraftwerks mit einer Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungsanlage

Flesch (IfaS) vergleicht die CO₂-Einsparungen durch ein Biomasse-Kraftwerk in Namibia, mit dem nur elektrischer Strom erzeugt wird, mit denjenigen einer Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage in Hamburg, bei der neben Strom auch die Wärme genutzt wird („Local Use vs. Export“).⁵ In beiden Fällen soll Buschholz aus Namibia für die Feuerung eingesetzt werden.

In einer Kalkulationstabelle in [IfaS 2020d, Seite 9] kommt Flesch zum Ergebnis, mit dem Export von Buschholz und einem Einsatz in einer Biomasse-KWK-Anlage in Hamburg könnte um 13 % mehr CO₂ eingespart werden als mit einem nur Strom erzeugenden Biomasse-Kraftwerk in Namibia, wie es aktuell von NamPower mit einer Leistung von 40 MW geplant wird ([Petrick 2020]).

³ [Seebauer 2019, Seite 42]: „78% of total average bush biomass harvested; removed biomass for processing is 12.4 t wood/ha.“ 78 % von 30,81 t wären 24 t, also rund doppelt so viel.

⁴ Der Konversionsfaktor 90 % für Holz zu Holzpellets von [Seebauer 2019, Seite 33] würde dagegen nicht passen.

⁵ Auch in Namibia könnte die Abwärme des projektierten Biomasse-Kraftwerks genutzt werden, um Kälte zu erzeugen. Das ist NamPower sehr wohl bekannt.

Im Gegensatz zu [Seebauer 2019] (siehe Abschnitt 8) nimmt Fleisch zwar einen relativ hohen elektrischen Wirkungsgrad für das Biomasse-Kraftwerk an, außerdem auch anspruchsvolle Wirkungsgrade für die KWK-Anlage, dem steht jedoch gegenüber, dass zum namibischen (!) Biomasse-Kraftwerk Bahntransporte für Holzpellets (!) im halben Umfang der Bahntransporte in einer Lieferkette nach Hamburg (zum Hafen Walvis Bay) angenommen werden. Für das Biomasse-Kraftwerk von Nampower sollen nicht Holzpellets, sondern Holzschnitzel eingesetzt werden und wohl kaum Bahntransporte stattfinden. Nach einer Berichtigung würden sich die von Fleisch berechneten Vorteile für die KWK-Anlage in Hamburg verringern.

Viel wichtiger ist aber ein **Fehler** in der gesamten Berechnungsmethodik. Zur CO₂-Bewertung von KWK-Anlagen muss eine Allokationsmethode herangezogen werden, um die gesamten CO₂-Emissionen den Produkten Strom und Wärme zuzuordnen ([Mauch 2010]). Hamburg hat sich seit langem dafür entschieden, die „Finnische Methode“ anzuwenden ([Sandrock 2016, Seiten 117 ff]), die von den Statistikämtern der Bundesländer und in den nationalen Klimabilanzen in der Berichterstattung gegenüber der UN und der EU eingesetzt wird.

Von Fleisch wird offenbar keine der gängigen Allokationsmethoden eingesetzt, vielmehr werden die CO₂-Emissionen für Strom und Wärme isoliert berechnet.

Da mit der Finnischen Allokations-Methode der Vorteil der KWK-Anlage in Hamburg wegen einer recht großen Primärenergie-Einsparung größer ausfallen würde als der von Fleisch berechnete, ist zu vermuten, dass das IfaS Allokationsmethoden gar nicht kennt.

Davon abgesehen ist die Frage zu stellen, aus welchem Grund das IfaS überhaupt an einem derartigen Vergleich interessiert ist. Natürlich wäre es abwegig, in Hamburg erzeugten Strom nach Namibia „überstellen“ zu wollen, weil in Hamburger KWK-Anlagen mehr CO₂ eingespart werden könnte als in einem Kraftwerk in Namibia. Zudem wäre auch die Einsatzart im jeweiligen gesamten Energiesystem, demjenigen in Hamburg und dem in Namibia in die Betrachtung einzubeziehen. Denn diese spielt bei der Beurteilung der CO₂-Emissionen eine große Rolle. In Hamburg wird die Fernwärme-Grundlast durch die Verbrennung von Müll abgedeckt, eine Biomasse-KWK-Anlage würde also in der Mittellast eingesetzt werden. In Namibia ist dagegen das Biomasse-Kraftwerk gemäß den projizierten Volllaststunden für die Grundlast vorgesehen.

5.7 Zu optimistische Annahmen und Beschreibungen

In Szenario 1 von [Seebauer 2019] wird eigenen Vorbehalten zum Trotz ⁶ eine Umwandlung der verbuschten Landstriche in Grasland vorgeschlagen, die in der Praxis kaum vollumfänglich in der am Schreibtisch ausgedachten Art funktionieren würde. In Abschnitt 5.3 der Studie [SAIEA 2015] wurden mögliche negative Wirkungen der Buschdünnung beschrieben, die sich in der Praxis zu einem gewissen Anteil als ernsthafte Hemmnisse für die erhofften

⁶ [Seebauer 2019, Seite 35]: „Successful rangeland restoration, however depends upon many different factors, which cannot be evaluated in depth in this desk-based study.“

positiven Ergebnisse erweisen dürften. [Muller 2019] zählt in einer SWOT-Analyse Risiken der Brennstoffversorgung aus Buschholz auf. Die bei der Versorgung der Zementfabrik Ohorongo 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. [Smit 2015] schreibt auf der letzten Seite: „Very few attempts at restoring bush thickened areas can be considered successful. Results are the loss of beneficial woody plants and re-encroachment, often worse than before treatment.“⁷ Auch [Joubert 2017b, Seite 7 – 9] ist hier zu erwähnen.

Verschiedene Autorinnen und Autoren weisen darauf hin, dass das Nachwachsen von Buschholz nach einer Buschernte geringere Holz-Erträge erwarten lässt als bei der ersten Ernte. So führt [Smit 2015, Seite 96] aus: „It has been shown that trees that are cut and not treated, will regrow to their original leaf biomass within five years (Smit 2003), but with significantly lower wood biomass. They may continue to grow to a point where the leaf biomass (and thus competition with the grass layer) exceeds the original leaf biomass, while still having a much lower wood biomass.“⁸

Auch [Honsbein 2016, Seite 130] erwartet deutlich niedrigere Erträge bei einer zweiten und bei folgenden Buschholz-Ernten im Vergleich zur ersten Buschholzernte.

In [Seebauer 2019] wurden diese Erkenntnisse bei den Ansätzen zum Nachwachsen von Busch-Biomasse nicht beachtet. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass die Quoten an nachwachsendem Holz im Zeitraum von 20 Jahren nach der ersten Holzernte in der UNIQUE-Studie signifikant zu hoch angesetzt wurden.

Eine ähnlich überoptimistische Betrachtungsweise wie in [Seebauer 2019] findet sich bei der Ausgestaltung und bei den Berechnungen des IfaS zu den Treibhausgas-Emissionen des „Szenarios Hamburg“ hinsichtlich der „Multifunktionalen Landnutzungs-Strategie“ in [IfaS 2020d].

In Abschnitt 4.3 wurde schon darauf hingewiesen, dass der für die Rinderzucht vorgesehene Flächenanteil beim „Szenario Hamburg“ um einen Faktor 15 geringer ist als beim Szenario 1 von [Seebauer 2019]. Das ist eine Folge der Drittelung der Grasnutzung, die das IfaS vorsieht (Tabelle 3 auf Seite 27). Auch wenn das Drittel „Game“ dazu genommen wird, besteht noch immer ein Faktor 7 zu Ungunsten der Rinderzucht beim „Szenario Hamburg“.

⁷ „Sehr wenige Versuche, verbuschte Flächen wiederherzustellen, können als erfolgreich angesehen werden. Das Ergebnis ist der Verlust von nützlichen Gehölzen und eine erneute Verbuschung, oft schlimmer als vor der Behandlung.“

⁸ „Es hat sich gezeigt, dass Bäume, die gefällt und nicht behandelt werden, innerhalb von fünf Jahren wieder zu ihrer ursprünglichen Blattbiomasse heranwachsen (Smit 2003), jedoch mit einer deutlich geringeren Holzbiomasse. Sie können bis zu einem Punkt weiterwachsen, an dem die Blattbiomasse (und damit die Konkurrenz mit der Grasschicht) die ursprüngliche Blattbiomasse übersteigt, während sie immer noch eine viel geringere Holzbiomasse haben.“

[[Seebauer 2019](#), Seite 43] weist auf den starken Wunsch von Farmern hin, die Viehzucht zu erweitern. Daher ist anzunehmen, dass kooperierende Farmer sich nicht auf die „Multifunktionale Landnutzungs-Strategie“ des IfaS mit ihrer Drittelung der entbuschten Flächen und der beschränkten Nutzungsdauer des Grases einlassen würden, sondern bessere Bedingungen für die Viehzucht fordern würden. Das bedeutet dann wiederum, dass die im „Szenario Hamburg“ relativ geringen Methan-Emissionen erheblich zunehmen würden.

6. Klimawirkung der energetischen Verwertung von Buschholz aus Namibia in Hamburg entsprechend dem korrigierten Szenario Hamburg

6.1 Treibhausgas-Emissionen des korrigierten Szenarios Hamburg

Den Angaben des IfaS zum „Szenario Hamburg“ wie in Bild 1 (Seite 16) und Tabelle 1 (Seite 26) werden hier Ergebnisse einer Treibhausgas-Bilanz gegenübergestellt, in der die in Abschnitt 5 erläuterten Fehler und weitere in Abschnitt 6.3 beschriebene Rechenfehler des IfaS behoben sind.

		Szenario Hamburg (IfaS)		Szenario Hamburg (korrigiert)	
1	Biomasse-Bestand	40	t / ha	40	t / ha
2	Biomasse-Entnahme	12	t / ha	12	t / ha
3	Biomasse für Holzpellets	9,6	t / ha	9,6	t / ha
4	Kohlenstoff-Gehalt der Biomasse	47 %			
5	Rinderanteil	33 %			
6	Transport nach Hamburg	0,086	t CO _{2e} / t Pellets	0,104	t CO _{2e} / t P.
7	Biomasse-Entnahme	20,7	t CO _{2e} / ha	20,8	t CO _{2e} / ha
8	Buschwachstum ohne Biomasse-Entnahme	-		10,8	t CO _{2e} / ha
9	Biomasse-Ernte mit Transport zum BIP	0,28	t CO _{2e} / ha	0,45	t CO _{2e} / ha
10	Emissionen aus den Böden	-6,6	t CO _{2e} / ha	4,5	t CO _{2e} / ha
11	Nachwachsen der Biomasse	-10,4	t CO _{2e} / ha	-7,6	t CO _{2e} / ha
12	Nachwachsen des Grases	-10,2	t CO _{2e} / ha	-4,0	t CO _{2e} / ha
13	Aftercare	0	t CO _{2e} / ha	0	t CO _{2e} / ha
14	Tier-Emissionen	3,5	t CO _{2e} / ha	4,5	t CO _{2e} / ha
15	Pellet-Produktion	0,44	t CO _{2e} / ha	0,46	t CO _{2e} / ha
16	Transport nach Hamburg	1,03	t CO _{2e} / ha	1,00	t CO _{2e} / ha
17	Summe in 20 Jahren	-1,27	t CO_{2e} / ha	30,9	t CO_{2e} / ha

Tabelle 8: Flächenbezogene Werte der Treibhausgas-Emissionen des „Szenarios Hamburg“ nach dem IfaS (siehe Bild 1) und entsprechende Werte des „korrigierten Szenarios Hamburg“ (siehe Bild 7 auf der folgenden Seite und Bild 13 auf Seite 57). Negative Werte bedeuten CO₂-Speicherung. Biomasse in den Zeilen 1 bis 3 als Trockenmasse (dm) pro Hektar.

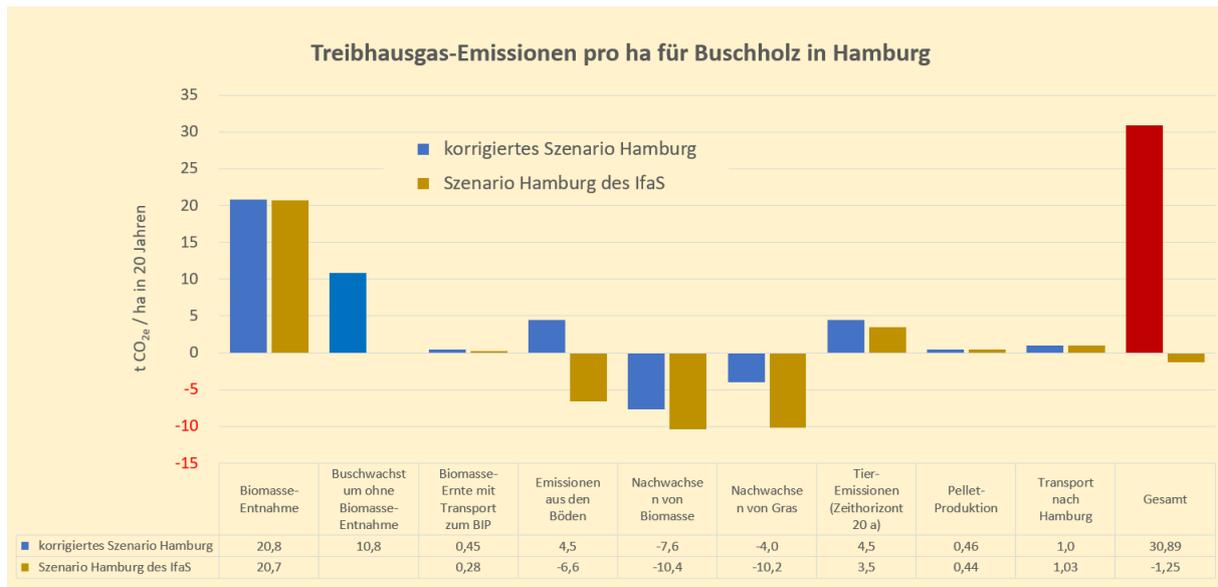


Bild 7: Treibhausgas-Emissionen pro Hektar in 20 Jahren für das „Szenario Hamburg“ des IfaS (hellbraun) und für das „korrigierte Szenario Hamburg“ (blau). Siehe Tabelle 8. Der Gesamtwert für das „korrigierte Szenario Hamburg“ ist rot.

		t CO _{2e} / ha	kg CO _{2e} / MWh
1	Biomasse-Entnahme	20,8	433
2	Buschwachstum ohne Biomasse-Entnahme	10,8	225
3	Biomasse-Ernte mit Transport zum BIP	0,45	9,4
4	Emissionen aus den Böden	4,5	94
5	Nachwachsen der Biomasse	-7,6	-159
6	Nachwachsen des Grases	-4,0	-83
7	Aftercare	0	0
8	Tier-Emissionen	4,5	94
9	Pellet-Produktion	0,46	9,6
10	Transport nach Hamburg	1,00	20,8
11	Summe in 20 Jahren	30,9	644

Tabelle 9: Einzelwerte der energie-spezifischen Treibhausgas-Emissionen für das „korrigierte Szenario Hamburg“ links in Tonnen pro Hektar und rechts in kg pro MWh Energiegehalt von Holzpellets. Positive Werte bedeuten Treibhausgas-Emissionen, negative stehen für CO₂-Speicherung.

Tabelle 8 gibt auf der linken Seite die Werte der Treibhausgas-Emissionen pro Hektar für das „Szenario Hamburg“ des IfaS wieder. Sie entsprechen ab Zeile 7 für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren den Werten in Tabelle 1 ab Zeile 5 (Seite 43). Auf der rechten Seite enthält Tabelle 8 die in der vorliegenden Arbeit berechneten Werte für das „**korrigierte Szenario Hamburg**“.

Bild 7 stellt die Treibhausgas-Emissionen in Tonnen CO_{2e} pro Hektar in 20 Jahren für die beiden in Tabelle 8 verglichenen Szenarien dar. Die Berechnung der einzelnen Beiträge zum „korrigierten Szenario Hamburg“ wird in Abschnitt 6.3 erläutert.

Tabelle 9 enthält in der Spalte ganz rechts Treibhausgas-Emissionswerte in kg CO_{2e} pro MWh Energiegehalt der Holzpellets aus namibischem Buschholz im „korrigierten Szenario Hamburg“.

In Bild 8 finden sich die einzelnen Beiträge der spezifischen Treibhausgas-Emissionen als Quellen (positiv) und Senken (negativ). Die Emissionswerte in t CO_{2e} / MWh in Bild 8 und in Tabelle 9 ergeben sich, wenn die Treibhausgas-Emissionen pro Hektar durch die Masse der von einem Hektar gewonnenen Holzpellets (9,6 t / ha) und den Heizwert der Pellets (5,0 MWh / t Holz) dividiert werden.

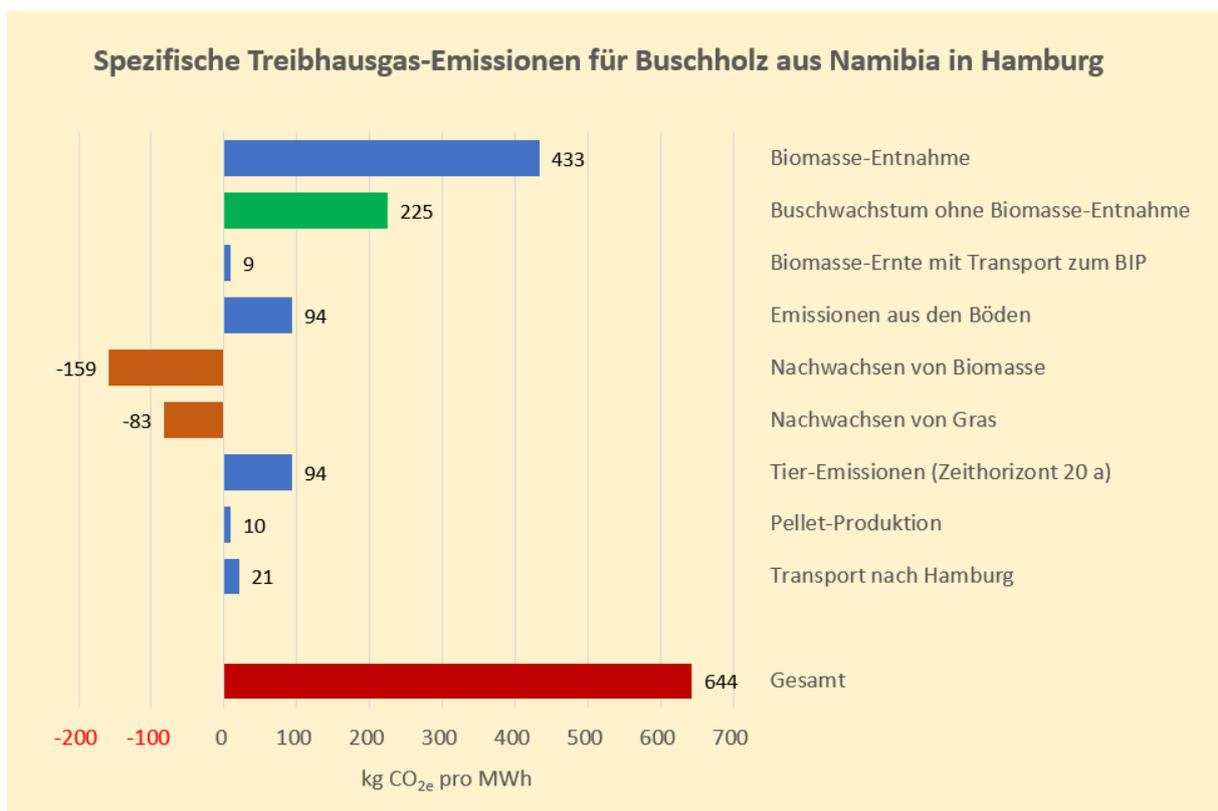


Bild 8: Einzelbeiträge zu den spezifischen Treibhausgas-Emissionen des „korrigierten Szenarios Hamburg“. Gesamte spezifische Treibhausgas-Emission im roten Balken. Erläuterung der Berechnungen in Abschnitt 6.3.

6.2 Vergleich von namibischem Buschholz in Hamburg mit anderen Energieträgern

Für die klimapolitische Bewertung von Buschholz in Hamburg ist ein Vergleich mit anderen Energieträgern, die die Steinkohle in der gegenwärtigen Fernwärmeerzeugung am Energiestandort Hamburg-Tiefstack ersetzen könnten, angebracht.

In Bild 9 wird mit Altholz aus der BRD, mit Erdgas und mit Steinkohle verglichen. Im Unterschied zum Buschholz werden bei den anderen Energieträgern die direkten Treibhausgas-Emissionen der Verbrennung und die Treibhausgas-Emissionen der gesamten Vorketten getrennt dargestellt. Eine entsprechende Aufschlüsselung für Buschholz enthält Bild 8. Zahlenwerte für einen Zeithorizont von 100 Jahren bietet Anhang 4.

Beim Vergleich in Bild 9 wird ersichtlich, dass die spezifischen Treibhausgas-Emissionen von Holzpellets aus namibischem Buschholz in Hamburg erheblich höher sind als diejenigen von Steinkohle, Erdgas und Altholz aus der BRD.

Bild 7 lässt erkennen, dass das vor allem an den CO₂-Emissionen aus den Böden nach der Umwandlung von Buschland in Grasland, an den Methanemissionen der zusätzlichen Viehhaltung ([UBA 2020]) und an der Berücksichtigung des Basis-Szenarios für ein Buschwachstum ohne Biomasse-Entnahme liegt.

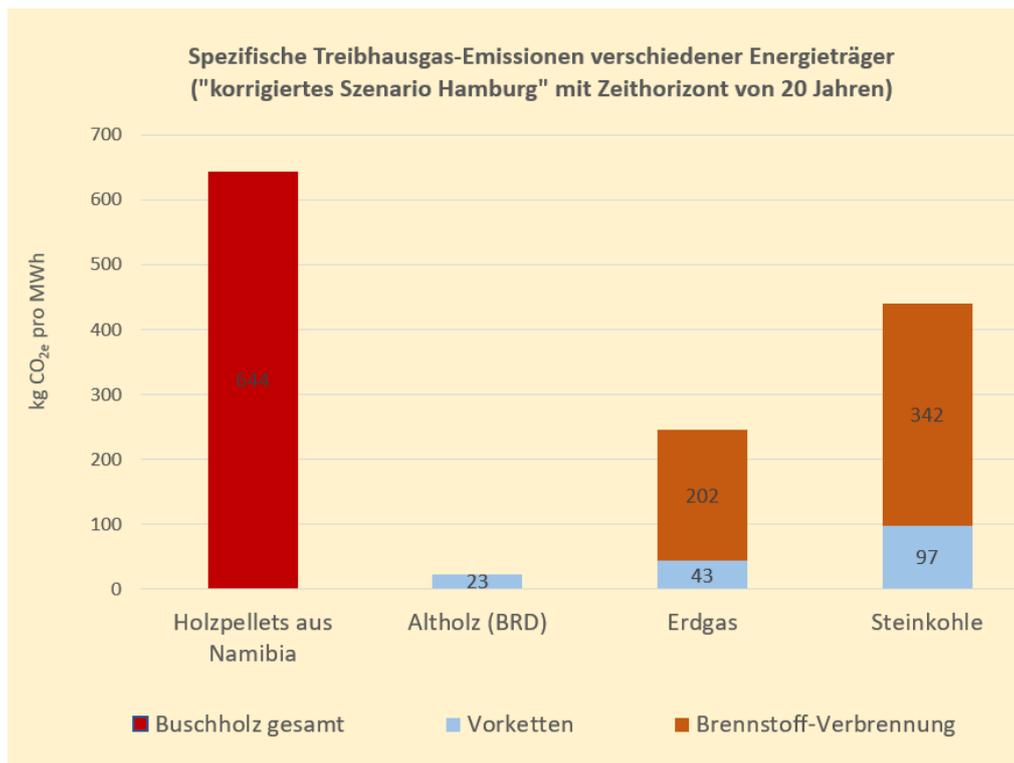


Bild 9: Spezifische Treibhausgas-Emissionen in kg CO_{2e} pro MWh Energiegehalt von Holzpellets aus Namibia im „korrigierten Szenario Hamburg“ (links). Rechts entsprechende spezifische Treibhausgas-Emissionen in kg CO_{2e} pro MWh Energiegehalt für Altholz aus der BRD, Erdgas und Steinkohle. Zeithorizont bei der Bewertung von Methan-Emissionen: 20 Jahre.

Die in Hamburg bis 2050 angestrebte Reduktion der CO₂-Emissionen um mindestens 95 % gegenüber dem Basisjahr 1990 schließt die Verpflichtung ein, statt der isolierten Betrachtung des bei der Verbrennung emittierten CO₂ auch die so genannten Vorketten ins Blickfeld zu rücken. Für das gegenwärtig in der BRD eingesetzte Erdgas ist anstelle von 202 kg CO₂ pro MWh mit Vorketten-Werten nach Tabelle 20 im **Anhang 2** ein Wert der spezifischen Treibhausgas-Emissionen von 245 kg CO_{2e} pro MWh als ein wichtiger Vergleichswert für die spezifischen Treibhausgas-Emissionen der Biomasse aus Namibia anzusehen.⁹ Die Vorkettenwerte für Altholz in Deutschland wurden [[Lauf 2019](#), Tabelle 33] entnommen.

Altholz aus der BRD liegt idealerweise nach einer Kaskadennutzung am Ende eines geschlossenen Kreislaufs. Daher wurde angenommen, dass die Emissionen der Verbrennung bereits vollständig durch nachgewachsenes Holz kompensiert worden sind. Bei dem Altholz, das in diesem Gutachten mit Buschholz verglichen wird, handelt es sich um Altholz aus der BRD, das in den nächsten Jahren frei werden könnte, wenn stromerzeugende Kraftwerke geschlossen werden, die bisher wegen spezieller EEG-Vergütungen betriebswirtschaftlich sinnvoll betrieben werden konnten.

Beim nachwachsenden Ersatz für Altholz aus der BRD und bei den verglichenen fossilen Brennstoffen treten Vorketten nicht in dem großen Umfang auf wie bei Buschholz, wo sie durch Landnutzungsänderungen, Emissionen aus den Böden und die Erweiterung der Viehzucht verursacht werden. Beim Buschholz aus Namibia soll im „Szenario Hamburg“ ein Nachwachsen auf dem Gebiet der Holzernte sogar für 6 Jahre verhindert werden.

Nach § 3 Abs. 2, Nr. 1 des Hamburger Klimaschutzgesetzes (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. Daher sollten alle hier verglichenen Energieträger als Brennstoffe für KWK-Anlagen betrachtet werden.

Die folgenden Vorteile von Gas gegenüber den konkurrierenden Energieträgern kommen in Bild 9 noch nicht zum Ausdruck. Sie sollten bei einem abschließenden Gesamtvergleich nicht übersehen werden:

- bessere Energieausnutzung bei Gas- als bei Biomasse- und Kohlekraftwerken,
- schnellere Reaktionszeiten bei Gas- als bei Biomasse- und Kohlekraftwerken und
- geringere Mengen an Reststoffen nach der Verbrennung.

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

⁹ Der in [[Heck 2020](#) auf Seite 20] angegebene Vergleich zwischen den CO₂-Emissionen der Biomasse mit denen von Steinkohle und Erdgas ist nicht nachvollziehbar. Ähnliche Vorbehalte bestehen gegenüber den Angaben auf der Seite 8 der gleichen Präsentation von Heck.

6.3 Berechnung der einzelnen Beiträge zu den Treibhausgas-Emissionen

Die Berechnung der einzelnen Beiträge zu den Treibhausgas-Emissionen des „korrigierten Szenarios Hamburg“ in Tabelle 9 wird hier erläutert.

1) Biomasse-Entnahme

Aus einer Biomasse-Entnahme von 12 t pro Hektar ergibt sich durch Multiplikation mit spezifischen CO₂-Emissionen von 0,40 t CO₂ pro MWh und einem Heizwert von 4,3 MWh pro t Holz (Holzschnitzel) der Wert 20,7 t CO₂ pro Hektar.

2) Buschwachstum ohne Biomasse-Entnahme (Basis-Szenario)

In [Seebauer 2019] und vom IfaS wurden für die Biomasse (Holz und Gras) generell konstant bleibende Wachstumswerte pro Jahr angesetzt. Für das Weiterwachsen von Buschholz in 20 Jahren bei unterlassener Biomasse-Entnahme würde das zu übermäßig hohen Werten führen. In dieser Arbeit wurde daher ein einfaches Bestandsmodell für die oberirdische Biomasse nach der folgenden zeitabhängigen Funktion (3) verwendet (Bild 10):

$$B = H \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}}\right) \cdot \arctan \frac{t}{\tau_2} \quad (3)$$

B ist der von der Zeit t abhängige Bestandswert, H der Maximalwert, jeweils flächenbezogen. τ_1 und τ_2 sind zwei anpassbare Zeitkonstanten. Mit $H = 100$ t Biomasse / ha, $\tau_1 = 18$ Jahre und $\tau_2 = 30,6$ Jahre erfolgte eine Anpassung an vorfindliche empirische Bestandswerte.

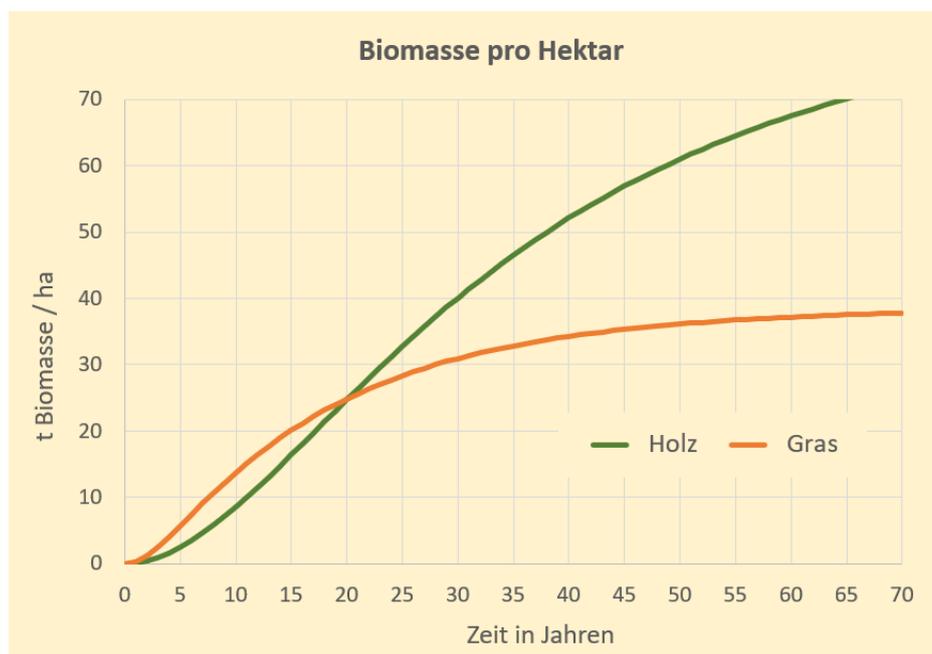


Bild 10: Oberirdische Bestandsfunktionen für Biomasse (Holz und Gras) pro Hektar nach Funktion (3). Erläuterungen im Text.

Die Funktion für die holzartige Biomasse wurde an den in [IfaS 2020d] genannten Wert von 40 t trockenes Holz pro Hektar angepasst, der nach [Seebauer 2019, Table 4] einem Zeitpunkt von 30 Jahren zugeordnet wurde. Im Vergleich zu dem entsprechenden Wert 30,81 t Trockenmasse pro ha von [Seebauer 2019, Seite 40] ist der vom IfaS gewählte Wert hoch. Er orientiert sich an stark verbuschten Gebieten. Für die Ausgestaltung des Verlaufs der Holzbiomasse-Funktion (3) in Bild 10 wurden insbesondere Daten aus [Cunningham 2017], [Joubert 2017a], [NAM 2020a], [Richters 2005], [Rohde 2012], [Rothauge 2014], [Smit 2015] und [Zimmermann 2002] herangezogen, für den Verlauf der Grasbiomasse-Funktion Daten von [Grace 2006, Table 2] und [NAM 2020a].

Nach 30 Jahren liegt B für einen vollständigen Hektar bei 40 t Biomasse. 20 Jahre später sind auf dem vollständigen Hektar 21,0 t Biomasse hinzugewachsen, entsprechend 36,1 t CO₂. Für 30 % dieser Fläche ergeben sich als hinzugewachsene Biomasse 10,8 t CO₂ pro Hektar. Ohne Biomasse-Entnahme wäre oberirdisch eine entsprechende Menge an Kohlenstoff gespeichert worden. Die Biomasse-Entnahme hat zur Folge, dass diese Speicherung verloren geht.

3) Biomasse-Ernte mit Transport zum Biomasse-Industriepark

Ein Vergleich in Tabelle 1 (Seite 26) zeigt, dass der flächenbezogene Emissionswert des IfaS für das Abernten der Biomasse und für den Transport zum Biomasse-Industriepark mit 0,28 t CO_{2e} pro Hektar wesentlich geringer ist als der entsprechende Wert von [Seebauer 2019], der sich nach Bild 2 aus zwei Einzelbestandteilen ergab ((0,22 + 0,35) t CO_{2e} pro Hektar). (Vgl. Abschnitt 4,3)

Das Berechnungsblatt „Harvesting and processing emission“ von [IfaS 2020d, Seite 10] enthält einen **Berechnungsfehler**. Es werden 12 t Biomasse pro ha geerntet, nicht 9,6 t pro ha (für Pellets). Damit erhöht sich der Wert vom IfaS von 0,28 auf 0,36 t CO_{2e} pro ha. Die Werte von [Seebauer 2019] erscheinen plausibler als die des IfaS. Wenn berücksichtigt wird, dass [Seebauer 2019] mit einer etwas größeren Erntemenge und mit größeren Entfernungen zum Biomasse-Industriepark rechnete, so erscheint ein Wert von 0,45 t CO_{2e} pro Hektar hier angemessen.

Die Werte der Treibhausgas-Emissionen, die bei der Ernte des Buschholzes in Namibia und beim Transport zum Biomasse Industriepark entstehen, lassen sich vergleichen mit Angaben, die in der Vorstudie zum 20 MW-Biomasse-Kraftwerk in Namibia [Hulett 2012] enthalten sind.¹⁰ Der Korrekturfaktor 1,5 bis 2,0 für schwere Erntemaschinen, der in dieser Bewertungsstudie für das Biomassekraftwerk vorgeschlagen wurde ([Brown 2018, Seite 47]), wurde hier nicht berücksichtigt, obwohl vom IfaS aus Gründen der Wirtschaftlichkeit eine vollmechanisierte Ernte der Biomasse vorgesehen wird.

¹⁰ Tabelle 13 ff. in [Brown 2018] enthält einen irritierenden Einheitenfehler (kg CO_{2e} per kWh statt g CO_{2e} per kWh)

4) CO₂-Emissionen aus den Böden bei einer Umwandlung von Buschland in Grasland

Nach den Ausführungen in Abschnitt 5.2 ist zu erwarten, dass die Umwandlung von Buschland in Grasland in semi-ariden Gebieten Namibias eine erhebliche CO₂-Quelle verursacht.

Der IfaS-Ansatz in Bild 1 (Seite 16) von -0,33 t CO_{2e} pro Hektar und Jahr bzw. -6,6 t CO_{2e} pro Hektar in 20 Jahren in [IfaS 2020d, Seite 6] ist auf der Basis von [IfaS 2020d, Seite 11] nicht nachvollziehbar. In Abschnitt 5.3 wurde eine Fehleranalyse durchgeführt. Der Summenwert ist allein schon deshalb nicht akzeptabel, als schon nach 6 Jahren wieder kontrolliertes Nachwachsen von Büschen zugelassen werden soll.

Beim „korrigierten Szenario Hamburg“ wurde hier für die CO₂-Emissionen aus den Böden der Wert 13,6 t C pro Hektar nach den Daten von [Aynekulu 2017] in Zeile 2 der Tabelle 5 (Seite 32) verwendet. Mit 30 % Flächenanteil bei der Ernte und 6 von 20 Jahren vor einer Wiederzulassung des Nachwachsens von Büschen ergaben sich für das ganze 20-Jahres-Zeitintervall 1,22 t C pro Hektar bzw. 4,5 t CO₂ pro Hektar.

Dieser Wert ist wahrscheinlich zu klein. Denn nach [Buyer 2016] ist davon auszugehen, dass der Verlust des im Boden des Buschlands gespeicherten organischen Kohlenstoffs in den ersten Jahren eines 20-Jahres-Zeitintervalls rascher abläuft als im restlichen Zeitraum. Außerdem gilt dieser Wert nur, wenn die Wiederherstellung von Weideland überall vollständig gelingt, was nach den in [Zimmermann 2017] beschriebenen Erfahrungen wenig wahrscheinlich ist. Misslingt die Wiederherstellung in nur 30 Prozent der entbuschten Fläche, ergeben sich 7,6 t CO₂ pro Hektar für die Gesamtzeit von 20 Jahren anstelle des angesetzten Wertes 4,5 t CO₂/ha.

Daher ist bei der Beurteilung von Landnutzungsänderungen große Vorsicht angebracht. Der „Raubbau an der Erde“ wird vielfach unterschätzt und muss sehr ernst genommen werden.¹¹ Wegen der bestehenden beträchtlichen Unsicherheiten wird der Einfluss dieses Emissionsanteils bei der Variantenanalyse in Abschnitt 7 genauer betrachtet.

5) Nachwachsen von holzartiger Biomasse

Das IfaS rechnet nach [IfaS 2020d, Seite 7] mit 50 % Nachwachsen des entnommenen Bestands von 20,7 t CO₂/ha und nennt das „pessimistisch“. Dabei wird angemerkt, dass „kontrolliertes“ Nachwachsen nur innerhalb von 15 Jahren stattfinden soll. Auch wird unter Zitierung von [Cunningham 2017] und [Zimmermann 2017] behauptet, die nachhaltige durchschnittliche Zuwachsrate würde sich bei einem Zeitraum von 20 – 25 Jahren einpendeln. In den zitierten Arbeiten ist Entsprechendes aber nicht zu finden. Zu beachten ist auch, dass bei erneuter Buschernte nicht mehr die vorherigen Bestandsraten zu erwarten sind ([Honsbein 2016, Seite 130]).

Für die Ermittlung der CO₂-Speicherung durch Nachwachsen der Busch-Biomasse wurde die Wachstums-Funktion (3) auf Seite 48 mit den dort angegebenen Parametern herangezogen. Es

¹¹ Hierzu allgemein: Schwinn, Florian: Raubbau an der Erde: Unser Krieg gegen den Boden. [Blätter für deutsche und internationale Politik](#) 10/19, Seite 99 - 111

geht um ein Neuwachsen in 14 von 20 Jahren. Hierfür ergibt sich eine Biomasse von 14,8 t für den gesamten Hektar. Bezogen auf einen Flächenanteil von 30 % und umgerechnet in CO₂ entspricht das einer Speicherung von 7,6 t CO₂ pro Hektar im gesamten 20-Jahres-Zeitraum.

6) Nachwachsen von Gras

Am Ende von Abschnitt 4 wurde festgestellt, dass der IfaS-Ansatz für „Nachwachsen des Grasses“ einer genaueren Überprüfung bedarf.

In [IfaS 2020d, Seite 6] führt Flesch aus: „Nach der Busch-Ausdünnung ist das Nachwachsen von Gras garantiert, insbesondere wenn es Niederschläge gibt“. Diese Garantie gehört zu einer ziemlich optimistischen Betrachtungsweise. In [carbon capital 2020, Seite 5] wird sehr deutlich gemacht, dass Gras von regelmäßigeren Niederschlägen abhängig ist, während die einheimischen Holzarten besser geeignet sind, unregelmäßigere Niederschlagsmuster zu ertragen und längere Trockenperioden zu überstehen.

Der IfaS-Wert von 0,51 t CO_{2e} pro Hektar und Jahr stimmt mit dem von [Seebauer 2019] überein. Er wird vom IfaS auf 20 Jahre hochgerechnet, obwohl eine Nutzung nach der Aberntung nur für 5 bis 6 Jahre stattfinden soll. Außerdem finden sich Angaben in [IfaS 2020d, Seite 11]. Der dort angegebenen Bereich „2-6 t_{DM}/ha/a“ für das oberirdisch wachsende Gras ist höher als Werte nach [Grace 2006, Table 2], denen hier gefolgt wird. Aus diesen wird für die Gesamtmasse $4 \text{ t}_{\text{DM}} / (\text{ha} \cdot \text{a})$ übernommen anstelle von $10 \text{ t}_{\text{DM}} / (\text{ha} \cdot \text{a})$ in [IfaS 2020d].

Für das Wachsen des gesamten Grasses in den ersten sechs Jahren nach der Busch-Ausdünnung wurde Funktion (3) mit den Parametern $H = 40 \text{ t Biomasse} / \text{ha}$, $\tau_1 = 18 \text{ Jahre}$ und $\tau_2 = 3,3 \text{ Jahre}$ eingesetzt. Damit ergeben sich in 6 Jahren 7,7 t Grasmasse pro Hektar. Bezogen auf den Flächenanteil von 30 % und umgerechnet in CO₂ sind das 4,0 t CO₂ pro Hektar im 20-Jahres-Zeitraum.

Auch hier ist zu berücksichtigen, dass eine nachhaltige Umwandlung von Busch- in Grasland oft nicht gelingt, wie empirische Ergebnisse wie in [Zimmermann 2017] und [Daryanto 2019] belegen. Daher ist mit einer geringeren oberirdischen CO₂-Speicherung zu rechnen.

7) Methan-Emissionen von Wiederkäuern

IfaS „borgte“ nach [IfaS 2020d, Seite 7] den Wert 0,17 t CO_{2e} pro Hektar und Jahr von [Seebauer 2019] (10,55/20/3). In [Rabenstein 2020, A 3.6] wurde der entsprechende Wert von Seebauer et al. auf andere Quellen zurückgeführt. Vom IfaS wurde nur ein Drittel der in [Seebauer 2019] angesetzten Methan-Emissionen verrechnet. Die Begründung dürfte sein, dass nur ein Drittel der abgeernteten Fläche zur Viehzucht herangezogen werden soll. Auch von den in Wildtierfarmen (Game Farms) zusätzlich gehaltenen Tieren wird jedoch Methan ausgestoßen. Unter der Annahme, dass die Erhöhung der Anzahl der Tiere in Game Farms nicht so stark sein könnte wie bei der Rinderzucht, wurde hier für das zweite abgeerntete Drittel nur die Hälfte der Emissionen der Rinderzucht angesetzt. Für das restliche Drittel wurden keine zusätzlichen Methan-Emissionen angenommen. Es wird also mit einem resultierenden Anteil von 50 % der abgeernteten Fläche und mit 6 in 20 Jahren gerechnet.

Für einen Zeithorizont der Methan-Verrechnung von 100 Jahren ergab sich nach Tabelle 20 im **Anhang 2** mit dem Emissionswert von [Seebauer 2019] $10,55 \text{ mal } 50 \% \text{ mal } 6 / 20$ gleich $1,58 \text{ t CO}_2\text{e}$ pro Hektar in 20 Jahren.

Bei der Bilanzierung von Methan-Emissionen stellt sich die Frage, wie sinnvoll hier ein Zeithorizont von 100 Jahren ist. Für Projektionen von langfristigen Vorgängen wie dem Anstieg des Meeresspiegels eignet sich der 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 Thematik dieses Gutachtens um einen Zeitraum von zwei bis drei Jahrzehnten handelt, wird hier bei den Nicht-CO₂-Emissionen bevorzugt mit dem 20-Jahre-Zeithorizont gerechnet. Auch die Vorketten von Erdgas, einem der verglichenen Energieträger, die großenteils durch Emissionen von Methan gekennzeichnet werden, erhalten dabei wegen dessen vergleichsweise kurzer Lebensdauer in der Atmosphäre eine größere Relevanz ([HET 2020c]).

Da demnach für die Brisanz der Entwicklung zu einer übermäßig starken Erderhitzung ein Zeithorizont von 20 Jahren angemessener erscheint, erhält man nach einer Multiplikation mit $86 / 30$ als Treibhausgas-Emissionswert $4,5 \text{ t CO}_2\text{e}$ pro Hektar in 20 Jahren. Wie bei Seebauer geht hier nur ein Wert des Treibhausgaspotenzials von 30 statt 34 in die Umrechnung ein.

In Tabelle 10 in Abschnitt 7 wird zu Vergleichszwecken auch ein vollständiges Berechnungsergebnis mit dem 100-Jahre-Zeithorizont angegeben.

Flesch spekuliert in [IfaS 2020d, Seite 12] darüber, ob nicht zur Fütterung von Rindern mehr Buschfutter eingesetzt werden könnte und so Soja- und Mais-Importe, die Regenwald zerstören können, vermieden werden könnten. Außerdem, ob nicht Rinder in Freihaltung ökologisch verträglicher seien als Rinder in Stallhaltung. Für die Tierfütterung mit Buschbiomasse braucht es jedoch keine Biomasse-Industrieparks mit Exporten von Holzpellets. Zur zweiten Frage: In Namibia herrscht Freilandhaltung von Rindern vor. Die Ansätze für die spezifischen Methanemissionen von Rindern sollten diesen Umstand möglichst korrekt widerspiegeln.

8) Treibhausgas-Emissionen der Produktion von Holzpellets:

Der Wert $0,46 \text{ t CO}_2\text{e}$ pro Hektar in 20 Jahren wurde hier von [IfaS 2020d, Seite 6] übernommen, obwohl der Wert von [Seebauer 2019] mit $1,59 \text{ t CO}_2\text{e}$ pro Hektar in 20 Jahren viel höher ist. Von [IfaS 2020d] wurde angegeben, dass bei der Produktion von Holzpellets tagsüber Photovoltaik-Strom eingesetzt wird, nachts Strom aus dem allgemeinen Stromnetz. Bei der Übernahme des IfaS-Werts wurde nun davon ausgegangen, dass für den Betrieb der Maschinen noch mehr erneuerbarer Strom eingesetzt wird, als bisher beabsichtigt.

9) Treibhausgas-Emissionen des Transports der Holzpellets nach Hamburg:

In [IfaS 2020d, Seite 6] wird mit 1,03 t CO_{2e} pro Hektar in 20 Jahren für den Transport von Holzpellets nach Hamburg gerechnet. Die Berechnungen der Transportwerte in [IfaS 2020d] enthalten **mehrere Fehler**:

Auf Seite 6 wurden vom IfaS 12 t Holz pro Hektar anstelle von 9,6 t Holzpellets angesetzt. Mit 9,6 t Holzpellets pro Hektar und den sehr niedrigen 86 kg CO₂ / t auf Seite 8 von [IfaS 2020d] und auf Seite 35 von [IfaS 2020b] ergeben sich 0,83 anstelle des IfaS-Wertes von 1,03 t CO_{2e} pro Hektar in 20 Jahren.

Auf der Seite 8 findet sich ein **Rechenfehler** bei der Tabelle „Seefreight“. Hier wurde mit „Density“ multipliziert statt dividiert, was sich aber zufällig fast nicht auswirkt. Der gleiche Fehler findet sich auch schon auf Seite 21 von [Heck 2020]. In diesen beiden Fällen wurde im Übrigen mit unterschiedlichen Dichtewerten für Schweröl gearbeitet, in [Heck 2020] mit 1,01 kg / Liter, in [IfaS 2020d] mit 0,991 kg / Liter.

Im Vergleich zu früheren Angaben des IfaS wie in [Gschwender 2019] und [Heck 2020] sind die jetzt angesetzten Treibhausgas-Emissionswerte für den Holzpellets-Transport nach Hamburg auffällig niedrig. Gschwender und Heck hatten in [Gschwender 2019] für die Treibhausgas-Emissionen des Holztransports von einem Biomasse-Industriepark nach Hamburg 371 kg CO₂ / t angegeben. In der Präsentation [Heck 2020, Seite 27] wurde dieser Wert einem „Mean Value Scenario“ zugeordnet; daneben 688 kg CO₂ / t einem „Worst Case Scenario“ und 64 kg CO₂ / t einem „Best Case Scenario“. Der in [IfaS 2020d] verwendete Wert liegt nun sehr nahe an diesem „Best Case Scenario“.

Es fehlt die Berücksichtigung des beim Verbrennen von Schweröl in den Schiffsdieseln ausgestoßenen Rußes (black carbon). Nach [Comer 2015, Seite 58] trugen 2015 black-carbon-Emissionen zu den äquivalenten CO₂-Emissionen der Schifffahrt bei einem 100-Jahres-Zeithorizont zu 5 % bis 8 % bei, bei einem hier bevorzugten 20-Jahres-Zeithorizont zu 18 % bis 23 %. Ein Anstieg auf etwa das Doppelte wurde für die nächsten 100 Jahre vorhergesagt. Zur Berücksichtigung von Ruß-Emissionen wurde daher der hier bereits korrigierte Wert 0,83 auf 1,0 t CO_{2e} pro Hektar in 20 Jahren erhöht.

Es wird erwartet, dass in Zukunft immer mehr Transportschiffe mit verflüssigtem Erdgas (LNG) angetrieben werden ([Kirchner 2020]). Dadurch werden die Treibhausgas-Emissionen wegen des hohen Treibhaus-Potenzials des aus Leckagen austretenden Methans und wegen der großen Energieverluste der Lieferkette von LNG erheblich ansteigen. Mit Segelschiffen wie von IfaS in [IfaS 2020d, Seite 12] prognostiziert ist dagegen eher nicht so rasch zu rechnen.

7. Variantenanalyse und Bewertung der Klimawirkung von Buschholz

7.1 Ergebnisse für Varianten des „korrigierten Szenarios Hamburg“

Tabelle 10 enthält Gesamtwerte der Treibhausgas-Emissionen des „korrigierten Szenarios Hamburg“, die sich ergeben, wenn die einzelnen Einflussgrößen variiert werden. In Bild 11 wurden die Ergebnisse aus Tabelle 10 grafisch dargestellt.

Variation und Gesamt-Emissionen		Spezifische Gesamt-Emissionen in CO _{2e} / MWh		
1	Tier-Emissionen: Flächenanteil	10 %	20%	30%
2	Spezifische Gesamt-Emissionen	613	676	739
3	CO ₂ -Emissionen aus den Böden	-5 t C / ha	10 t C / ha	25 t C / ha
4	Spezifische Gesamt-Emissionen	514	619	723
5	Wachstum von Buschholz und Gras	um 10 Jahre schneller	Referenz	um 10 Jahre langsamer
6	Spezifische Gesamt-Emissionen	536	644	722
7	Transport nach Hamburg	50 % weniger	Referenz	200 % mehr
8	Spezifische Gesamt-Emissionen	633	644	685
9	Zeithorizont	100 Jahre	20 Jahre	
10	Spezifische Gesamt-Emissionen	582	644	

Tabelle 10: Spezifische Gesamt-Emissionen in kg CO_{2e} pro MWh Energiegehalt für Varianten des „korrigierten Szenarios Hamburg“. In Zeile 1 wird die Art der Variation angegeben, in Zeile 2 die Auswirkung auf die Gesamt-Emissionen und so fort. Grafische Darstellung in Bild 11.

Besonders sensibel reagieren die spezifischen Gesamt-Emissionen auf Veränderungen der Einflussgrößen

- zusätzliche Methan ausstoßende Wiederkäuer,
- CO₂-Emissionen durch eine Umwandlung von Busch- in Grasland und
- Geschwindigkeit des Wachstums von Busch- und von Gras-Biomasse.

Die drei Werte in Zeile 2 von Tabelle 10 wurden für einen für die Viehzucht genutzten Anteil von 10 %, 20 % und 30 % eines gesamten Hektars mit dem Zeitanteil 6 / 20 Jahre berechnet.

Die Bedeutung der drei unterschiedlichen Parameter-Werte für die CO₂-Emissionen aus den Böden (Zeile 3) lässt sich an Hand der Werte in der letzten Spalte von Tabelle 5 (Seite 32) einschätzen. Ein negatives Δm gemäß Gleichung (1) auf Seite 35 steht für eine CO₂-Sequestrierung im neu gewonnenen Grasland wie in den Analysen von UNIQUE und IfaS. Die beiden

unterschiedlich großen positiven Differenzwerte des flächenbezogenen Kohlenstoffs in Zeile 3 zeigen den beträchtlichen Einfluss der zugehörigen CO₂-Emissionen durch Umwandlung von Busch- in Grasland auf die Gesamt-Emissionen.

Die Geschwindigkeit des Wachstums von Büschen und von Gras wurde in Zeile 5 durch Verschiebung des zeitlichen Bezugspunkts von 30 Jahren auf 20 bzw. auf 40 Jahre bei gleichbleibendem Abszissen-Wert in Bild 10 (Seite 48) variiert. Die Wirkung auf die spezifischen Gesamt-Emissionen in Zeile 6 sind beträchtlich.

Da der relative Anteil der CO₂-Emissionen durch den Transport von Holzpellets nach Hamburg vergleichsweise niedrig ist, ergeben sich bei einer Variation der entsprechenden Parameter in Zeile 7 keine auffallenden Veränderungen bei den Gesamt-Emissionen. Diese Feststellung schließt den Transport von Holzschnitzeln anstelle von Holzpellets ein.

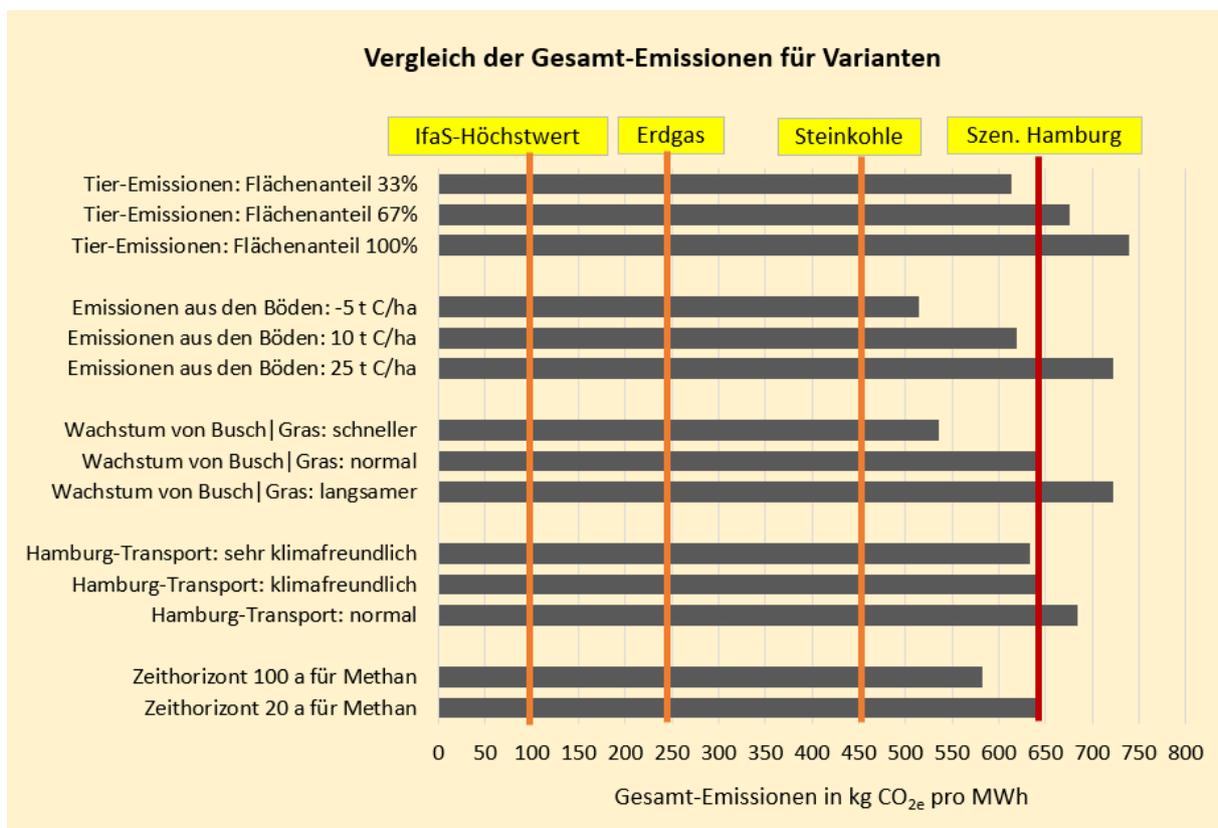


Bild 11: Vergleich der Gesamt-Emissionen in kg CO_{2e} pro MWh Energiegehalt für die analysierten Varianten und (rot) Gegenüberstellung mit den Emissionen von Steinkohle und Erdgas sowie mit der erklärten Obergrenze der Berechnungen des IfaS für das Szenario Hamburg

In Bild 11 wurden für die Beurteilung der spezifischen Gesamt-Emissionen herangezogen: Steinkohle mit 451 kg CO_{2e} pro MWh, Erdgas mit 245 kg CO_{2e} pro MWh und die „Selbstverpflichtung des IfaS“ mit einer Obergrenze von etwa 100 kg CO_{2e} pro MWh nach Abschnitt 2.3.

Alle variierten Gesamt-Emissionswerte des „korrigierten Szenarios Hamburg“ liegen gemäß Bild 11 höher als der Wert für Steinkohle. Werte unterhalb des Steinkohle-Emissionswerts werden erst bei einer Kombination des Zeithorizonts von 100 Jahren für Methan-Emissionen mit

geringen Zuwächsen bei der Rinderhaltung, mit CO₂-Sequestrierung bei der Umwandlung in Grasland und mit einem sehr raschen Wachstum von Büschen und Gras erreicht. Auch dann liegen die Gesamt-Emissionen noch erheblich über denen von Erdgas und sind immer noch mehr als dreimal so hoch wie die vom IfaS angegebene Obergrenze für das „Szenario Hamburg“.

7.2 Treibhausgas-Emissionen des korrigierten Szenarios Hamburg im zeitlichen Verlauf

Nach den Plänen des IfaS würden innerhalb einer Laufzeit von mehreren Jahrzehnten kontinuierliche Holzlieferungen aus Namibia an Hamburg für den Einsatz in Biomasse-Heizkraftwerken geliefert werden. Wird die bisherige Bilanzierung von einer einmaligen auf eine zeitlich kontinuierliche Lieferung erweitert, so ergibt sich ein realistischerer zeitlicher Verlauf der Treibhausgas-Emissionswerte. Emissionen entstehen nicht nur bei der Verarbeitung und der Verbrennung von Buschholz, sondern auch anschließend infolge von Nachwirkungen vor allem aus dem Sektor AFOLU (Agriculture, Forestry, and Other Land Use). In Anhang 2.1 von [Rabenstein 2020] wurden Effekte, die sich aus diesem Umstand im Vergleich zu einer einmaligen Gesamtlieferung von Holzpellets ergeben würden, ausführlich diskutiert.

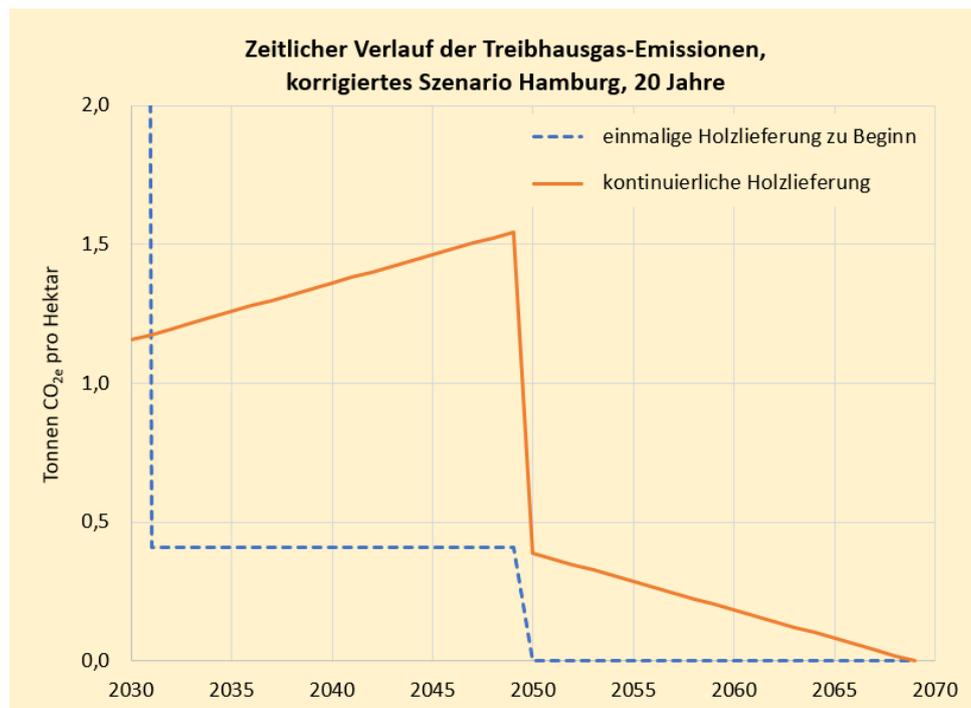


Bild 12: Zeitlicher Verlauf der Treibhausgas-Emissionen für das „korrigierte Szenario Hamburg“. Bei einer einmaligen Holzlieferung zu Beginn eines Zeitintervalls von 20 Jahren wie in den Berechnungen der UNIQUE-Studie gilt die blaue, gepunktete Linie, bei einer kontinuierlichen gleichbleibenden Holzlieferung die hellbraune Linie. In der Darstellung wurde auf einen Hektar in Namibia, von dem Buschholz entnommen wird, normiert.

Bei einer fiktiven einmaligen Lieferung und Nutzung des gesamten Buschholzes für 20 Jahre zu Beginn dieses Zeitintervalls ergäbe sich die blaue, gestrichelte Emissionskurve in Bild 12. Auf hohe Emissionswerte am Beginn des Holzeinsatzes folgen weitere geringere Emissionen

im Beurteilungszeitraum von 20 Jahren. Bei einer kontinuierlichen und im Zeitverlauf gleichbleibenden Holzlieferung nach Hamburg und einer zeitnahen Nutzung in den Kraftwerken nehmen, wie Bild 12 zeigt, die Treibhausgas-Emissionen, die durch die energetische Nutzung des Buschholzes verursacht werden, im Lauf der Zeit zu. Nach der Beendigung einer Belieferung der Hamburger Kraftwerke nach 20 Jahren würden sie noch länger weiterlaufen, weil infolge der Landnutzungsänderungen in Namibia weiterhin durch den Holzexport verursachte Treibhausgas-Emissionen auftreten. Da Veränderungen des organischen Kohlenstoffs im Boden nach der Ernte der Büsche nicht gleichmäßig über 20 Jahre hinweg erfolgen werden, hat diese Abbildung eher indikativen Charakter.

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

7.3 Diskussion und Bewertung der Berechnungsergebnisse für das „Szenario Hamburg“

Das IfaS hat seine Berechnungsergebnisse für das „Szenario Hamburg“ in Bild 1 (Seite 16) grafisch dargestellt. Auf Grund der Resultate des vorliegenden Gutachtens sind an diesem Bild zahlreiche Korrekturen notwendig. Sie wurden in Bild 13 in roter Farbe eingetragen.

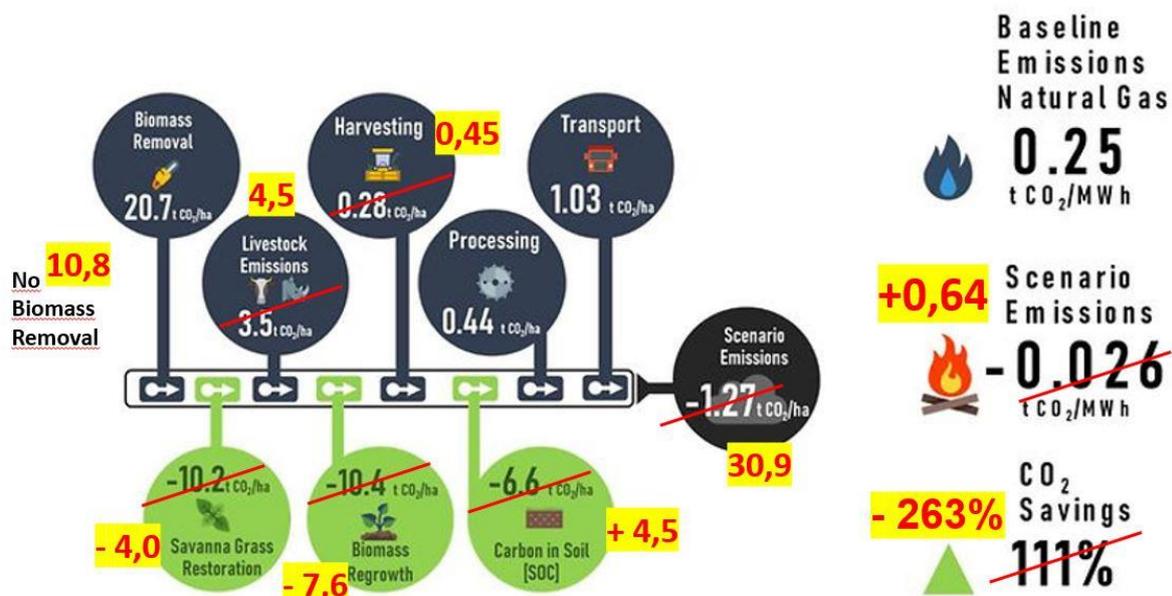


Bild 13: Korrekturen an den Ergebnissen der Treibhausgas-Berechnungen des IfaS für das „Szenario Hamburg“. Mit „No Biomass Removal“ wird das Basis-Szenario „Buschwachstum ohne Biomasse-Entnahme“ berücksichtigt. Die roten Einzelwerte stammen aus Tabelle 8 auf Seite 43.

Nach einer Korrektur der in den Abschnitten 5 und 6.3 beschriebenen Fehler und Unstimmigkeiten in den Berechnungen des IfaS und in der Studie [Seebauer 2019] von UNIQUE ergaben sich für das „korrigierte Szenario Hamburg“ spezifische Treibhausgas-Emissionen, die höher sind als diejenigen der gegenwärtig in Hamburg in der Fernwärme-Erzeugung eingesetzten

Steinkohle (Bild 11) dass mit dem „Szenario Hamburg“ sogar CO₂ eingespart werden könnte, wie das IfaS behauptet, kann daher auf keinen Fall erwartet werden.

Die Klimaschädlichkeit der energetischen Verwertung von namibischem Buschholz im „Szenario Hamburg“ des IfaS ist noch ausgeprägter als nach den Berechnungen in [\[Rabenstein 2020\]](#), wo wegen einer starken Orientierung an der Studie [\[Seebauer 2019\]](#) noch kein Basis-Szenario mit einem Weiterwachsen nicht abgeholzter Busch-Biomasse in Rechnung gestellt worden war.

Es gibt weitere Effekte, durch die die Klimaschädlichkeit einer energetischen Nutzung von Buschholz aus Namibia weiter verschärft wird:

1. Zusätzliche Methan-Emissionen: Nach den Beschreibungen in der IfaS-Machbarkeitsstudie [\[IfaS 2020b\]](#) würden Holzschnittel bzw. Holzpellets aus Namibia im Zuge der gesamten Lieferkette an verschiedenen Stellen in großen Haufen oder in Containern über Wochen und Monate gelagert werden – im Biomasse-Industriepark, vor der Verschiffung im Hafen, beim interkontinentalen Transport in großen Schiffen und vor der Verbrennung beim Ziel-Kraftwerk. Diese Biomasse-Haufen emittieren Methan, das 87-mal klimaschädlicher ist als CO₂, in einem Umfang, der sicher nicht vernachlässigbar ist. Diese Treibhausgas-Quelle müsste näher untersucht werden wie in [\[Whittaker 2016\]](#).

2. Reaktionen der Böden auf die Erderhitzung: Auf Grund von neuen empirischen Studien, beschrieben in [\[Davidson 2020\]](#), ist mit zunehmender Erderhitzung damit zu rechnen, dass auf Grund der Erwärmung der Böden bisher darin gespeicherter Kohlenstoff als CO₂ in die Atmosphäre freigesetzt wird. Das Ausmaß dieses Effekts wurde bisher unterschätzt. Umso mehr sollten Landnutzungsänderungen vermieden werden, die selbst Freisetzung von CO₂ aus dem Boden zur Folge haben oder Risiken zur Bildung nackter Böden enthalten.

INDC:

In den Diskussionen um die Klimawirkungen von Buschholz aus Namibia spielen die national festgelegten Beiträge Namibias zum Klimaschutzabkommen von Paris 2015 eine Rolle, die „Intended Nationally Determined Contributions“ (INDC).

Wie schon in Abschnitt 2.2 ausgeführt, betonte F. Flesch in [\[IfaS 2020e\]](#), dass die CO_{2e}-Speicherung, die vom IfaS für das Szenario Hamburg berechnet wurde, genau dem Umfang an Treibhausgas-Speicherung dieser INDC-Verpflichtungen Namibias entspreche.

In Beantwortung einer Schriftlichen Kleinen Anfrage [\[Drs. 22/3385\]](#) erklärte der Hamburger Senat am 2. März 2021, die Umweltbehörde sehe keinen Anlass, an den Ergebnissen der Studie [\[Seebauer 2019\]](#) zu zweifeln. Die darin getroffenen Aussagen zur Nachhaltigkeit und einer positiven CO₂-Bilanz der Buschdünnung stünden im Einklang mit vielen anderen weltweit anerkannten Veröffentlichungen. Unter anderem seien besonders die INCD Namibias hervorzuheben mit einer Restaurierung von 15 Mio. Hektar Savannenlandschaft in Verbindung mit nicht unerheblicher CO₂-Einsparung.

Die IfaS-Berechnungen auf der Basis der UNIQUE-Studie entsprechen also einerseits genau den INDC-Verpflichtungen und andererseits bestätigen aus Sicht der BUKEA die INDC-Verpflichtungen die Korrektheit der Bilanzierungsergebnisse der UNIQUE-Studie. Die Logik dieser Ausführungen ist nicht gerade bestechend.

7.4 Abhängigkeit der Ergebnisse von der Art der Beschaffung von Buschholz

In [Drs. 22/3385] erklärte der Senat weiter, das Gutachten [Rabenstein 2020], in dem die Studie [Seebauer 2019] kritisch überprüft wurde, werde „in den Abwägungsprozess mit einbezogen“. Darin werde allerdings von einer anderen Landnutzung und Landfolgenutzung ausgegangen, so dass die Ergebnisse nicht vergleichbar seien. Der zuständigen Behörde sei nicht bekannt, ob das genannte Gutachten einem Peer Review unterzogen wurde oder von anderen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit anerkannter Expertise in der Bilanzierung von Natur- und Landnutzungsprozessen bestätigt wurde.

Das Kurzgutachten [Rabenstein 2020] war vom Auftraggeber HET als Beitrag zu einem Peer Review von [Seebauer 2019] vorgesehen. Es ging schwerpunktmäßig auf das Szenario 1 von [Seebauer 2019] ein. Daher sind seine Ergebnisse hinsichtlich Landnutzung und Landfolgenutzung durchaus vergleichbar.

Zur Vorbeugung gegen Argumente, das hiermit vorgelegte Gutachten gehe von einer anderen Landnutzung und Landfolgenutzung als dem des „Szenarios Hamburg“ des IfaS aus, sei Folgendes betont:

Von den im Abschnitt 5 beschriebenen Fehlern und Mängeln sind zwei weitgehend unabhängig von der Wahl einer bestimmten Nutzung von namibischem Buschholz für energetische Zwecke in Europa:

5.1 Keine Berücksichtigung eines Basis-Szenarios

5.2 Fehler bei der Kohlenstoffspeicherung in den Böden unter Büschen und unter Gras.

Sie treffen auf die Szenarien in [Seebauer 2019] ebenso zu wie auf das „Szenario Hamburg“ des IfaS und auf mögliche weitere Abwandlungen, die diese Kritikpunkte nicht berücksichtigen.

7.5 Zurückstellung des Klimaschutzes gegenüber anderen Nachhaltigkeitsaspekten

Zur Relevanz seiner Entscheidung über eine energetische Nutzung von Buschholz aus Namibia in Hamburg erklärte der Senat am Ende von [Drs. 22/3385] am 2. März 2021:

„Grundsätzlich ist zu beachten, dass die meisten dieser Berechnungen auf Szenarien beruhen, die einer Validierung in der Praxis bedürfen. Auch wird der Korridor der berechneten Treibhausgasemissionsbilanz nur ein Faktor in der Entscheidungsgrundlage für oder gegen dieses Projekt sein. Wie schon mehrfach betont, werden auch andere Nachhaltigkeitsaspekte, wie zum Beispiel die Biodiversität, der Grundwasserschutz

oder soziale und wirtschaftliche Entwicklungschancen und -risiken eine wichtige Rolle spielen.“

Deutschland hat nach lang dauernden Debatten beschlossen, die Nutzung von Kohle kontrolliert zu beenden [BRD 2020]. Da Deutschland die hier verfeuerte Kohle aus dem Ausland bezieht, hat dieser Beschluss Auswirkungen auf soziale und wirtschaftliche Entwicklungen in den Exportländern, beispielsweise auf Südafrika. Bei der Entscheidung gegen die Kohle wurde den Verpflichtungen der BRD aus dem Pariser Klimaschutzabkommen Vorrang eingeräumt.

Nach der Bürgerschaftsdrucksache [Drs. 21/19200, Tabelle 5] vom 3.12.2019 („Stellschrauben zur Erreichung der Hamburger Klimaziele“ im Hamburger Klimaplan) gilt für die Hamburger Fernwärme im Jahr 2030 als Begrenzung der CO₂-Emissionsfaktor 175 kg pro MWh. Mit einem umfangreichen Einsatz von Buschholz aus Namibia mit spezifischen Treibhausgas-Emissionen von etwa 640 kg pro MWh Energiegehalt des Brennstoffs ist dieser Zielwert nicht einzuhalten. Noch weniger ist es damit möglich, das Klimaneutralitäts-Ziel Hamburgs im Jahr 2050 umzusetzen.

Wenn es jetzt in Hamburg darum geht, Kohle durch Biomasse zu ersetzen, die bei der Verbrennung noch klimaschädlicher ist als Kohle, dann müssten die „anderen Nachhaltigkeitsaspekte“ sehr sorgfältig überprüft werden. Alle vom Senat in [Drs. 22/3385] genannten Beispiele für „Nachhaltigkeitsaspekte“ sind jedoch umstritten, wie diverse Stellungnahmen vieler Umweltverbände und auch Arbeiten aus Namibia wie [Joubert 2017b] zeigen. Sogar das von der GIZ beauftragte IfaS scheint Zweifel zu haben. In [IfaS 2020d, Seite 13] ist nämlich zu lesen:

„3) Ob das angedachte Multifunktions-Landnutzungssystem wirklich praktikabel und auf Namibia und sein Biom anwendbar ist, kann nur die **Praxis** beantworten. Eine Partnerschaft könnte die **wissenschaftliche Notwendigkeit** zum Nachweis auslösen. Messung, Wiederholung, Methode, Disput, etc. auf wissenschaftlicher und praktischer Ebene ist notwendig.“

„4) Mit 1, 2 oder 3 Biomasse-Industrieparks, kombiniert mit einem starken **Verhaltenskodex** in der Partnerschaft, könnte ein Konzeptnachweis oder eine Falsifizierung in verschiedenen Bereichen (Niederschlagsmuster, Arten, Bodentypen) erfolgen. Spricht das Ergebnis gegen den Export oder gar die lokale Nutzung, ist das Schadenspotenzial begrenzt, solange die Ausbreitungsrate die Ernterate übersteigt.“

Der letzte Satz dieses Zitats ist nicht nachvollziehbar und zu bezweifeln, auch im Hinblick auf Abschnitt 9.

8. Vergleich der Szenarien 1 (Weideland) und 5 (Kraftwerk) von UNIQUE

8.1 Vorbehalte vom IfaS und von UNIQUE gegen Buschholz-Kraftwerke in Namibia

In Abschnitt 5.6 wurden methodische Fehler der Treibhausgas-Berechnungen des IfaS beschrieben, mit denen das IfaS sich bemühte zu zeigen, dass ein Holzexport nach Hamburg mit anschließender Verbrennung des Holzes in einem Heizkraftwerk günstiger für das Klima sei als die Erzeugung von elektrischem Strom in einem Buschholz-Kraftwerk in Namibia (siehe „Nota bene“ in [[IfaS 2020d](#), Seite 9]).

Das „Szenario Hamburg“ des IfaS orientiert sich vornehmlich an Szenario 1, aber auch an Szenario 5 der Forst-Beratung UNIQUE [[Seebauer 2019](#)]. Von Seebauer et al. wurden im Szenario 5 („Large-scale bush harvesting for electricity generation“) die spezifischen Treibhausgas-Emissionen des Einsatzes von Buschholz in einem namibischen **Biomasse-Kraftwerk** zur Stromerzeugung berechnet.

Entsprechend dem Untersuchungsauftrag des vorliegenden Gutachtens in Abschnitt 3 wird hier geprüft, inwieweit Szenario 5 („Kraftwerk in Namibia“) im Vergleich zu Szenario 1 („Wiederherstellung von Weideland“) in der Studie [[Seebauer 2019](#)] ungünstig behandelt wurde. Zu diesem Zweck wird ein ausführlicher Vergleich der beiden Szenarien 1 und 5 der Studie [[Seebauer 2019](#)] durchgeführt. Dabei wird zunächst in Abschnitt 8.3 noch keine Korrektur der in Abschnitt 5 erläuterten Fehler und Mängel vorgenommen. Vielmehr soll es hier darum gehen, eine mögliche „Benachteiligung“ von Szenario 5 oder „Bevorzugung“ von Szenario 1 in [[Seebauer 2019](#)] zu überprüfen. In Abschnitt 8.4 werden Ergebnisse für ein Biomasse-Kraftwerk in Namibia vorgestellt, bei denen die in Abschnitt 5 erläuterten Fehler und Mängel behoben wurden.

8.2 Die Szenarien 1 und 5 in der UNIQUE-Studie [[Seebauer 2019](#)]

In [[Seebauer 2019](#), Seite 42] gehört zum Szenario 1 der Wert 12,4 Tonnen für das nach der Ernte abtransportierte trockene Holz pro Hektar. Mit einem Konversionsfaktor von 0,95 ist mit insgesamt 13,05 Tonnen Holzernte pro Hektar bei der Biomasse-Entnahme zu rechnen (Zeile 1 in der folgenden Tabelle 11). Bei einer in [[Seebauer 2019](#)] gewählten Gesamt-Biomasse von 30,81 Tonnen pro Hektar verbleiben 17,76 Tonnen an nicht abtransportierter Biomasse. Bei Szenario 5, das Stromerzeugung aus Buschholz in Namibia repräsentiert, wurden von [[Seebauer 2019](#), Seite 50] 17,07 Tonnen pro Hektar für den Abtransport vorgesehen. Mit dem gleichen Konversionsfaktor sind das 18,0 Tonnen pro Hektar bei verbleibenden 12,8 Tonnen pro Hektar (Zeile 1 in Tabelle 11).

Infolge einer um 38 % größeren Holz-Entnahme bei Szenario 5 im Vergleich zu Szenario 1 wurden nun von Seebauer et al. vor allem beim Nachwachsen von holziger Biomasse und von Gras erhebliche Unterschiede angenommen. In Spalte 4 von Tabelle 11 sind diese stark unterschiedlichen und erklärungsbedürftigen Treibhausgas-Beiträge rot markiert. Für das Nachwachsen der Biomasse wurde in Szenario 5 nur etwa halb so viel angesetzt wie in Szenario 1 (Zeile 7). Für das Gras-Wachstum wurde in Szenario 5 der Wert 0 angesetzt, obwohl die Erweiterung der Viehhaltung genauso groß ist wie bei Szenario 1 (Zeile 8).

Der höhere Wert für den Holztransport zur Sammelstelle wird bei Szenario 5 nicht nur durch den Massen-Unterschied in Zeile 1 verursacht, sondern auch durch die Annahme eines Transportweges von 100 km bei Szenario 5 im Vergleich zu einem Transportweg von 50 km bei Szenario 1 (Zeile 5).

Der resultierende Unterschied der Gesamtwerte der Treibhausgas-Emissionen in Zeile 13 von Tabelle 11 fällt sehr deutlich aus: Szenario 1 steht insgesamt für eine Treibhausgas-Senke. Für Szenario 5 ergeben die Berechnungen von [Seebauer 2019] das Gegenteil: Die Stromerzeugung aus Buschholz in Namibia bildet für Seebauer et al. eine ganz erhebliche Treibhausgas-Quelle.

Szenario		Szenario 1 [Seebauer 2019]	Szenario 5 [Seebauer 2019]	Szenario 5 orientiert an [Brown 2018]
		t Holz / ha in 20 Jahren		
1	Biomasse-Entnahme	13,05	18,0	13,3
2	Verbleibende Biomasse	17,76	12,8	17,5
		t CO _{2e} / ha in 20 Jahren		
THG-Emissionen				
3	Biomasse-Entnahme	22,69	29,43	23,15
4	Ernte & Chipping	0,22	0,30	0,22
5	Transport	0,35	0,90	0,5
6	Emissionen aus den Böden	-9,86	-6,56	-9,86
7	Nachwachsen der Biomasse	-22,40	-10,56	-22,40
8	Nachwachsen des Grases	-10,27	0	-10,27
9	Aftercare - Arborizide	0,03	0,03	0,03
10	Tier-Emissionen	10,55	10,55	5,3
11	Pellet-Produktion	1,59	-	-
12	Substitution im Stromnetz von NamPower	-	-5,6	-9,7
13	Summe in 20 Jahren	-7,10	18,49	-23,06
		t CO _{2e} / MWh		
THG-Emissionen / MWh Energiegehalt				
14	Energiespezifische THG-Emissionen	-148	385	-480

Tabelle 11: Vergleich der Szenarien 1 und 5 von [Seebauer 2019] und Versuch einer Gleichbehandlung von Szenario 5 in der rechten Spalte und in Abschnitt 8.3. Rot hervorgehobene Beiträge werden im Text näher erläutert.

8.3 Gleichbehandlung der Szenarien 1 und 5 von [Seebauer 2019]

Daten zu dem in Namibia geplanten 40 MW-Biomasse-Kraftwerk, die den Planungen des Stromerzeugungs-Unternehmens NamPower entsprechen, finden sich bei [Brown 2018] und bei [Petrick 2020]. [Brown 2018] wird von Seebauer et al. auch zitiert. Orientiert an diesen Planungswerten wurden hier die Treibhausgas-Emissionen für das Szenario 5 nach dem in [Seebauer 2019] verwendeten Berechnungsverfahren neu bestimmt. Die Ergebnisse dieser Neuberechnung, die weiter unten im Einzelnen erläutert wird, finden sich in der rechten Spalte von Tabelle 11.

Es zeigt sich, dass für Szenario 5 die CO_{2e}-Emissionen pro Hektar in 20 Jahren von 18,5 Tonnen auf -23,1 Tonnen sinken (Bild 13). Das bedeutet, dass die Nutzung von Buschholz für die Stromerzeugung in Namibia nach Szenario 5 mit den Planungsdaten von NamPower nach dem Berechnungsverfahren von UNIQUE wesentlich klimafreundlicher wäre als die Nutzung des Buschholzes nach Szenario 1 (Gewinnung von Weideland mit energetischer Verwertung von Holz in Form von Pellets), wobei im Szenario 1 die Treibhausgas-Emissionen eines Transports von Holzpellets nach Europa noch nicht berücksichtigt sind (Bild 14).

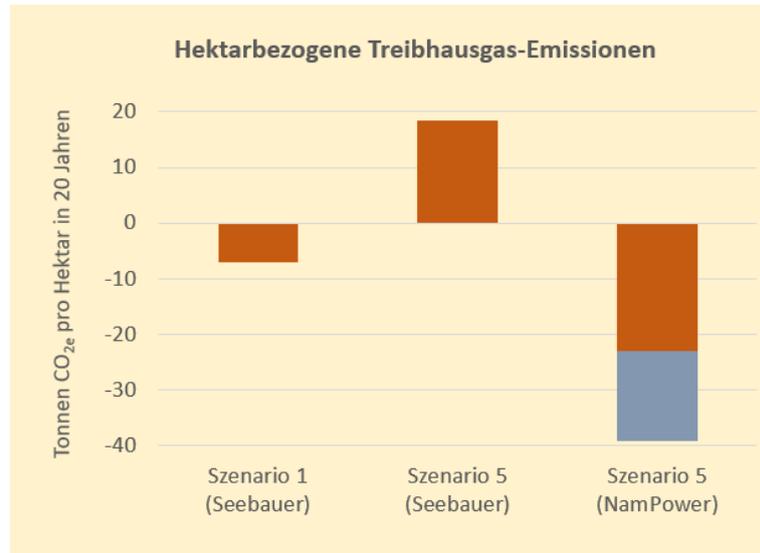


Bild 14: Treibhausgas-Emissionen nach [Seebauer 2019] in Tonnen CO_{2e} pro Hektar in 20 Jahren für die Szenarien 1 und 5 und für das Szenario 5 mit Planungsdaten nach NamPower (rechts). Negative Werte signalisieren Treibhausgas-Senken. Die Berechnungen folgten dem Rechenverfahren von [Seebauer 2019] und berücksichtigen nicht die in Abschnitt 5 behandelten Fehler und Mängel von [Seebauer 2019]. Der grau gefärbte Abschnitt rechts kennzeichnet einen Bereich zwischen dem kleinsten und dem größten Betrag der Substitution von Strom im namibischen Stromnetz. Erläuterungen im Text.

Die wesentlichen Veränderung in Spalte 5 von Tabelle 11 im Vergleich zu Spalte 4 werden hier zu ausgewählten Zeilen erklärt:

Zeile 3 ff: [Brown 2018] und [Petrick 2020] geben für die Kraftwerksplanung eine Biomasse-Entnahme von 12,65 Tonnen Trockenmasse pro Hektar an. Dieser Wert ist sehr ähnlich der Angabe von 12,40 Tonnen bei Seebauer für Szenario 1, während von Seebauer et al. für Szenario 5 die viel größere Entnahme 17,07 Tonnen vorgesehen war. Damit entfallen die Begründungen von Seebauer für seine bei Szenario 5 gegenüber Szenario 1 veränderten Werte in den Zeilen 3, 4, 7 und 8 von Tabelle 11.

Zeile 5 (Transport): Bei [Brown 2018] und [Petrick 2020] wird ein Ernteradius von 100 km genannt. [Seebauer 2019] rechnet für Szenario 1 mit einem Ernteradius von nur 50 km. Wenn man bedenkt, dass ein Biomasse-Industriepark nach dem IfaS 250.000 t Holz pro Jahr verarbeiten soll und [Petrick 2020, Seite vii] 245.000 t Holz pro Jahr für ein 40 MW-Biomasse-Kraftwerk vorsieht, so ist auch hier eine Angleichung angebracht.

Zeile 10 (Tier-Emissionen): [GIZ, NamPower 2018] geben an, dass vor der Buschdünnung mit 17 ha für eine Vieheinheit, nach der Buschdünnung mit 10 ha gerechnet wird. Das zeigt in die Richtung einer bereits bei Tabelle 6 in Abschnitt 5.4 behandelten Korrektur. Der Emissionswert für die Viehhaltung wurde daher in der rechten Spalte halbiert.

Zeile 15 (Substitution im Stromnetz von NamPower): [Seebauer 2019] verwendete ungünstige Kennwerte für die Stromerzeugung des Kraftwerks. Die Studie rechnete mit einem Heizwert von 3,5 MWh pro t Holz und einem elektrischen Wirkungsgrad des Kraftwerks von 22 %. Die entsprechenden Werte von NamPower bei [Petrick 2020] sind deutlich größer: Hier wird mit einem Heizwert von 14,7 MJ / kg (4,08 MWh / t) und einem Netto-Wirkungsgrad von 28 % bis 30 % gerechnet. Das bedeutet, dass durch den Einsatz des Buschholzes entsprechend den Planungen von NamPower gemäß [Petrick 2020] erheblich mehr Strom erzeugt wird als bei [Seebauer 2019]. Infolgedessen ist der Betrag der substituierten Treibhausgase mit 9,7 t CO_{2e} pro ha in 20 Jahren erheblich größer als bei [Seebauer 2019] mit 5,6 t CO_{2e} pro ha in 20 Jahren.

[Seebauer 2019] und [Birch 2016] rechnen bei der Substitution im Rahmen des namibischen Strommixes nach einer Table 9 in [Hulett 2012] mit einem Emissionsfaktor von 0,4898 t CO₂ pro MWh Strom. Diese Tabelle wird in [Seebauer 2019, Seite 33] als Table 6 wiedergegeben einschließlich leicht erkennbarer Fehler.¹²

[Seebauer 2019, Seiten 4 und 51] weist zu Recht darauf hin, dass durch einen Ersatz des Kohlestroms (vor allem aus Südafrika) mit Strom aus dem geplanten Biomasse-Kraftwerk erheblich mehr Treibhausgas-Emissionen eingespart werden könnten als wenn nur ein Teil des Strommixes im namibischen Stromnetz ersetzt würde. Wenn der Kohlestrom aus Südafrika entsprechend Table 9 von [Hulett 2012] (Import Eskom) mit einem Emissionsfaktor von 1,06 t CO_{2e} / MWh ersetzt wird, dann beträgt der Substitutionsbetrag 25,9 t CO_{2e} / ha in 20 Jahren. Wenn der Netz-Emissionsfaktor 0,87 t CO_{2e} / MWh nach [UNFCCC 2018] für den Southern African Power Pool (SAPP) zu Grunde gelegt wird, beträgt der Substitutionsbetrag 20,5 t CO_{2e} / ha in 20 Jahren. In Bild 14 ist der in Frage kommende Bereich für diese Erweiterungen grau gefärbt.

In den Szenarien 1 und 5 von [Seebauer 2019] wird ein schwer nachvollziehbarer Anteil der abgeschnittenen Biomasse nicht abtransportiert, sondern bleibt liegen. Diese Besonderheit wurde bei den hier vorgenommenen Vergleichsberechnungen nicht berücksichtigt. Die liegende Biomasse wurde wie stehende Biomasse behandelt.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass durch die Annahme mehrerer Parameter, die ungünstig von den vom Stromversorger NamPower selbst angegebenen Parametern abweichen, in der Studie [Seebauer 2019] ein Ergebnis herbeigeführt wurde, das die berechneten Treibhausgas-Emissionen des geplanten 40 MW-Biomasse-Kraftwerks in Namibia sehr stark vergrößerte und somit das von der GIZ bevorzugte Szenario 1 (Rückgewinnung von Weideland) erheblich begünstigte.

¹² In Zeile 5, Spalte 2 fehlt eine Null. Auch nach dieser Ergänzung scheinen noch kleinere Unstimmigkeiten in dieser Tabelle vorzuliegen.

8.4 Korrigierte Bewertung des Kraftwerks-Szenarios 5 der Studie von UNIQUE

Bild 15 zeigt die Treibhausgas-Bilanz für das Kraftwerks-Szenario 5 von [Seebauer 2019] nach Durchführung von Verbesserungen wie in Abschnitt 8.3 und nach zusätzlichen Korrekturen entsprechend Abschnitt 5, in dem Fehler und Mängel der Berechnungen des IfaS und von UNIQUE beschrieben wurden. Die Darstellung ist analog zu Bild 8. Die Treibhausgase eines Zeitraums von 20 Jahren wurden also auf den Energiegehalt des Energieträgers Holzschnitzel bezogen. Emissionsfaktoren für den erzeugten elektrischen Strom werden nicht gezeigt.

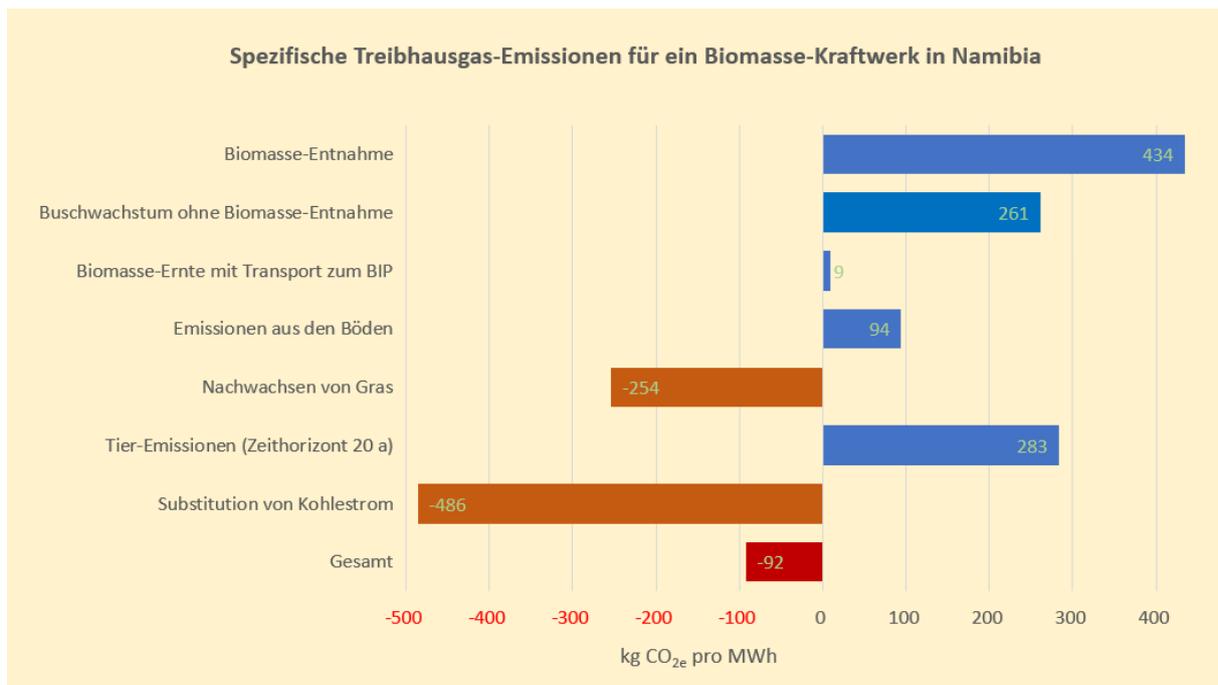


Bild 15: Treibhausgas-Bilanz für das Kraftwerks-Szenario 5 von [Seebauer 2019] nach Berücksichtigung von Parametern von NamPower und nach Durchführung von Korrekturen entsprechend Abschnitt 5.

Das Ergebnis (roter Balken „Gesamt“) hängt erheblich von der Größe des angenommenen Betrags der Stromsubstitution ab. Wird wie in Bild 15 angenommen, dass Kohlestrom von Eskom aus Südafrika ersetzt wird, so kann das geplante Biomasse-Kraftwerk in Namibia als klare Treibhausgas-Senke bewertet werden, da die Gesamtemissionen mit -92 kg CO_{2e} pro MWh Energiegehalt negativ sind. Wird dagegen der gegenwärtige Strommix Namibias substituiert, so ergibt sich ein Wert der Gesamtemissionen von 394 t CO_{2e} pro MWh Energiegehalt der Holzschnitzel.

Hier ist darauf hinzuweisen, dass eine Berücksichtigung von Stromsubstitutionen bei einem Buschholz-Einsatz in Hamburg nicht am Platz wäre, weil in Hamburg nach dem Hamburger Klimaplan 2019 [Klimaplan 2019] Höchstgrenzen für die Treibhausgas-Emissionen einzuhalten sind. Bis 2030 soll der CO₂-Ausstoß Hamburgs um 55 Prozent gegen das Basisjahr 1990 sinken, bis 2050 mindestens um 95 Prozent.

9. Ist ein Export von Buschholz aus Namibia notwendig?

9.1 Verfügbare Busch-Biomasse in Namibia

Die GIZ und das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) behaupten, in Namibia würde so viel Buschholz zuwachsen, dass der heimische Markt bei weitem nicht in der Lage sei, diesen Zuwachs zu stoppen. Daher müsse Buschholz in großem Umfang **exportiert** werden und hierfür müssten industriellen Ernte-Methoden eingeführt werden. Bei einem Bestand an Busch-Biomasse von mehr als 450 Mio. Tonnen müssten jedes Jahr 18 Mio. Tonnen verwertet werden, um die Verbuschung im Jahr 2030 wenigstens zu stoppen ([Heck 2020, Seite 3]). Das entspricht einem Wachstum der Busch-Biomasse von 4 Prozent pro Jahr. Zu sehr unterschiedlichen Angaben, allein schon beim IfaS, vgl. Tabelle 16 auf Seite 78.

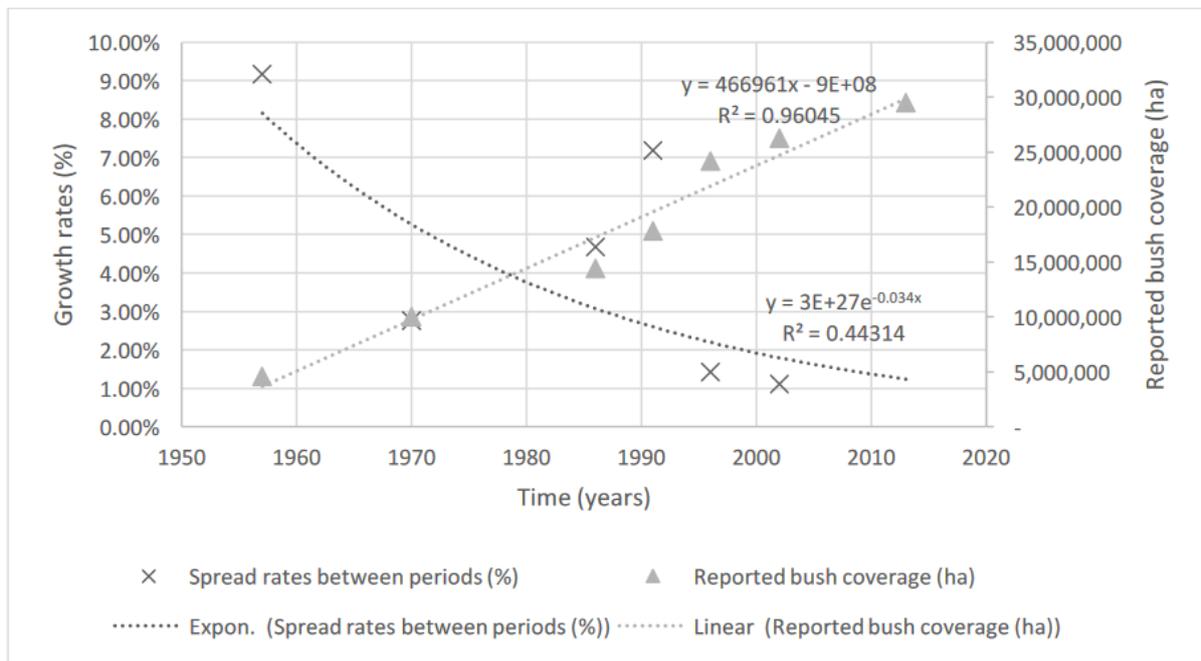


Bild 16: Verbuschte Fläche in Namibia abhängig von der Zeit. Rechte Skala in Hektar. Quelle: [Honsbein 2016, Seite 187]

Ähnliches verlautete die Hamburger Umweltbehörde BUKEA kürzlich in einer Darstellung [BUKEA 2020]. Danach würde für das Jahr 2030 ein natürlicher Zuwachs an Busch-Biomasse von ca. 19,2 Mio. Tonnen pro Jahr prognostiziert bei einer heimischen Nutzung in Namibia von 3,9 Mio. Tonnen Busch-Biomasse pro Jahr:

„Das heißt: in Namibia nimmt die Verbuschung weiter zu – selbst bei einer vollständigen Ausnutzung von lokalen und regionalen Nutzungspotenzialen. Nur wenn die Busch-Biomasse auf internationale Märkte exportiert werden kann, besteht die Chance, dass sich die Verbuschung in Namibia erfolgreich bekämpfen lässt.“ ([BUKEA 2020])

Mit diesen Werten für den Bedarf des heimischen Marktes müsste es bei einem Durchsatz eines vom IfaS vorgeschlagenen Biomasse Industrieparks (BIP) von 250.000 Tonnen Holz pro Jahr im Jahr 2030 in Namibia schon etwa 60 derartige Industrieparks geben!

Die Behauptung, Exporte von Buschholz auf internationale Märkte seien notwendig, um die Verbuschung in Namibia aufzuhalten, wird in diesem Abschnitt genauer untersucht. Die zurzeit verlässlichste Quelle über den Umfang verbuschter Flächen in Namibia ist die 330 Seiten starke Masterarbeit von Dagmar Honsbein aus dem Jahr 2016, aus der Bild 16 stammt.

Mit Hilfe einer Formel in [[Honsbein 2016](#), Seite 186] lässt sich leicht ermitteln, dass im Jahr 2020 mit einer Fläche von etwa **33 Mio. Hektar** verbuschten Landes zu rechnen sei. Das sind 40 % der Fläche Namibias. Hierbei geht es nicht nur um besonders stark verbuschte Flächen, sondern um Flächen mit unterschiedlichen Graden an Verbuschung.

Viel größere Werte bis hin zum Doppelten des Wertes von Honsbein sind in letzter Zeit gehäuft zu finden wie in [[Lindeque 2020](#)] und in [[carbon capital 2020](#), figures 5 and 6].

Nach [[Midgley 2005](#), figure 17, table 2] wird allerdings der Flächenanteil der Wüste (Desert) in Namibia von 2005 bis 2080 von 33 % auf 42 % steigen. Der Anteil von Grassavanne bis verbuschter Savanne wird von 67 % auf 52 % sinken (Bild 17). Daher entsprechen Angaben wie die der zitierten Autoren wohl zum Teil nur dem Wunschdenken interessierter Kreise. Anzumerken ist, dass manche Autoren es für zweifelhaft halten, ob etwa drei Prozent an Buschholz jährlich zuwachsen ([[Archer 2017](#), Text Box 2.1], [[Joubert 2012](#)], [[Joubert 2017a](#)] und [[Rohde 2012](#)]).

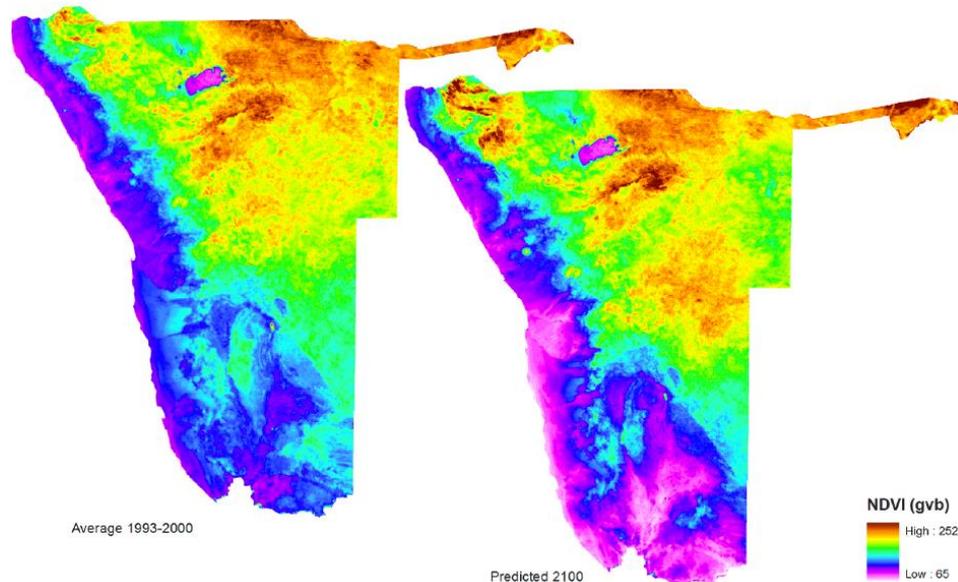


Bild 17: Normierter Differenzierter Vegetationsindex (NDVI) für Namibia um das Jahr 2000 und mit einer Vorhersage für 2100. Quelle: [Tarr o.J.]

Honsbein gibt auf der Basis ihrer Zahlenwerte 3,18 % als Verbuschungsrate pro Jahr an. Damit ergibt sich rechnerisch eine zusätzlich verbuschte Fläche von **1,05 Mio. Hektar pro Jahr**.

Ein beträchtlicher Anteil der verbuschten Fläche geht allerdings durch **Buschbrände** verloren. Ende des Jahres 2020 wurden Verluste an Buschflächen durch Feuer auf Farmen von 0,10 Mio. Hektar ([AZ 2020a] u. a.) und durch ausgedehnte Buschfeuer im Etoscha-Nationalpark von 0,25 Mio. Hektar bekannt ([AZ 2020b]). In der Tagespresse wird nicht über alle Buschbrände berichtet. Dazu kommen die nicht genau bekannten Buschverluste bei der Bildung von Feuerschneisen, mit denen Brände aufgehalten werden sollen.

Für 2016 wird in Table 6.17 von [NAM 2020b] für OWL-Gebiete ein Flächenverlust durch Wildfeuer von 0,965 Mio. Hektar angegeben. Gegenüber den Vorjahren war dabei ein starker Rückgang zu verzeichnen. OWL („other wood lands“) umfasst Gebiete, die nicht zu Waldland und Grasland gehören, also vor allem verbuschte Gebiete.

Unter der Annahme, dass dieser Wert inzwischen auf die Hälfte zurückgeführt werden konnte, verbleibt ein geschätzter Zuwachs von verbuschten Flächen von circa **0,60 Mio. Hektar pro Jahr** (Tabelle 12). Mit der Klimakrise ansteigende Temperaturen können in Zukunft zu höheren Flächenverlusten durch Feuer führen, auch wenn versucht wird, Brandursachen wie die Holzkohle-Erzeugung besser zu kontrollieren ([AZ 2020c]).

[Rothauge 2014] gibt für 2014 an, dass fast 0,128 Mio. Hektar Farmland pro Jahr chemisch, manuell oder mechanisch gegen Verbuschung behandelt worden sei. Diese Buschkontrolle wird hier nicht berücksichtigt, da nicht klar ist, ob chemische Buschkontrolle noch in diesem Ausmaß eingesetzt wird.

Verbuschte Fläche in Namibia	Mio. Hektar pro Jahr
Jährlicher Zuwachs nach Honsbein	1,05
Nach Verlusten durch Buschfeuer und Ähnliches	0,60

Tabelle 12: Effektiver jährlicher Zuwachs an verbuschten Flächen in Namibia

Die Rate der Zunahme verbuschter Flächen darf nicht mit der Rate des Zuwachses an verwertbarer Biomasse verwechselt werden. Für die Verluste durch Buschfeuer ist der Flächenbezug aber angemessen.

Nach dem Verlust an Holz-Biomasse durch Feuer ist ein weiterer Effekt zu berücksichtigen: Gemäß allgemeiner Übereinstimmung sollte nur ein Anteil von etwa einem Drittel der verbuschten Flächen abgeerntet werden. Nach Angaben in [Seebauer 2019] sollen in stark verbuschten Gebieten von einer stehenden Biomasse von 30,81 Tonnen pro Hektar 9,6 Tonnen Buschholz (trocken) geerntet und abgefahren werden. Der Rest soll stehen- oder liegenbleiben, um eine Degradierung der Böden zu verhindern und Graswachstum zu fördern. Mit den höheren Werten von [IfaS 2020b] wird hier nicht verglichen, da diese nur für besonders stark verbuschte Gebiete gelten dürften. Mit rund 31 % der pro Hektar verfügbaren Busch-Biomasse (9,6 / 30,81) sollten also **5,8 Mio. Tonnen** Biomasse pro Jahr geerntet und abgefahren werden, um die Zunahme der verbuschten Flächen zu stoppen (Tabelle 13).

Nun eignet sich nicht jede Fläche für eine Ernte von Buschholz. Dem Umweltverträglichkeitsbericht [Petrick 2020] für das von NamPower geplante 40-MW-Biomasse-Kraftwerk ist zu entnehmen, dass hier rund 40 % der für eine Buschholzernte in Frage kommenden Flächen nicht geeignet sind (Gebiete entlang ephemerer Wasserläufe; felsige Gebiete und Berge; geneigte Gebieten mit mehr als 12,5 ° Steigung; formell geschützte Gebiete oder Gebiete innerhalb abgegrenzter Pufferzonen). Abzuziehen sind auch Flächen, für die die Besitzerinnen und Besitzer keine Entbuschung wünschen. In der Studie [carbon capital 2020, Seite 20] werden sogar 60 % der gesamten verbuschten Fläche als nicht für eine zum Export bestimmte Ernte betrachtet.

Beim Ansatz einer Ausfallrate von nur 35 % verbleiben noch **3,7 Mio. Tonnen** jährlicher Buschholz-Ernte als Voraussetzung für einen Stopp der Verbuschung Namibias (Tabelle 13).

Jährliche Buschholz-Ernte	Mio. Tonnen pro Jahr
Erforderliche Ernte	5,8
Beschränkt auf nutzbare Flächen	3,7

Tabelle 13: Erforderliche jährliche Buschholz-Ernte, um die Verbuschung in Namibia zu stoppen

9.2 Einsatz von Busch-Biomasse auf dem heimischen Markt in Namibia

Dem Wert 3,7 Mio. Tonnen Buschholz pro Jahr in Tabelle 13 als Voraussetzung für den Stopp einer weiteren Verbuschung, der um etwa einen **Faktor 5** (!) geringer ist als der vom IfaS angegebene Wert von 18 Mio. Tonnen Buschholz pro Jahr, stehen Bedarfswerte gegenüber, die in absehbarer Zeit für den heimischen Buschholzmarkt in Namibia erwartet werden.

Jährlicher Buschholz-Bedarf	Mio. Tonnen pro Jahr
Holzkohle allgemein	1,2
80 MW Biomasse-Kraftwerk	0,5
Ohorongo Zementwerk	0,1
Wärmenutzer wie Brauereien	0,1
Feuerholz	0,6
Zaunpfähle	0,2
Tierfutter	0,05
Bauelemente	0,4
Summe	3,1

Tabelle 14: Vorausssehbarer Bedarf von Buschholz für den heimischen Markt in Namibia

Tabelle 14 enthält eine eigene Abschätzung mit einem Bedarf von insgesamt 3,1 Mio. Tonnen Buschholz pro Jahr. Im Ansatz für Holzkohle ist der geplante Ausbau der Otjiwarongo Charcoal Factory von UNIDO und Finnland enthalten. Für die traditionelle Holzkohleerzeugung wurden 5 Tonnen Holz pro Tonne Holzkohle wie im Umweltverträglichkeitsbericht [Petrick 2020, Abschnitt 7.11.5.1] verwendet. Weitere Werte in dieser Tabelle sind vergleichbar mit den Bedarfs-werten in einer Grafik von [IfaS 2020g].

In Tabelle 15 werden die eigenen Abschätzungen mit denen des IfaS verglichen. In [IfaS 2020g] gab das IfaS an, 2020 würden voraussichtlich 1,85 Mio. t Busch-Biomasse genutzt (Tabelle 17). Inklusiv der geplanten Kraftwerke wird für 2030 eine Nutzung von 3,9 Mio. t Busch-Biomasse prognostiziert bei einem natürlichen Zuwachs an Busch-Biomasse bis dahin von ca. 19,2 Mio. t im Jahr.

Heimischer Bedarf in Mio. Tonnen pro Jahr		Verbuschungsstopp durch eine Biomasse- Ernte in Mio. Tonnen pro Jahr	
Eigene Abschätzung	Abschätzung des IfaS für 2030	Eigene Abschätzung	IfaS und BUKEA
3,1	3,9 bis 6	3,7	19,2

Tabelle 15: Vergleich der eigenen Abschätzung und der entsprechende Werten des IfaS für den namibischen Eigenbedarf (links) und für einen Verbuschungsstopp (rechts)

Tabelle 15 zeigt, dass die auf das IfaS zurückgehende Abschätzung des heimischen Bedarfs Namibias von 3,9 Mio. Tonnen Buschholz pro Jahr für 2030 ([BUKEA 2020]) größer ist als der in der vorliegenden Untersuchung ermittelte Schätzwert einer möglichen Buschholzernte von 3,7 Mio. Tonnen pro Jahr für einen Verbuschungsstopp.

Der hier abgeschätzte Wert für einen Verbuschungsstopp 3,7 Mio. Tonnen pro Jahr ist um einen Faktor fünf kleiner als der Wert des IfaS, weil vom IfaS bei der Berechnung seines Wertes 19,2 Mio. Tonnen pro Jahr wichtige Fakten übersehen wurden: Verluste durch Feuer, nicht nutzbare verbuschte Gebiete und Busch-Ausdünnung statt Kahlschlag von verbuschten Gebieten.

Viele der Literatur-Angaben zu verbuschten Flächen, zu deren Buschholzgehalt und zu den Zuwächsen sind mit beträchtlichen Unsicherheiten behaftet. Unsere Berechnungen zeigen aber, dass voraussichtlich kein Export des Rohstoffes Buschholz aus Namibia nötig sein wird, um eine weitere flächenmäßige Zunahme der Verbuschung zu vermeiden. Eine Verdickung der Verbuschung in nicht abgeernteten Flächen ist vorteilhaft, da sie einer Speicherung von CO₂ dient.

Auch Werte für die verbuschte Fläche, die erheblich höher sind als diejenigen von [Honsbein 2016], wie die in [Lindeque 2020] oder die in [NAM 2020b, Seite 112] mit 43 Mio. Hektar, ergeben keine überzeugenden Begründungen für einen großmaßstäblichen Export von Holz-Biomasse, da es auch Möglichkeiten gibt, die heimische Nutzung von Busch-Biomasse erheblich zu steigern. In [IfaS 2020b, Seite 161] und in [IfaS 2020f, Seite 16] wird festgestellt, dass

es unwahrscheinlich sei, dass Namibias eigener Bedarf an Busch-Biomasse 6 Mio. Tonnen pro Jahr übersteigen könne. Dieser Wert ist doppelt so hoch wie der hier ermittelte in Tabelle 15.

Nach dem Nationalen Land Degradation Neutrality Report 2015 von Namibia [[Nam 2015](#)] gilt das Ziel, bis 2040 die Verbuschung um 18.880 km² zu reduzieren. Wenn dies als Vorgabe für eine zusätzliche Reduzierung der Verbuschung verstanden wird, so ergeben sich innerhalb von 25 Jahren 0,076 Mio. Hektar pro Jahr für eine Reduzierung der Verbuschung. Der Eingangswert von 1,05 Mio. Hektar pro Jahr erhöht sich dadurch auf 1,13 Mio. Hektar pro Jahr. Das Ergebnis der gesamten Abschätzung – keine Notwendigkeit eines Exports von Holz für eine energetische Nutzung – verändert sich damit nahezu nicht.

Ein Schreiben des Bundesministeriums für wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit [[BMZ 2020](#)] enthält eine Abwägung zwischen klimaschädlichen Emissionen und Vorteilen für die Bevölkerung Namibias:

„Der Erhalt der Biodiversität und der wirtschaftlichen Nutzbarkeit entsprechender Flächen werden dabei aufgrund ihrer Bedeutung für den Lebensunterhalt der lokalen Bevölkerung aus nationaler Perspektive höher bewertet als eine eventuell mögliche Zunahme von Emissionen durch die Ausdünnung des Buschbestands.“

Eine solche Abwägung sollte von der namibischen Gesellschaft und nicht vom BMZ oder der GIZ durchgeführt werden. Das gilt umso mehr, wenn für eine ausreichende „Ausdünnung des Buschbestands“ ein Export des Rohstoffs Holz gar nötig ist.

Auf die Auswirkungen einer zum Zweck des Holzexports industrialisierten Buschernte auf die sozialen Probleme Namibias, insbesondere auf die zu erwartende stark negative Job-Bilanz, sei hier nur hingewiesen ([\[HET 2020d\]](#)).

10. Alternativen zu einem Buschholz-Export aus Namibia

Es ist in hohem Maße problematisch, die Art der Nutzung von Buschholz in Namibia in erster Linie an der Nachfrage nach bestimmten Produkten auf dem globalen Weltmarkt auszurichten. Für die von diesen Märkten ausgesandten Signale spielt die Zukunftsfähigkeit von Investitionen leider oft 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 für das Grillvergnügen existieren.

Wie das vorliegende Gutachten ergeben hat, ist der energetische Einsatz von Buschholz aus Namibia in Europa mit großer Wahrscheinlichkeit klimaschädlicher als der von Steinkohle und daher aus Sicht des Klimaschutzes zweifellos nicht nachhaltig.

Im Zusammenhang mit dem Rückgang der Nutzung von Erdöl wird der Bedarf an stofflicher Nutzung von Biomasse in den nächsten Jahrzehnten erheblich zunehmen ([[WBGU 2008](#), Seite 136]).

Ein stofflicher Einsatz nach den Leitprinzipien der Kaskadennutzung ist einer Verbrennung von frisch geernteter Biomasse bei weitem vorzuziehen, weil dabei das Kohlenstoffdioxid, das beim Pflanzenwachstum der Atmosphäre entzogen wurde, für lange Zeit klimafreundlich gespeichert bleiben kann ([[UBA 2017](#)]). 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](#)]). In [[SRU 2020](#)] wird die Kaskadennutzung als „die ressourceneffiziente Nutzung jedweder Biomasse nach dem Kreislaufprinzip“ definiert. Die Bundesregierung unterstützt die Kaskadennutzung von Holz, wo dies möglich und sinnvoll ist, um die Biomasse möglichst effizient zu nutzen ([[BMWi 2020](#)]).

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 geschildert 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 eine unmittelbare Verbrennung von Buschholz und sieben Arten des stofflichen Einsatz jeweils auf zwei Seiten beschrieben. Ein Teil der stofflichen Nutzungsarten, die nicht randständig sind, verspricht höhere Wertschöpfung in Namibia selbst und erheblich geringere Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zu einer zeitnahen Verbrennung, da eine mögliche energetische Nutzung in der Endstufe einer Kaskade 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 zukunftssträchtig 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 Mbelherstellung sein. Nicht alle stofflichen Anwendungsmöglichkeiten wie in [EU-Leitfaden 2019] werden in [Trede 2015] aufgeführt. Beispielsweise wurde die Nutzbarkeit von Buschholz zur Herstellung von Dämmstoffplatten in [Trede 2015] nicht diskutiert.

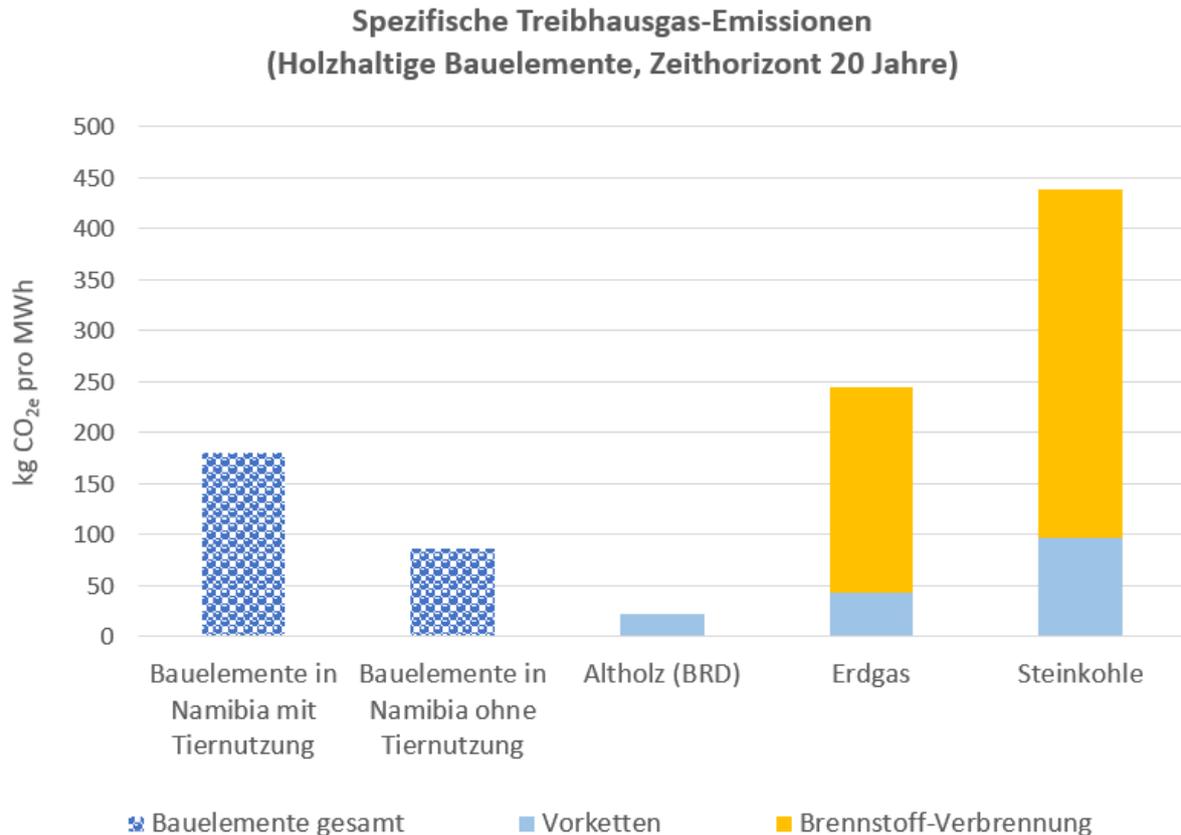


Bild 18: Treibhausgas-Emissionen von in Namibia unter Verwendung von Buschholz hergestellten Holzbauelementen im Vergleich zu Treibhausgas-Emissionen von Energieträgern in Hamburg bei einem Zeithorizont von 20 Jahren (Bezug zum „verbesserten Szenario Hamburg“)

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 Prflicht 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,¹³ vor allem von Holz anstelle von Zement.

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

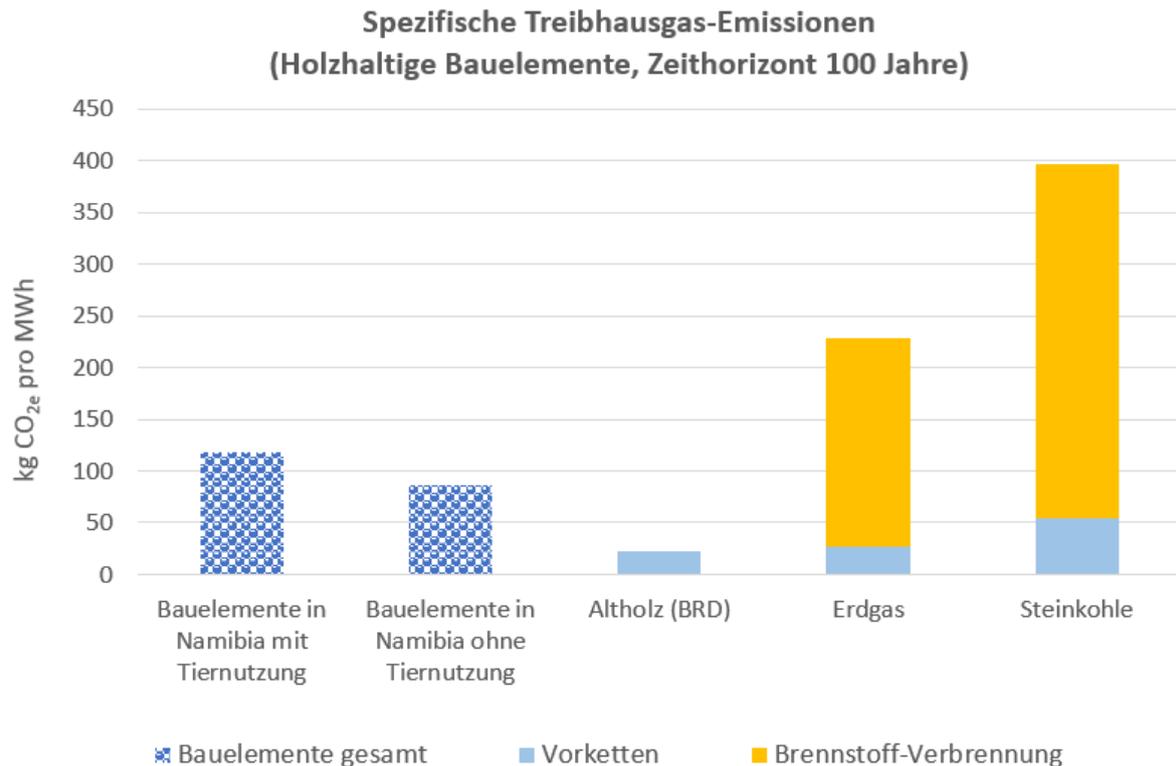


Bild 19: Treibhausgas-Emissionen von in Namibia unter Verwendung von Buschholz hergestellten Holzbauelementen im Vergleich zu Treibhausgas -Emissionen von Energieträgern in Hamburg bei einem Zeithorizont von 100 Jahren (Bezug zum „verbesserten Szenario Hamburg“)

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 abgesehen von Grundstoffen für die Papierherstellung so gut wie keine stoffliche Verwendung. Dass zur stofflichen Nutzung der Harthölzer in Namibia Weiterentwicklungen von Maschinen

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

und Verfahren nötig sind, sollte nicht überschätzt werden. Denn für die Pläne der GIZ und des IfaS gilt dies ebenfalls, wie schon länger bekannt ist [[NRGen 2016](#)].

Mit den Bildern 18 und 19 soll angedeutet werden, welche Treibhausgas-Bilanzen sich für eine stoffliche Nutzung von Buschholz ergeben würden. Den Berechnungen für diese Bilder wurde das „Szenario Hamburg“ ohne Pelletierung und Holznutzung in Hamburg zugrunde gelegt. Emissionen für die Herstellung von Bauelementen wurden nicht berücksichtigt. Zur Orientierung wurden die Berechnungsergebnisse wie in Bild 9 im Vergleich zu den für den Einsatz in Heizkraftwerken vorgesehenen Energieträgern in Hamburg dargestellt. Unterschieden wird zwischen einer Nutzung der Hälfte der abgeholzten Flächen für die Viehzucht und einem vollständigen Verzicht auf diese Nutzung.

Da das Holz nicht verbrannt wird, ergeben sich wesentlich niedrigere Treibhausgas-Emissionen als beim Einsatz von Buschholz in Kraftwerken wie in Bild 9. Einschränkend ist darauf hinzuweisen, dass für die Bilder 17 und 18 eine erfolgreiche Umsetzung des zu Grunde liegenden „Szenarios Hamburg“ ohne die Anteile einer Pelletierung und einer energetischen Verwertung in Hamburg vorausgesetzt wurde.

Soweit eine Nutzung von Buschholz sich mit den Verpflichtungen Namibias als Beitrag zum Klimaschutzabkommen von Paris überhaupt verträgt, wäre daher zu wünschen, dass Namibia von der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) stärker bei Vorbereitungen für die Herstellung von holzhaltigen Bauelementen und anderen stofflichen Anwendungen in Namibia unterstützt wird.

Anhang 1 Fehler, Unstimmigkeiten und Mehrdeutigkeiten beim IfaS und bei UNIQUE

In Abschnitt 4.1 wurde darauf hingewiesen, dass die dort aufgezählten sieben unterschiedlichen Quellen des IfaS für das „Szenario Hamburg“ teilweise nicht gut auf einander abgestimmt sind und auch innerhalb einer Quelle wie der Machbarkeitsstudie [[IfaS 2020b](#)] irritierende Unterschiede auftreten, insbesondere bei den Werten der Berechnungs-Parameter.

Es ist aufwändig, diese Unstimmigkeiten von nicht ausgereiften Quellen in einer Weise einzuordnen, bei der klar wird, wo es sich nur um Inkonsistenzen ohne deutliche Auswirkung auf die Ergebnisse der Berechnungen vom IfaS handelt und wo es andererseits um folgenreiche Widersprüche und Fehler geht.

Daher werden hier als Erleichterung für andere Interessierte, die sich mit den Darstellungen und Berechnungen des IfaS zu den Treibhausgas-Emissionen von Biomasse aus Namibia beschäftigen, einige Unstimmigkeiten dargestellt, die bei der Befassung mit diesen Quellen gefunden wurden. Es ist zu vermuten, dass es weitere Unstimmigkeiten und Fehler gibt, die nicht ohne weiteres erkennbar oder nachweisbar sind, vor allem wegen des Mangels an Literatur- und Quellenangaben durch die Autoren des IfaS.

Methodische Fehler und Rechenfehler:

- Eine Reihe von Fehlern und Mängeln der Berechnungen des IfaS und von UNIQUE in [[Seebauer 2019](#)] wurden im Abschnitt 5 beschrieben.
- In Abschnitt 6.3 wurden unter den Stichworten „3) Biomasse-Ernte mit Transport zum Biomasse-Industriepark“ und „9) Treibhausgas-Emissionen des Transports der Holzpellets nach Hamburg“ mehrere Berechnungsfehler moniert.

Unstimmigkeiten und Mehrdeutigkeiten:

Heizwerte: Auf Seite 34 von [[IfaS 2020b](#)] wird in der Bildunterschrift der Heizwert von Holzpellets falsch mit „5 MWh / kg“ angegeben. Einige Zeilen weiter wird die Einheit berichtet zu 5 MWh / t.

Auf Seite 37 wird der Wert 5 MWh / t richtig 9,6 t Holzpellets pro Hektar zugeordnet. In Table 16 auf Seite 131 wird Wood Chips ein Heizwert von 4,3 MWh / t zugeordnet, Pellets aber ein Heizwert von 5,8 MWh / t. Dieser höhere Wert korrespondiert offenbar mit der Feststellung auf Seite 91, wo mitgeteilt wird, dass erste Versuche zur Pelletisierung von Buschholz Heizwerte von mehr als 21.000 MJ / kg ergeben hätten (5,8 MWh / t). Sollte dieser höhere Wert erreichbar sein, dann müsste die Holzpellet-Masse pro Hektar angepasst werden.

Nutzungsanteile an der verbuschten Fläche: Flesch rechnet in [[IfaS 2020c](#)] auf Seite 11 mit einer „bush thinning rate“ von 33,3 %. Im Allgemeinen wird aber ein Nutzungsanteil von 30 % angegeben, so auch von Flesch auf Seite 5.

Auf Seite 4 von [IfaS 2020d] findet sich unter der Überschrift „Multifunctional land-use system“ ein irritierendes Ungefähr-Gleich-Zeichen, das bedeuten würde, dass 21.000 ha/a ungefähr gleich $6.800 * 6$ ha/a wären (Bild 20). Eine Nachfrage beim Autor F. Flesch erhöhte eher die Irritation, als dass sie diese auflöste.

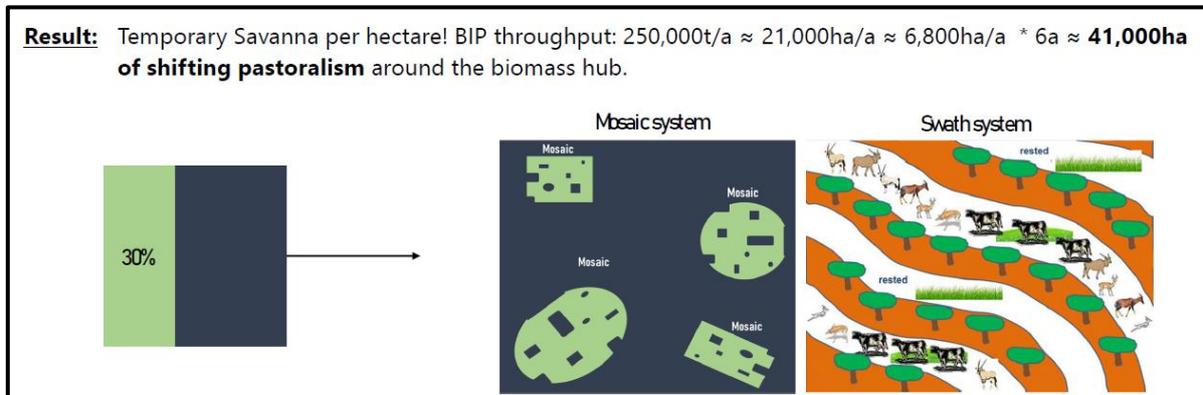


Bild 20: Ausschnitt aus [IfaS 2020d, Seite 4], oben mit einer eigenartigen Zeile „Result“ zur Nutzungsart bei der Buschholzernte. Erläuterungen im Text.

Dass sich von 21.000 ha bei einer Entnahme von 12 t Biomasse etwa 250.000 t Biomasse ernten lassen, ist nachvollziehbar. Dass 6.800 ha mal 6 ungefähr 41.000 ha ergeben ebenfalls. Aber welche Bedeutung haben dieser zweite Teil der Aussage und das mittlere von den drei Ungefähr-Gleich-Zeichen?

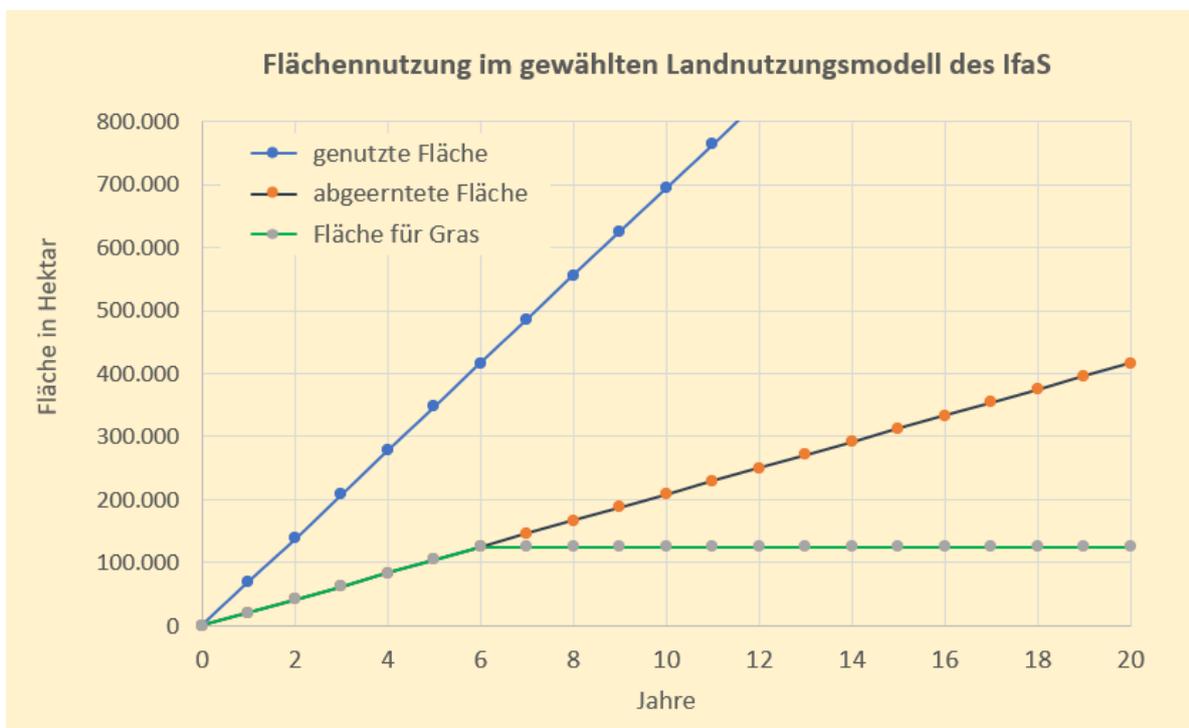


Bild 21: Anteile der Nutzung verbuschter Flächen

In Bild 21 ist zu sehen, dass von der gesamten (blauen) genutzten verbuschten Fläche 30 % abgeerntet werden, womit sich die schwarze Gerade ergibt. Auf dieser Fläche kann nach erfolgter Ernte Gras wachsen. Nach 6 Jahren wird erneut „kontrolliertes“ Buschwachstum zugelassen. Das bedeutet, dass von diesem Zeitpunkt an die Fläche für das Graswachstum konstant bei etwa 125.000 Hektar bleibt (grün). Ein Drittel davon soll für Weide-Wirtschaft („shifting pastoralism“) eingesetzt werden. Das sind etwa 41.000 Hektar wie rechts in der Zeile „Result“ in Bild 20. Die beiden anderen Drittel der ab dem sechsten Jahr konstant bleibenden 125.000 Hektar werden ebenfalls für das Wachsen von Gras („game or material use purposes“) eingesetzt.

Verbuschte Fläche, Buschmasse und Zuwachs:

Verbuschte Fläche in Mio. Hektar	Buschbiomasse in Mio. t	Jährlicher Zuwachs in Mio. t / a	Jährlicher Zuwachs in Prozent / a	Quelle
45			3 – 5 %	[IfaS 2020b] Seite 16
45	450	12		[IfaS 2020b] Seite 16
40	ca. 400	12		[IfaS 2020b] Seite 21
	450		3 – 5 %	[IfaS 2020b] Seite 25
		18		[IfaS 2020b] Seite 27
45	450	13	3 %	[IfaS 2020b] Seite 32
30	480			[IfaS 2020b] Seite 94
45		14	3,4 %	[IfaS 2020c] Seite 2
		15		[IfaS 2020d] Seite 3
45	450	13,5	3 %	[IfaS 2020f] Seite 5
		13 - 18		[IfaS 2020f] Seite 16
	412	16	3 %	[IfaS 2020g]
30 - 45	300 - 450	9 - 18	3 – 5 %	[Heck 2020] Seite 3
30	300			[Gschwender 2020] S. 3

Tabelle 16: Verbuschte Fläche, Buschbiomasse und jährlicher Zuwachs der Verbuschung in Namibia in Quellen des IfaS.

Gegenwärtig genutzte Buschbiomasse in Mio. t pro Jahr	Quelle
1,4	[IfaS 2020b] Seite 16
maximal 1,2	[IfaS 2020b] Seite 25
1,4	[IfaS 2020f] Seite 5
1,5	[IfaS 2020f] Seite 6
1,85 im Jahr 2020	[Heck 2020]

Tabelle 17: Gegenwärtig in Namibia genutzte Buschbiomasse in Mio. Tonnen pro Jahr in Quellen des IfaS

Innerhalb von Namibia nutzbare Buschbiomasse in Mio. t pro Jahr	Quelle
höchstens bis zu 6	[IfaS 2020b] Seite 161
kaum höher als 6	[IfaS 2020f] Seite 16
3,9 im Jahr 2030	[Heck 2020]

Tabelle 18: Innerhalb von Namibia selbst nutzbare Buschbiomasse in Mio. Tonnen pro Jahr in Quellen des IfaS

Nutzungszeitraum für die Grasernte im „Szenario Hamburg“:

[IfaS 2020b]: Für die Grasernte werden an manchen Stellen 5 Jahre angesetzt, an manchen 5 bis 6 Jahre („approx. 5-6 years“, Seite 37). Auch 6 Jahre und 4 Jahre kommen vor.

[IfaS 2020b, Seite 32]: „After 4 - 6 years, the harvest is stopped on these areas and the bush can grow again.”

[IfaS 2020d, Seite 5]: „First 6 years after harvesting for savanna grass restoration, material use and game (33% each) and SOC built-up. In 6th year regrowth of bush.”

[IfaS 2020d, Seite 7]: “ a period of 20 years with 15 years of controlled regrowth”

[F. Flesch, 24.2.2021, persönliche Mitteilung]: „eine 5-8 jährige Freistellung mit anschließendem kontrolliertem Buschaufwuchs.“

Im vorliegenden Gutachten wurde mit dem Wert 6 Jahre gerechnet.

Anhang 2 Kennwerte von Energieträgern

Spezifische CO₂-Emissionen und Heizwerte:

	Spezifische CO ₂ -Emissionen in kg CO ₂ / 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
Holzpellets	403,2	5,0
Holzkohle	403,2	8,2

Tabelle 19: Werte der direkten spezifischen CO₂-Emissionen ohne Vorketten (Quelle: [IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories](#))

Werte von Vorketten zu den spezifischen Treibhausgas-Emissionen:

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

Tabelle 20: Werte der Vorketten in den spezifischen Treibhausgas-Emissionen (Quelle: [Liebich 2019](#))

Werte von Treibhauspotenzialen (GWP):

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

Tabelle 21: Werte der Treibhauspotenziale (GWP) (Quelle: IPCC 2013, „Anthropogenic and Natural Radiative Forcing“, [WG1AR5, Chapter 8](#), Table 8.7)

Anhang 3 Organischer Kohlenstoff in Böden von verbuschtem Land und von Grasland

Abschnitt 5.2 (Seite 31) verweist auf die folgende Tabelle 22, in der eine Übersicht über neuere Studien zu den Unterschieden der Speicherung von organischem Kohlenstoff (SOC) in Böden von verbuschten Gebieten und von Savannengebieten zusammengestellt wurde.

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 organischen 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 führte.
[Boutton 2009]	Texas	In den obersten 30 cm des Bodens SOC von 2,0 kg C / m ² in Grasland und > 5,0 kg C / m ² in altem Buschland. Akkumulationsraten von 12 bis 43 g C / (m ² a).
[Springsteen 2010]	North Dakota	Anstieg des Gesamt-Boden-C-Gehaltes in der Chronosequenz von Grasland zu verholztem Land in 0 - 15 cm Bodentiefe.
[Eldridge 2011]	verbreitet	Beim Übergang von Grasland zu Buschland steigt SOC 2,5-mal häufiger als er fällt (Tab. 1)
[Barger 2011]	Nordamerika	Durchschnittlich 3,9 t C pro Hektar SOC infolge von Verbuschung

[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.
[Enkono 2016]	Namibia	Entgegen der Ausgangsthese wurde erheblich mehr SOC auf den verbuschten Flächen als auf den entbuschten Flächen gefunden.
[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.
[Aynekulu 2017]	Namibia	Höhere SOC-Konzentrationen sind in dichtem Buschland und trockenen Wäldern zu erwarten.
[Nijbroek 2017]	Namibia	Bei Flächen, die mit reifen Büschen bewachsen sind, erhöht sich der SOC-Gehalt.

[Shifa 2017]	Namibia	Verstärkte SOC-Konzentrationen nur bei mittleren Verbuschungsgraden gefunden.
[Mureva 2018]	Südafrika	Im Boden in halbtrockenen Regionen Anstieg des organischen Kohlenstoffs, 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.
[Hengari 2018]	Namibia	Positive Korrelation zwischen SOC und Verbuschung im Land Degradation Neutrality Project in der Otjozondjupa Region
[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 ² im Vergleich zu 5.73 g C / kg and 0.42 kg C / m ² im Boden des offenen Graslands.
[Cai 2020]	Mongolei	Verbuschte Böden sind poröser und haben mehr organischen Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor als Böden in Zwischenräumen.

[Throop 2020]	Arizona, USA	Verbuschung kann zu einer erheblichen SOC-Speicherung führen. Dies kann aber nur als ein kurzfristiger Mechanismus zur C-Sequestrierung angesehen werden kann, wenn die Ziele des Landmanagements die Ökosystemdienstleistungen im Zusammenhang mit der Viehzucht priorisieren. Geringere Zunahme der SOC-Pools bei langfristig mit Herbiziden behandelten Büschen.
[Wigley 2020]	Kenia	Der organische Kohlenstoffgehalt im Boden von Grasland erhöht sich bei Ausschluss von Pflanzenfressern. Ähnliches ist in dichteren, breitblättrigen Savannen nicht zu erwarten, wo eine hohe verholzte Kronendeckung zur Schließung des Kronendachs und zum Ausschluss von Gräsern führen kann.
[Sandhage-Hofmann 2020]	Südafrika an der Grenze zur Kalahari	Die stärkere Verbuschung auf den kommunalen Flächen ging mit höhenabhängig erhöhten Nährstoff- und organischen Stoffkonzentrationen einher, die in den Oberböden um einen Faktor von bis zu 1,5 im Vergleich zu den Freiflächen zunahmen.

Tabelle 22: Ergebnisse neuerer Studien zu den Unterschieden in der Speicherung von organischem Kohlenstoff im Boden von verbuschten Gebieten und von Savannengebieten.

Anhang 4 Zahlenwerte zum Vergleich mit konventionellen Energieträgern

	Holzpellets aus Namibia	Altholz (BRD)	Erdgas	Steinkohle
Holzpellets aus Namibia	644			
Vorketten		23	43	97
Brennstoff-Verbrennung		0	202	342

Tabelle 23: Zahlenwerte zu Bild 9 (Zeithorizont 20 Jahre für Methan-Emissionen). Werte in kg CO_{2e} pro MWh Energiegehalt

	Holzpellets aus Namibia	Altholz (BRD)	Erdgas	Steinkohle
Holzpellets aus Namibia	582			
Vorketten		19	27	54
Brennstoff-Verbrennung		0	202	342

Tabelle 24: Zahlenwerte zu Bild 9 (Zeithorizont 100 Jahre für Methan-Emissionen). Werte in kg CO_{2e} pro MWh Energiegehalt

Literatur

[Abaker 2018] 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>

[Airshed 2019] Encroacher Bush Biomass Power Project in Namibia: Air Quality, Climate Change and Health Risk Assessment, August 2018

<https://cdn.slrconsulting.com/uploads/2020-10/Appendix%205%20-%20Air%20Quality%20Climate%20Change%20and%20Health%20Risk%20Assessment%20.pdf>

[Archer 2017] Archer, S., R., Andersen, E. M., Predick, K., I., Schwinning, S., Steidl, R., S. and Woods, S. R.: Chapter 2 Woody Plant Encroachment: Causes and Consequences. In: D., D. Briske, ed., Rangeland systems, 2017

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-46709-2.pdf>

[Aynekulu 2017] Aynekulu E; Lohbeck M; Nijbroek R; Ordóñez JC; Turner KG; Vågen T; Winowiecki L.: Review of methodologies for land degradation neutrality baselines. Sub-national case studies from Costa Rica and Namibia. CIAT Publication No. 441. International Center for Tropical Agriculture (CIAT) and World Agroforestry Center (ICRAF), Nairobi, Kenya. Mai 2017

<https://wle.cgiar.org/review-methodologies-land-degradation-neutrality-baselines-sub-national-case-studies-costa-rica-and>

[AZ 2020a] AZ Namibia: Massiver Veldbrand zerstört 30000 Hektar Farmland. 31. August 2020

<https://www.az.com.na/nachrichten/massiver-veldbrand-zerstrt-30000-hektar-farmland-2020-08-31/>

[AZ 2020b] AZ Namibia: Hilfe kommt jetzt zu spät. 23. Oktober 2020

<https://www.az.com.na/nachrichten/hilfe-kommt-jetzt-zu-spt-2020-10-23/>

[AZ 2020c] AZ Namibia: Holzkohlenbrenner für den Großteil aller Veldbrände verantwortlich. 16. November 2020

<https://www.az.com.na/nachrichten/gesetzesnderung-angestreb2020-11-16/>

[Barger 2011] Barger, N., Archer, S., Campbell, J., Ch-ying Huang, Jeffery A. Morton J. and Alan K. Knapp, A.: Woody plant proliferation in North American drylands: A synthesis of impacts on ecosystem carbon balance. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 116, G00K07, doi:10.1029/2010JG001506, 2011

<https://sci-hub.se/10.1029/2010JG001506#>

[Birch 2016] 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

[Birch 2017] Birch C., Middleton, A.: Regional assessment of the economics of land degradation related to bush encroachment in Otjozondjupa, Namibia. Financed through the Economics of Land Degradation (ELD) Initiative, 6. Februar 2017

<http://the-eis.com/elibrary/sites/default/files/downloads/literature/Study%20-%20Otjozondjupa%20ELD%202017.pdf>

[Blaser 2014] 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

[Bloemertz 2018] 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>

[BMWi 2020] BMWi: Energie der Zukunft. 8. Monitoring-Bericht zur Energiewende – Berichtsjahre 2018 und 2019.

https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/achter-monitoring-bericht-energie-der-zukunft.pdf?__blob=publicationFile&v=14

[BMZ 2020] Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung in Erwiderung auf einen Offenen Brief zum Vorhaben „Nutzung von Busch-Biomasse“, Namibia, 9.3.2021

<https://www.hamburger-energetisch.de/WP-Server/wp-content/uploads/Antwortschreiben-Offener-Brief-Robin-Wood.pdf>

[Boutton 2009] Boutton, T. W., Liao, J. D., Filley, T., Archer, S., Lal, R., & Follett, R. F.: Belowground Carbon Storage and Dynamics Accompanying Woody Plant Encroachment in a Subtropical Savanna. Soil Carbon Sequestration and the Greenhouse Effect. doi:10.2136/sssaspecpub57.2ed.c12. 2009

<https://sci-hub.se/https://doi.org/10.2136/sssaspecpub57.2ed.c12#>

[BRD 2020] Gesetz zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung und zur Änderung weiterer Gesetze. Bundesgesetzblatt, 8.8.2020

[https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&start=//\[*\]@attr_id=%27bgbl120s1818.pdf%27|#_bgbl_%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl120s1818.pdf%27%5D_1614933932786](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&start=//[*]@attr_id=%27bgbl120s1818.pdf%27|#_bgbl_%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl120s1818.pdf%27%5D_1614933932786)

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

https://www.dasnamibia.org/?wpfb_dl=78

[BUKEA 2020] Hamburger Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft: Hintergrund Verbuschung in Namibia – ein ökologisches Problem, November 2020

<https://www.hamburg.de/energiewende/namibia-biomass-partnership/14503672/verbuschung/>

[Buyer 2016] 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>

[Cai 2020] Yurong Cai & Yuchun Yan & Dawei Xu & Xingliang Xu & Chu Wang & Xu Wang & Jinqiang Chen & Xiaoping Xin & David J Eldridge: The fertile island effect collapses under extreme overgrazing: evidence from a shrub-encroached grassland. Plant Soil. Jan. 2020

http://www.aridecologylab.com.au/pubs/Fertileisland_PS.pdf

[carbon capital 2020] carbon capital: Availability, Quality and Suitability of Bush Biomass from Namibia for the Purpose of Substituting Fossil Fuels in Energy Generation in Hamburg. Prepared for N-BIG, 17.Juli 2020

https://www.dasnamibia.org/?wpfb_dl=119

[Christian 2010] Christian, C. et al.: The Effect of Bush Encroachment on Groundwater Resources in Namibia: a Desk Top Study. Namibia Agricultural Union. 2010

<http://www.agrinamibia.com.na/wp-content/uploads/2018/02/The-effect-of-bush-encroachment-on-groundwater-resources-in-namibia.pdf>

[Cunningham 2017] Cunningham, P., Detering, F.: Determining age, growth rate and regrowth for a few tree species causing bush thickening in north-central Namibia. Namibian Journal of Environment 2017 Vol 1. Section A: 72-76, December 2017

<http://www.nje.org.na/index.php/nje/article/view/volume1-cunningham/16>

[Comer 2015] Comer, B., Olmer, N., Mao, X., Roy, B. and Rutherford, D. (2017). Black Carbon Emissions and Fuel Use in Global Shipping, 2015; ICCT Report

https://theicct.org/sites/default/files/publications/Global-Marine-BC-Inventory-2015_ICCT-Report_15122017_vF.pdf

[Daryanto 2019] Daryanto, S., Fu, B., Zhao, W., Wang, L.: One-hundred years after shrub encroachment: Policy directions towards sustainable rangeland-use. Land Use Policy 84 (2019) 71-78

<https://sci-hub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837718312006>

[Davidson 2020] Davidson, E.: Carbon loss from tropical soils increases on warming. Nature 584, 13 August 2020, page 199

<https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-020-02266-9/d41586-020-02266-9.pdf>

[DECOSA 2015] DECOSA: Adding Value to Namibian Encroacher Bush, 2015

https://dasnamibia.org/wp-content/uploads/2016/07/Brochure_Debushing_Value-Chains-2015.pdf

[Dlamini 2019] 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>

[Drs. 21/19200] 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

[Drs. 22/1831] Bürgerschaft der FHH: Projekt „Biomasse-Partnerschaft Hamburg-Namibia“ 27.10.20

https://www.buergerschaft-hh.de/parldok/dokument/73014/projekt_biomasse_partnerschaft_hamburg_namibia.pdf

[Drs. 22/2352] Bürgerschaft der FHH: Buschholz aus Namibia – ergebnisoffene Prüfung? 4.12.2020

https://www.buergerschaft-hh.de/parldok/dokument/73563/buschholz_aus_namibia_ergebnisoffene_pruefung.pdf

[Drs. 22/2792] Bürgerschaft der FHH: Buschholz aus Namibia – Interessenkonflikte bei der Prüfung durch die BUKEA? 19.1.2021

https://www.buergerschaft-hh.de/parldok/dokument/74037/buschholz_aus_namibia_interessenkonflikte_bei_der_pruefung_durch_die_bukea.pdf

[Drs. 22/3385] Bürgerschaft der FHH: Nachfrage zur Schriftlichen Kleinen Anfrage „Buschholz aus Namibia – Interessenkonflikte bei der Prüfung durch die BUKEA?“, Drs. 22/2792. 22.2.2021

https://www.buergerschaft-hh.de/parldok/dokument/74674/nachfrage_zur_schriftlichen_kleinen_anfrage_buschholz_aus_namibia_interessenkonflikte_bei_der_pruefung_durch_die_bukea_drs_22_2792.pdf

[Drs. 22/3555] Bürgerschaft der FHH: Nachfrage zur Schriftlichen Kleinen Anfrage „Nachfrage zur Schriftlichen Kleinen Anfrage „Buschholz aus Namibia – Interessenkonflikte bei der Prüfung durch die BUKEA?“, Drs. 22/2792“ (Drs. 22/3385). 22.2.2021

https://www.buergerschaft-hh.de/parldok/dokument/74850/nachfrage_zur_schriftlichen_kleinen_anfrage_nachfrage_zur_schriftlichen_kleinen_anfrage_buschholz_aus_namibia_interessenkonflikte_bei_der_pruefung_dur.pdf

[Eldridge 2011] Eldridge, D. J., Bowker, M., A., Maestre, F., T., Roger, E., Reynolds, J., F., Whitford, W., G.: Impacts of shrub encroachment on ecosystem structure and functioning: towards a global synthesis. Ecology Letters, (2011) 14: 709–722

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.407.3192&rep=rep1&type=pdf>

[Enkono 2016] Enkono, A., N.: THE EFFECT OF BUSH CLEARING ON SOIL PROPERTIES, AT CHEETAH CONSERVATION FUND FARM IN OTJOZONDJUPA REGION, NAMIBIA. Master Thesis, University of Namibia. Juli 2016

<http://repository.unam.edu.na/bitstream/handle/11070/2236/enkono2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[EU-Leitfaden 2019] 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>

[GIZ, NamPower 2018] An assessment of the micro- and macroeconomic benefits of an Encroacher Bush Biomass Power Plant near Tsumeb in Namibia. Policy Brief May 2018

https://www.dasnamibia.org/?wpfb_dl=79

[GIZ 2018] GIZ, SASSCAL, Universität Hamburg: Groundwater Factsheet: Impacts of bush encroachment on groundwater recharge: Evidence from 9 years of soil hydrological monitoring in the Namibian thornbush Savanna. October 2018

https://www.dasnamibia.org/?wpfb_dl=81

[GIZ, UNIQUE 2020] GIZ, UNIQUE: Greenhouse Gas Assessment of Bush Control and Biomass Utilisation (BCBU) in Namibia. Bush Control and Biomass Utilisation Project. Policy Brief, April 2020

https://www.dasnamibia.org/?wpfb_dl=104

[GIZ 2021] NamBio. Verwertung von Buschbiomasse aus Namibia. Bioökonomie als Lösung für degradiertes Savannenland. Neue Kooperationen der deutschen und europäischen Wirtschaft mit Partnern aus Namibia. 2021

https://www.bioenergie.de/application/files/8315/9076/7714/NamBio-Flyer-Einzelseiten_DE.pdf

[Gobelle 2018] Bobelle, S. K., Gure, A.: Effects of bush encroachment on plant composition, diversity and carbon stock in Borana rangelands, Southern Ethiopia. International Journal of Biodiversity and Conservation. May 2018

<https://pdfs.semanticscholar.org/0b36/bfbb717de7576e2d675e1c45eb658b45d72a.pdf>

[Grace 2006] Grace, J., José, J. S., Meir, P., Miranda, H. S., & Montes, R. A.: Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. Journal of Biogeography, 33(2), 387-400. 2006

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

[Groscurth 2010] Groscurth, H.-M., Bode, S., Kühn, I.: Basisgutachten zum Masterplan Klimaschutz für Hamburg. Möglichkeiten zur Verringerung der CO₂-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 2019] 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

[Gschwender 2020] Gschwender, F., Laufs, J.: Buschernte ersetzt Importkohle. Bioenergie in Namibia. Sonderdruck von energie aus Pflanzen. 2020

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

[HA 2021] Buschholz aus Namibia für Wärme in Hamburg? Hamburger Abendblatt, 18.2.2021

<https://www.abendblatt.de/hamburg/article231597157/buschholz-namibia-hamburg-energie-versorgung-umweltschutz-robin-wood-protest-kraftwerke.html>

[Hamburg 2019] Hamburger Senat: Neuer Klimaplan und neues Klimaschutzgesetz für Hamburg. Senat beschließt konkrete Maßnahmen für die kommenden zehn Jahre und setzt neue CO₂-Ziele für 2030 und 2050. Dezember 2019

<https://www.hamburg.de/pressearchiv-fhh/13278828/2019-12-03-sk-bue-hamburger-klimaplan2019/>

[Heck 2020] 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>

[HET 2020a] Hamburger Energetisch: Holzkohle aus Buschholz in Namibia? Hamburg, Juli 2020

<https://www.hamburger-energetisch.de/WP-Server/wp-content/uploads/2020/07/Holzkohle-aus-Buschholz-in-Namibia.pdf>

[HET 2020b] Schreiben von Umweltverbänden an die GIZ-Vorständin Tanja Gönner. Hamburg, 19. Oktober 2020

<https://www.hamburger-energetisch.de/WP-Server/wp-content/uploads/Schreiben-an-Frau-Goenner-GIZ-Vorstand-final-19.11.20.pdf>

mit einem Annex:

<https://www.hamburger-energetisch.de/WP-Server/wp-content/uploads/Annex-Email-Wechsel-GIZ-BCBU-Projekt-Rabenstein.pdf>

[HET 2020c] Die globalen Methan-Emissionen sind erneut alarmierend angestiegen, 2.5.2020

<https://www.hamburger-energetisch.de/WP-Server/wp-content/uploads/2020/05/Methan-Emissionen-erneut-alarmierend-angestiegen.pdf>

[HET 2020d] Buschholz-Export aus Namibia – Auswirkungen auf den namibischen Arbeitsmarkt. 27.9.2020

<https://www.hamburger-energetisch.de/WP-Server/wp-content/uploads/2020/09/Buschholz-Export-und-Arbeitspl%C3%A4tze-in-Namibia.pdf>

[Hengari 2018] Hengari, S.: Final report: Land Degradation Neutrality Pilot Project. A project of the Ministry of Environment and Tourism supported by the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). Windhoek, Namibia. Nov. 2018

<http://the-eis.com/elibrary/sites/default/files/downloads/literature/Final%20report%20Land%20Degradation%20Neutrality%20Pilot%20Project.pdf>

[Honsbein 2016] Honsbein, D.: Bioenergy modelling for southern Africa – Benchmarking Namibia and South Africa. 2016

https://publications.aston.ac.uk/id/eprint/30066/1/Honsbein_Dagmar_2016.pdf

[Hulett 2012] 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

[IfaS 2020a] IfaS: Berechnung CO₂-Bilanz des Projekts Biomasse-Partnerschaft. November 2020

<https://www.hamburg.de/energiewende/namibia-biomass-partnership/14532592/co2-bilanz-des-projekts-biomasse-partnerschaft/>

[IfaS 2020b] Heck, P. et al.: Road Map to a Biomass Industrial Park in Namibia, 19. Nov. 2020

https://www.dasnamibia.org/?wpfb_dl=117

[IfaS 2020c] Heck, P. et al.: Namibia Biomass Industrial Park. A Biomass Partnership with Namibia, 19. Nov. 2020

https://www.dasnamibia.org/?wpfb_dl=115

In einer Ausgabe mit Namibia-Dollars statt Euro:

https://www.dasnamibia.org/?wpfb_dl=116

[IfaS 2020d] Flesch, F.: Greenhouse Gas Assessment Biomass Industry Park. Transcontinental Biomass Partnership with Namibia, Präsentation in einem Seminar in Hamburg am 1.12.2020

<https://cloud.hamburg.global/index.php/s/HQok5DX54c77Eqk>

[IfaS 2020e] Flesch, F.: Videomitschnitt des Vortrags von Dr. Flesch (IfaS) in einem Seminar in Hamburg am 1.12.2020

<https://cloud.hamburg.global/index.php/s/W4PXmt7bfaRmjC8>

[IfaS 2020f] Heck, P.: Ecosystem Restoration Partnership: Bush to Value in Namibia, Präsentation in einem Seminar in Hamburg am 26.11.2020

<https://cloud.hamburg.global/index.php/s/MfRAdHcCa9dpdTsf#pdfviewer>

[IfaS 2020g] IfaS: Hintergrund, Verbuschung in Namibia – ein ökologisches Problem. November 2020

<https://www.hamburg.de/energiewende/namibia-biomass-partnership/14503672/verbuschung/>

[INDC 2015] REPUBLIC OF NAMIBIA: Intended Nationally Determined Contributions (INDC) of The Republic of Namibia to the United Nations Framework Convention on Climate Change, September 2015

<https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Namibia%20First/INDC%20of%20Namibia%20Final%20pdf.pdf>

[IPCC 2019] 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 1: Introduction to National GHG Inventories

https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/1_Volume1/19R_V1_Ch01_Introduction.pdf

[IPCC 2006] 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

[Jackson 2002] 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 2012] Joubert, D. F., 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>

<http://the-eis.com/elibrary/sites/default/files/downloads/literature/The%20potential%20impacts%20of%20wood%20harvesting%20of%20bush%20thickening%20species%20on%20biodiversity%20and%20ecological%20processes.pdf>

[Joubert 2017a] 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>

[Joubert 2017b] Joubert, D. F., Zimmermann, I.: DECISION SYSTEM on how to control bush thickening by *Acacia Mellifera* in namibian savanna rangelands. July 2017

https://www.dasnamibia.org/?wpfb_dl=60

[Kirchner 2020] Kirchner, S.: EU-Parlament will Reeder in die Pflicht nehmen. Klimaschutz im Schiffsverkehr. Klimareporter, 24. September 2020

<https://www.klimareporter.de/verkehr/eu-parlament-will-reeder-in-die-pflicht-nehmen>

[Klimaplan 2019] Erste Fortschreibung des Hamburger Klimaplan 2019

<https://www.hamburg.de/contentblob/13287332/bc25a62e559c42bfaae795775ef1ab4e/data/d-erste-fortschreibung-hamburger-klimaplan.pdf>

<https://www.hamburg.de/klimaplan/>

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

[Li 2016] 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 2006] 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 2019] 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>

[Lindeque 2020] Lindeque C.: Biomass Opportunity – Carbon Capital. Namibian biomass – A resource overview. Dezember 2020

<https://cloud.hamburg.global/index.php/s/JaiN6ziFnJwHLYN#pdfviewer>

[Mauch 2010] Mauch, K., Corradini, R., Wiesemeyer, K., Schwentzek, M.: Allokationsmethoden für spezifische CO₂-Emissionen von Strom und Wärme aus KWK-Anlagen. Energiewirtschaftliche Tagesfragen. 2010 (Heft 9)

https://www.ffe.de/download/wissen/334_Allokationsmethoden_CO2/ET_Allokationsmethoden_CO2.pdf

[Midgley 2005] Midgley, G., Hughes, G., Thuiller, W., Drew, G., Foden, W.: Assessment of potential climate change impacts on Namibia's floristic diversity, ecosystem structure and

function. Climate Change Research Group South African National Biodiversity Institute Kirstenbosch Botanical Garden, Rhodes Drive Cape Town. March 2005

<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.509.7305&rep=rep1&type=pdf>

[Muller 2019] 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

[Mureva 2018] 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>

[Nam 2015] REPUBLIC OF NAMIBIA: NAMIBIA – Land Degradation Neutrality. National Report 2015, Ministry of Environment & Tourism. August 2015

<https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/inline-files/namibia-ldn-country-report-updated-version2.pdf>

[Nam 2018] Third Biennial Update Report (BUR3) to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 2018

<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Namibia%20BUR3%20FINAL.pdf>

[Nam 2020a] REPUBLIC OF NAMIBIA: Fourth National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change, March 2020

https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/5823401_Namibia-NC4-1-Namibia%20-%20NC4%20-%20Final%20signed.pdf

[Nam 2020b] REPUBLIC OF NAMIBIA: FIFTH NATIONAL GHG INVENTORY REPORT NIR5 1990 - 2016, September 2020, Part 1

<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Namibia%20NIR5%20Part%201-Final%20.pdf>

[Nijbroek 2017] Nijbroek, R., Kempen, B., Mutua, J., Soderstrom, M., Piikki, K., Hengari, S., & Andreas, A.: Development of a Soil Organic Carbon Baseline for Otjozondjupa, Namibia. In *Proceedings of the Global Symposium on Soil Organic Carbon 2017* (pp. 142-150). FAO. März 2017

<http://www.fao.org/3/a-i7565e.pdf#page=142>

[Nijbroek 2018] Nijbroek, R., Piikki, K., Söderström, M., Kempen, B., Turner, K., Hengari, S., Mutua, J.: Soil Organic Carbon Baselines for Land Degradation Neutrality: Map Accuracy and Cost Tradeoffs with Respect to Complexity in Otjozondjupa, Namibia. 17.5.2018

<https://www.mdpi.com/2071-1050/10/5/1610>

[NRGen 2016] 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 2019] 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>

[Ohlde 2019] Ohlde, G. W., Stadtlander, T. und Becker, K.: Biomass Production and Carbon Sequestration by Cultivation of Trees under Hyperarid Conditions using Desalinated Seawater (Sewage Water) Journal of Agriculture Food and Development, 2019, 5, 33-42. 15.7.2019

<https://orgprints.org/id/eprint/37364/1/ohlde-et-al-2019-JAgricFoodDev-Vol5-p33-42.pdf>

[Petrick 2020] Petrick, W.: Environmental Impact Assessment (EIA) for the proposed Encroacher Bush Biomass Power Project in Namibia, October 2020

<https://cdn.slrconsulting.com/uploads/2020-10/Encroacher%20Bush%20Biomass%20Power%20Environmental%20Impact%20Assessment%20Report.pdf>

[Rabenstein 2020] Rabenstein, D.: Verwertung von Buschholz aus Namibia in Hamburg: Auswirkungen auf das globale Klima, 12.6.2020

<https://www.hamburger-energetisch.de/WP-Server/wp-content/uploads/Klimawirkungen-von-Buschholz-aus-Namibia-in-Hamburg-V1-final.pdf>

[Richters 2005] Richters, J.: Entwicklung eines fernerkundungsgestützten Modells zur Erfassung von pflanzlicher Biomasse in NW-Namibia, Bonn 2005

<https://d-nb.info/974669369/34>

[Riebe 2020] Riebe, S.: Hamburger Morgenpost: Professoren-Streit in Hamburg. Zoff um das „Namibia-Gestrüpp“, 29.6.2020

<https://www.mopo.de/hamburg/professoren-streit-in-hamburg-zoff-um-das--namibia-gestru-epp--36910508>

[Robin Wood 2020] Gemeinsame Stellungnahme gegen den Import von Buschholz aus Namibia für Hamburger Kraftwerke. Hamburg, 9.10.2020

https://www.robinwood.de/sites/default/files/Stellungnahme_Namibia_Hamburg_Stand-31-10-2020.pdf

[Robin Wood 2021] Klimaschäden, Arbeitsplatzabbau, alternative Fakten und neokoloniale Muster – gefördert mit deutschen Entwicklungshilfegeldern? Das darf nicht sein! Offener Brief an den Bundesminister Dr. Gert Müller. Hamburg, 18.2.2021

<https://www.robinwood.de/pressemitteilungen/holz-statt-kohle-klimaschwindel-bei-der-energie-wende-nicht-f%C3%B6rdern>

https://www.robinwood.de/sites/default/files/2021_02_18_BriefNamibia-Tiefstack.pdf

<https://www.robinwood.de/pressemitteilungen/plans-burning-namibian-wood-german-power-plants-denounced>

https://www.robinwood.de/sites/default/files/2020-02-18_Debushing%20in%20Namibia%20-%20a%20letter%20to%20German%20Development%20Cooperation%20Minister%20Muel-ler.pdf

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

<https://www.dasnamibia.org/wp-content/uploads/2016/07/GIZ-Baseline-Report-2014-1.pdf>

[Rohde 2012] 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

[SAIEA 2015] 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/?wpfb_dl=20

[Sandhage-Hofmann 2020] Sandhage-Hofmann, A., Löffler, J., Kotze, E., Wejers, S., Wingate, V., Wundram, D., Weihermüller, L., Pape, R., du Preez, C., Amelung, W.: Woody encroachment and related soil properties in different tenure-based management systems of semiarid rangelands. *Geoderma* 372 (2020) 114399

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706120304869>

[Sandrock 2016] Sandrock, M., Maaß, Ch., Weisleder, S., Kaufmann, Ch., Guß, G.: Erneuerbare Energien im Fernwärmenetz Hamburg. Teil 1: Handlungsoptionen für einen kurzfristigen Ersatz des Kraftwerks Wedel. Hamburg Institut, 7.12.2016

<https://www.hamburg-institut.com/images/pdf/studien/161207%20%20Bericht%20BUE.pdf>

[Seebauer 2019] 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.unique-landuse.de/images/publications/vereinheitlicht/2020-05_Green-house_Gas_Assessment_Namibia.pdf

[Seebauer 2020] 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%20Green-house%20gas%20assessment%20of%20bush%20control%20and%20biomass%20utilization%20in%20Namibia.pdf>

[Shifa 2017] Shifa, R., I.: ASSESSMENT OF CARBON STOCK AND SELECTED SOIL FERTILITY INDICATORS IN A BUSH ENCROACHED SAVANNA AT ERICHSFELDE FARM, NAMIBIA. Master Thesis at University of Namibia. April 2017

http://repository.unam.edu.na/bitstream/handle/11070/1940/shifa_2017.pdf?sequence=1&is-Allowed=y

[Smit 2015] Smit, G.N., de Klerk, J.N., Schneider M.B. & van Eck, J.: Detailed Assessment of the Biomass Resource and Potential Yield in a Selected Bush Encroached Area of Namibia. August 2015

https://www.dasnamibia.org/?wpfb_dl=25

[Springsteen 2010] 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>

[SRU 2020] 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

[Stafford 2017] 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>

[Tarr o.J.] Tarr, P.: Introduction to Sustainable Development. In the Namibian planning context. Southern African Institute for Environmental Assessment Windhoek, Namibia.

https://sdgs.un.org/sites/default/files/2020-10/course%201_Peter_Tarr%20%20-%20%20Compatibility%20Mode.pdf

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

<http://the-eis.com/elibrary/sites/default/files/downloads/literature/Biomass%20Value%20Chain%20Opportunities.pdf>

[Throop 2020] Throop, H. L., S. R. Archer, and M. P. McClaran. 2020. Soil organic carbon in drylands: shrub encroachment and vegetation management effects dwarf those of livestock grazing. *Ecological Applications* 00(00):e02150. 10.1002/eap.2150

<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eap.2150>

[UBA 2017] UBA: BIOMASSEKASKADEN Mehr Ressourceneffizienz durch Kaskadennutzung von Biomasse – von der Theorie zur Praxis. Dessau-Roßlau, Juni 2017

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-06-13_texte_53-2017_biokaskaden_kurzfassung.pdf

[UBA 2020] UBA: Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen. Letzter Zugriff am 10.2.2021

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas>

[UNFCCC 2018] Standardized baseline: Grid emission factor for Southern African Power Pool. 7. October 2018

https://cdm.unfccc.int/filestorage/e/x/t/extfile-20150727172903093-EB73_repan03_ASB0001_-_Grid_emission_factor_for_the_SAPP.pdf/EB73_repan03_ASB0001%20-%20Grid%20emission%20factor%20for%20the%20SAPP.pdf?t=cnp8cW4zN3lxfDBhVg-ZEfpts7VX3qWejmCOF

[WBGU 2008] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung WBGU: Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Berlin 2009

https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2008/pdf/wbgu_jg2008.pdf

[Whittaker 2016] Whittaker, C., Macalpine, W., Yates, N., Shield I.: Dry Matter Losses and Methane Emissions During Wood Chip Storage: the Impact on Full Life Cycle Greenhouse Gas Savings of Short Rotation Coppice Willow for Heat. *Bioenerg. Res.* (2016) 9:820–835

<https://core.ac.uk/download/pdf/190337497.pdf>

[Wigley 2020] 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

[Zhou 2017] 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 2019] 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 2017] 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>

[Zimmermann 2002] Zimmermann, I., & Joubert, D.F.: A crude quantification of wood that is and can be harvested from bush thickening species in Namibia. Proceedings of the First National Forestry research Workshop held on 12 and 13 March 2002 in Windhoek, Namibia Ministry of Environment and Tourism, Forestry Publication, 9, 56-66. 2002

<https://ir.nust.na/bitstream/10628/254/1/Ounongo%20art%20Dave%202.pdf>

https://www.researchgate.net/publication/50601492_A_crude_quantification_of_wood_that_is_and_can_be_harvested_from_bush_thickening_species_in_Namibia